

## HIDROGEOLOGIJA SLOVENIJE

### Pregled razvoja hidrogeološke struke od 1990. godine

## HYDROGEOLOGY OF SLOVENIA

### Review of the hydrogeology profession development since 1990

Mihael Brenčič<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Oddelek za geologiju, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Aškerčeva cesta 12, 1000 Ljubljana, Slovenija. E-mail: mihael.brencic@ntf.uni-lj.si

<sup>2</sup>Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, Slovenija.

**APSTRAKT:** *Dat je kratak pregled razvoja i stanja hidrogeologije u Republici Sloveniji. Razmatra se društveni kontekst, uloga i značaj hidrogeološke struke u zemlji. Sledi opis relevantnih oblasti hidrogeologije, koje obuhvataju: vodosnabdevanje pitkom vodom, istraživanje intergranularnih i karstnih izdani, inženjersku hidrogeologiju, monitoring podzemnih voda, zone sanitarne zaštite i eksploataciju geotermalne energije.*

**Cljučne reči:** *izdan, podzemna voda, vodosnabdevanje, inženjerska hidrogeologija, zone sanitarne zaštite.*

**ABSTRACT:** *Paper gives a brief overview of the development and status of hydrogeology in the Republic of Slovenia. The social context, the role and the importance of the hydrogeological profession in the country are discussed. This is followed by an overview of the fields of activities relevant to hydrogeology, which include: drinking water supply, inter-granular and karst aquifer research, engineering hydrogeology, groundwater monitoring, water protection areas and geothermal energy exploitation.*

**Key words:** *aquifer, groundwater, water supply, engineering hydrogeology, sanitary protection zones.*

#### UVOD

Republika Slovenija je zemlja koja se smatra bogatom podzemnim vodama. O tome svedoči podatak da više od 90% vode za piće dolazi iz podzemnih voda. Podzemne vode su značajne i u snabdevanju industrije tehnološkom vodom, a u poslednjoj deceniji podzemne vode dobijaju na značaju i kao izvor toplote. Posebno se razvijaju niskotemperaturni sistemi za korišćenje geotermalne energije. U Sloveniji se sve više shvataju podzemne vode kao komponenta životne sredine, što je važno i sa ekološke tačke gledišta. Sa formalne tačke gledišta, pitanje podzemnih voda je u državi regulisano kroz implementaciju Okvirne direktive o vodama Evropske unije - WFD, što rezultira širokim spektrom nacionalnih zakona i ostale pravne regulative koja se takođe odnosi na podzemne vode. Republika Slovenija je jedna od onih retkih zemalja koja je u Ustav unela pravo na pitku vodu.

Slovenačka hidrogeologija je napravila veliki kvalitativni skok od 1990. godine. Od profesije koja je u periodu posle Drugog svetskog rata bila jasno usmerena na zahvatanje i izvorišta pitke vode, razvila se u složenu profesiju koja je postala važan sagovornik u svim pitanjima vezanim za podzemne vode. Hidrogeološki poslovi i zadaci su se vremenom uveliko razgranali. Uz podizanje svesti o značaju vode u društvu, hidrogeologija postala je i sagovornik o opšte društveno relevantnim pitanjima koja su vezana za pitanje vode u najširem smislu. Na primer, hidrogeolozi su igrali važnu ulogu u odgovoru na izmene Zakona o vodama, što je dovelo do referenduma o vodama u junu 2021. godine.

Tradicija hidrogeoloških istraživanja na području današnje Slovenije ide nekoliko vekova unazad. S tim u vezi, naravno, ne može se govoriti o pravim hidrogeološkim istraživanjima u savremenom smislu te reči, ali pošto je veliki deo područja prekriven karstom, problem protoka podzemnih voda u njemu je vrlo rano diskutovan. Valvasor (1689) je bio značajan autor koji se bavio hidraulikom toka podzemnih voda na području Cerkniškog jezera. Tobias Gruber (1795) bio je autor, koji je na osnovu tada aktuelnih saznanja o hidraulici toka vode u cevima objasnio tok vode u karstnim kanalima. Važan orijentir hidrogeološke struke u Sloveniji, čak i u svetskim razmerama, je delo Oskara Smrekera, koji je 1878. godine objavio članak pod naslovom „Izvođenje zakona otpora strujanja podzemnih voda“ koji je publikovao u časopisu Nemačkog inženjerskog društva. To je prva publikacija fizikalnog tretmana nelinearne dinamike toka podzemnih voda prema bunarima. U delu svetske literature ove jednačine su i danas poznate kao Smrekereve jednačine (npr. ruska i francuska literatura), koje su ekvivalentne Forhajmerovom izvođenju turbulentnog toka podzemne vode, a step testovi za ispitivanje efikasnosti bunara su zasnovani na njima. U periodu između Prvog i

Drugog svetskog rata, razvoj hidrogeologije je bio u zastoju, da bi potom 1945. godine, osnivanjem prethodnika današnjeg Geološkog zavoda Slovenije, doživela procvat.

Veoma je teško proceniti broj aktivnih hidrogeologa u Sloveniji jer ne postoji tačna evidencija. Formalno gledano u državi, zvanje hidrogeolog ne postoji, a ne postoji ni stručna licenca hidrogeologa koja bi definisala ko može da obavlja hidrogeološke poslove. I pored velike potrebe da se to reguliše, kako na tržištu tako i sa stanovišta administrativnih obaveza, struka to još nije uspela da reši. Hidrogeolozi u Sloveniji su organizovani u Društvo hidrogeologa Slovenije; Slovenski komitet Međunarodnog udruženja hidrogeologa – SKIAH, koji je dobrovoljno udruženje. Krajem 2023. udruženje imalo je 58 članova. Veliki broj hidrogeologa učestvuje i u drugim udruženjima koja se bave pitanjima voda. Veliki deo hidrogeologa, koji rade na projektima, su i članovi Inženjerske komore Slovenije - IZS, čiji je pravni osnov za rad javno ovlašćenje u okviru Građevinskog zakona.

Samostalne univerzitetske studije hidrogeologije u Sloveniji ne postoje. Predmeti koji tretiraju oblast hidrogeologije se na diplomskim i magistarskim nivoima uče na Odeljenju za geologiju, Naravoslovnotehniškog fakulteta, Univerziteta u Ljubljani. Na drugom stepenu studija, studenti mogu izabrati modul zvan „aplikativna geologija“, koji omogućava i dublji uvid u hidrogeologiju. Doktorske studije formalno su organizovane u okviru studija Građevinska sredina na Fakultetu za građevinarstvo i geodeziju, dok je za studije za geologe zaduženo Odeljenje za geologiju. Trenutno se hidrogeološka struka u Sloveniji suočava sa velikim nedostatkom kadrova, što znači da se hidrogeologijom sve više bave i oni koji nemaju formalno geološko obrazovanje. Pred hidrogeolozima se konstantno postavljaju novi zahtevi, što povećava obim posla već obučenih stručnjaka.

Obim finansiranja hidrogeoloških aktivnosti u Republici Sloveniji je teško definisati. To se može indirektno zaključiti iz organizacionih jedinica i preduzeća koja se bave ovom problematikom. Najveća grupa koja se bavi hidrogeologijom u Sloveniji, a verovatno je i jedna od najvećih u srednjoj Evropi, posluje kao organizaciona jedinica za podzemne vode pri Geološkom zavodu Slovenije – GeoZS, i ima više od 30 zaposlenih. Ova grupa se bavi širokim spektrom hidrogeoloških pitanja, od osnovnih istraživanja do hidrogeološkog projektovanja. Sledeća je značajna hidrogeološka grupa u Institutu za rudarstvo, geotehnologiju i životnu sredinu - IRGO, koja zapošljava oko 10 ljudi i bavi se uglavnom hidrogeološkim projektovanjem. Nešto veće grupe hidrogeologa rade i u Agenciji za životnu sredinu Republike Slovenije, Departmanu za geologiju – Univerziteta u Ljubljani i Institutu za istraživanje karsta – IZRK u Postojni. Takođe postoji značajan broj samostalnih preduzetnika i malih preduzeća u oblasti hidrogeologije.

Najveći deo finansijskih sredstava za hidrogeološka istraživanja dolazi iz infrastrukturnih projekata i državnog budžeta, koji je prvenstveno vezan za obaveze koje proizilaze iz Okvirne direktive o vodama EU. Ostali izvori finansiranja, koji se definišu kao tržišna delatnost, potiču iz problema vodosnabdevanja pitkom vodom, zaštite vodnih resursa i velikih građevinskih intervencija u urbanim sredinama. Značajan deo finansiranja predstavljaju različiti evropski projekti, ali nažalost skoro da nema finansiranja fundamentalnih naučnih hidrogeoloških istraživanja iz nacionalnih resursa.

## **HIDROGEOLOŠKE PRILIKE U SLOVENIJI**

Opis hidrogeoloških prilika u Sloveniji zahtevao bi poseban tekst, te se ovde daje samo vrlo kratak pregled, koji treba da predstavi osnovne karakteristike područja, sa ciljem da se olakša razumevanje zadataka hidrogeologa u Sloveniji.

Područje Slovenije karakterišu sedimentne stene. Raspon metamorfnih i magmatskih stena je mali i ograničen. U tektonskom smislu, sedimentne stene su generalno povezane sa spoljnim Dinaridima i alpskom regijom, prva pripada mezozojskoj Dinarskoj karbonatnoj platformi, a druga Julijanskoj karbonatnoj platformi. Između njih je uzak pojas takozvanog Slovenskog basena, gde dominiraju klastiti. Severoistok zemlje uglavnom čine tercijarni sedimenti. Ovakvi geološki uslovi dovode do toga da je oko 50% zemlje pokriveno karstom, a samim tim i karstno pukotinskim izdanima. Zbog obimne infiltracije karakteriše ih velika rasprostranjenost i lokalno vrlo visoka propustljivost. U ravničarskim predelima centralnog regiona i na severoistoku nalaze se značajne intergranularne izdani koje se odlikuju velikom debljinom, velikom propusnošću i izdašnošću.

## **PREGLED HIDROGEOLOŠKIH AKTIVNOSTI U SLOVENIJI**

Aktivnosti hidrogeologa u Republici Sloveniji u velikoj meri definišu hidrogeološke prilike i činjenica da su podzemne vode praktično jedini izvor pitke vode. Podzemne vode su takođe prepoznate kao sastavni deo životne sredine, pa je važna i njena zaštita, koja se ne odnosi samo na problem zaštite izvorišta vode, već i na zaštitu voda u prirodi i životnoj sredini. Ova komponenta hidrogeologije je u velikoj meri definisana nacionalnim zakonodavstvom, koje prvenstveno proizilazi iz Okvirne direktive o vodama EU. U

nastavku dat je kratak pregled sadašnjih hidrogeoloških aktivnosti na području Republike Slovenije. Zbog ograničenja prostora i velikog broja referenci, ne pružamo ih. Izostavljene su i neke oblasti hidrogeološke delatnosti, kao što su rudnička hidrogeologija i ekologija podzemnih voda.

### **Zahvatanje podzemnih voda**

U Republici Sloveniji podzemne vode su gotovo jedini izvor vode za vodosnabdevanje stanovništva. Generalno, može se reći da je učešće podzemnih voda u vodosnabdevanju veće od 90%, ali neke zvanične statistike tvrde da je ovo učešće čak i veće od 95%. To znači da su izvori vode za piće posebno iz površinskih vodnih tela zanemarljivi. Najveći vodovod prema količini eksploatacije vode u zemlji nalazi se na području glavnog grada Ljubljane u centralnoj Sloveniji, koji crpi podzemnu vodu iz sistema više crpnih stanica sa baterijama bunara iz otvorenih izdani u okolini grada. Po veličini, po sistemu vodosnabdevanja sledi Maribor, drugi po veličini grad u državi, ali sa najdužim vodovodnim sistemom. Veoma značajan vodovod je Rižanski vodovod, koji vodom snabdeva slovenačko primorje i njeno šire zaleđe. Ovaj sistem u potpunosti zahvata vodu iz karstne izdani i suočava se sa velikim izazovima tokom perioda suše. Karakteristika slovenačkih vodovoda je njihova razuđenost i izolovanost, zbog velike disperzije stanovništva. Prema nekim procenama, više od 10% stanovništva je i dalje van javnog i kontrolisanog sistema vodosnabdevanja. Iz tog razloga se veliki naponi ulažu u integraciju i povezivanje vodovodnih sistema. U to se ulažu i značajna evropska koheziona sredstva.

Zahvatanje podzemnih voda je u velikoj meri regulisano Zakonom o vodama i odgovarajućim sistemom vodnih dozvola. U Republici Sloveniji voda je prirodno javno dobro. Javno vodosnabdevanje vodom se zasniva na vodnim dozvolama, a takođe i sopstveno snabdevanje vodom. Za ovu svrhu se ne plaća nikakva novčana nadoknada. Sva eksploatacija vode namenjena za komercijalnu upotrebu (npr. flaširana mineralna voda, termalna voda za kupatila) podleže koncesionoj naknadi, čiji se prihod uliva u Vodni fond, koji je namenjen za ulaganja u vodoprivredu.

U Sloveniji je sistem vodosnabdevanja manje-više uspostavljen i stabilan. Nove crpne stanice i kaptaže se više ne uspostavljaju niti grade. U slučaju potreba po novim količinama vode, neophodno je projektovati retke nove zahvate podzemnih voda, koji su povezani sa dubljim bušenjem. S tim u vezi, u proteklih 40 godina, karstne izdani formirane u okviru dolomita su se pokazale kao veoma značajne i kvalitetne i koje zadovoljavaju potrebe vode posebno manjih aglomeracija. Danas se u većim vodovodnim sistemima uglavnom vrši sanacija i čišćenje (regeneracija) već postojećih velikih bunara. Iz tog razloga se u vezi sa tim razvijaju nova znanja i iskustva. Danas je bušenje bunara za javno vodosnabdevanje relativno retko.

Češće je zahvatanje podzemnih voda za potrebe industrije, koja ovakvim zahvatima pokušava da se osamostali od javnih vodovoda. Bez obzira na to, industrija teži da racionalizuje vodu jer je postala relativno skupa zbog sistema koncesija i zbog restriktivnije politike dodeljivanja vodnih dozvola. Mnoga preduzeća, sa izuzetkom prehrambene industrije, koja koristi vodu kao sirovinu, prešla su na zatvorena vodene krugove. Ukupna industrijska upotreba vode je naglo opala od 1990. godine, kao i podzemne vode. Trenutno je procenjena prosečna potrošnja vode za piće po stanovniku 130 L/dan.

### **Hidrogeologija intergranularnih izdani**

Istraživanje i karakterizacija intergranularnih izdani u Sloveniji poslednjih godina je napredovalo, posebno u definisanju njihove dinamike i vodnog bilansa, kao i geohemijske karakterizacije. U nizu projekata, Agencija za životnu sredinu Republike Slovenije, koja je zadužena za upravljanje nacionalnim vodnim bilansom, izradila je numeričke modele toka podzemnih voda svih glavnih intergranularnih izdani u zemlji. Ovi modeli čine osnovu za upravljanje podzemnim vodama, a time i za izdavanje vodnih dozvola i koncesija. Ova ista agencija kreirala je i integrisani nacionalni model bilansa podzemnih voda za celu zemlju pod nazivom GROWA-SI, koji se koristi za određivanje vodnog bilansa po pojedinačnim komponentama i po pojedinačnim područjima vodnog bilansa, koja su definisana kao vodna tela. Uz pomoć ovog modela napravljena su i predviđanja vodnog bilansa na osnovu prognoze klimatskih promena.

U nizu projekata urađene su detaljne analize geohemijskih uslova u okviru izdani. Ova istraživanja se mogu podeliti u dve grupe; prvu grupu predstavljaju istraživanja zaleđa i prihranjivanja, koja su se zasnivala uglavnom na analizama izotopskog sastava vode i supstanci rastvorenih u njoj, dok drugu grupu čine istraživanja savremenih polutanata, odnosno ostataka farmaceutikala, proizvoda za ličnu negu, hormonskih disruptora i raznih drugih sintetičkih jedinjenja. Rezultati ovih istraživanja pokazuju da su ova jedinjenja veoma česta u plitkim delovima izdani, a da su već prisutna i u njihovim dubljim delovima.

### **Hidrogeologija karstnih izdani**

Istraživanje karstnih izdani je već tradicionalno u Sloveniji. Mnogi eksperimenti trasiranja su sprovedeni u prošlosti, a ove studije traju i do danas. Pored analize manjih zona napajanja izvora važnih za vodosnabdevanje, veća grupa istraživača iz različitih institucija nastavlja intenzivno istraživanje zaleđa prihranjivanja u slivu Ljubljaničnice, sa bitnim fokusom na opitima trasiranja u zaleđu izvora Malni. To je važan i veliki izvor koji leži na rubu Planinskog polja. Ovo istraživanje je tesno povezano sa težnjama da se u zaleđu uspostavi veliki vojni poligon. Važan napredak u oblasti opita trasiranja je stvaranje nacionalne otvorene baze podataka svih opita koji su sprovedeni u prošlosti i za koje postoje podaci. Baza podataka je javno dostupna preko interneta.

Važan aspekt istraživanja karstnih izdani su i teorijska istraživanja koja pokušavaju da sagledaju raspored podzemnih voda unutar karstnih stena i uticaj distribucije ove vode na proces razvoja karsta. Poslednjih godina, uz pomoć savremenih *data logger-a*, uspostavljene su relativno guste mreže za monitoring u okviru većih pećinskih sistema (npr. Škocijanske jame, prostor između Planinskog polja i Ljubljanskog barja), pomoću kojih se detaljno prati razvoj poplavnih talasa unutar karstne izdani. Iako se speleološka istraživanja ne mogu smatrati klasičnom hidrogeologijom, vredi istaći da je broj registrovanih karstnih pećina porastao na preko 15.400, što je takođe značajno doprinelo boljem razumevanju hidrogeoloških uslova u karstu.

### **Inženjerska hidrogeologija**

U oblasti inženjerske hidrogeologije, veliki razvojni pomak je postignut nakon 1995. godine. Za to je zaslužan uglavnom veliki projekat izgradnje auto-puteva. Veliki infrastrukturni projekti nastavljani su i kasnije. Danas je u izgradnji nova železnička pruga između Kopra i Divače, koja velikim delom prolazi kroz tunele u karstu, veliki je infrastrukturni projekat tunel kroz Karavanke, a u izgradnji je i projektovanju takozvana treća razvojna osovina, auto-put sever-jug. U svim ovim slučajevima reč je o zahtevnim projektima u kojima hidrogeologija igra važnu ulogu, kako u fazi planiranja, tako i tokom izgradnje uz aktivno praćenje izgradnje.

Sa aspekta uloge hidrogeologije u velikim infrastrukturnim projektima, njena uloga je podeljena na dva dela; u nastojanju da se objekti zaštite od negativnih uticaja podzemnih voda i zaštite podzemne vode od negativnih uticaja izgradnje i naknadnog rada objekata. Ovaj aspekt je posebno važan kada se objekti nalaze u oblastima zona sanitarne zaštite. U ovim slučajevima, hidrogeolozi predlažu kako kroz aktivne i pasivne mere sprovesti zaštitu podzemnih voda.

Ako je u prošlosti domen hidrogeologije bila prvenstveno freatska zona izdani, danas se hidrogeolozi suočavaju i sa problemima vadozne zone. Sve više dolaze do izražaja problemi vezani za infiltraciju padavina i prečišćenih otpadnih voda. Ovi problemi su posebno izraženi u urbanim sredinama gde se iz različitih razloga kišnica ne može ispuštati u javnu kanalizaciju. U Sloveniji se hidrogeolozi suočavaju sa dimenzionisanjem drenažnih objekata, a veliki izazov predstavlja karakterizacija zemljišta u koje se mora drenirati kišnica.

### **Monitoring podzemnih voda**

U periodu nakon 2004. godine značajno se povećao obim obaveznog monitoringa podzemnih voda. Ovo proizilazi iz zahteva Okvirne direktive o vodama EU i evropskih direktiva o emisijama, koje se odnose na veliko potencijalno industrijsko zagađenje. Monitoring podzemnih voda se može podeliti u tri velike grupe; prva grupa predstavlja državni monitoring, koji je namenjen utvrđivanju stanja podzemnih vodnih tela, drugu grupu predstavlja operativni monitoring podzemnih voda, koji je namenjen za praćenje efekata pojedinih potencijalno opasnih objekata, a treću grupu predstavlja monitoring vezan za vodosnabdevanje. U svim pomenutim grupama monitoringa prati se kvalitativno i kvantitativno stanje podzemnih voda.

U godinama od 2010. do 2015. godine u velikoj meri je uspostavljen novi sistem državnog monitoringa podzemnih voda. Kao deo velikog i sveobuhvatnog evropskog projekta pod nazivom BOBER, izgrađena su nova merna mesta u intergranularnim izdanima. Za potrebe monitoringa izbušene su nove bušotine po najvišim standardima. Tamo gde su prisutne deblje izdani, bušotine su izgrađene u više nivoa, pa su na pojedinim osmatračkim mestima postavljene i do tri osmatračke bušotine paralelno namenjene za posmatranje uslova na različitim dubinama.

Ne postoji pregled ukupnog broja operativnih sistema za praćenje podzemnih voda u zemlji. Reč je o relativno velikom obimu merenja, gde oni koji su odgovorni za praćenje često moraju da izvrše obiman skup analiza. Ovo je, na primer, slučaj merenja uticaja deponija na podzemne vode. Operativni nadzor je uspostavljen i duž glavnih auto-puteva i pored velikih industrijskih postrojenja koja se nalaze u oblasti izdani.

Monitoring izvora vode za piće takođe se sprovodi na više nivoa. Na samostalnom državnom nivou i na nivou pojedinih upravljača vodovoda. Konkretno, veći sistemi vodosnabdevanja (npr. vodovod u Ljubljani) upravljaju širokom mrežom za praćenje podzemnih voda na kojoj takođe analiziraju i savremene polutante. Nažalost, ovakav monitoring iz finansijskih i kadrovskih razloga nije moguć za manje vodovode.

Karstna područja predstavljaju veliki izazov za praćenje podzemnih voda. U ovim oblastima, monitoring se sprovodi prilično efikasno na većim izvorima, koji imaju veliko slivnu površinu. Međutim, često postoji potreba za sprovođenjem monitoringa u manjim, ograničenim oblastima, na primer u uticajnim oblastima deponija otpada. U takvim slučajevima, monitoring podzemnih voda je otežan, budući da je nivo podzemnih karstnih voda duboko ispod površine terena, te je i vadozna zona velike debljine. U ovim slučajevima neophodno je uspostaviti indirektne ili prediktivne metode monitoringa, pomoću kojih je potrebno definisati oticanje iz potencijalno opasnih područja u karstne izdani na osnovu modela proceđivanja i mešanja.

### **Zone sanitarne zaštite**

U Sloveniji postoji duga tradicija u oblasti uspostavljanja i održavanja zona sanitarne zaštite. Dokumentovane i pravno legalne zone sanitarne zaštite uspostavljene su u vezi sa banjskim turizmom još pre Drugog svetskog rata. Prve zone sanitarne zaštite, koje prate savremenu doktrinu zaštite podzemnih voda kao izvora vode za vodosnabdevanje, određene su za Ljubljanu 1956. godine i u velikoj meri su na snazi i danas.

Bez obzira na dugu tradiciju i mnoga iskustva, u vezi sa zonama sanitarne zaštite u Sloveniji postoji mnogo problema, koje se manje-više uspešno rešavaju. Ovi problemi se dele u dve grupe. Prvu grupu predstavljaju problemi pravne prirode i proističu iz zahteva zakonodavstva. Nakon ulaska u Evropsku uniju, država je odlučila da preuzme inicijativu da zaštiti izvore vode. Tako je ministarstvo za prirodne resurse nadležno za pripremu zona sanitarne zaštite. Ove procedure su izuzetno spore, a uglavnom se odnose na mukotrpno međusektorsko usklađivanje interesa u tom području. Dvadeset godina nakon primene ovog principa, još uvek ne postoje sve potrebne zone sanitarne zaštite. Mnoga novoosnovana izvorišta vode nemaju nikakvu zaštitu. Starija izvorišta vode zaštićena su uredbama koje su donele bivše opštine pre 2000. godine, a koje su neadekvatne i zastarele. Druga grupa problema je rezultat intenzivnog infrastrukturnog razvoja u celoj državi. Zone sanitarne zaštite pokrivaju nešto manje od 15% teritorije države. To znači da se često ukrštaju sa različitim interesima u prostoru, posebno sa velikim infrastrukturnim projektima koji mogu imati potencijalni uticaj na stanje podzemnih voda. Neki od ovih sukoba su toliko ozbiljni da su podstakli javne proteste (npr. u Ljubljani protiv izgradnje kanalizacionog voda kroz zaleđe prihranjivanja najveće stanice za vodosnabdevanje u Sloveniji).

Veliki, još uvek nerešen problem je prisustvo opasnih materija u zonama sanitarne zaštite. Zakonom je propisana stroga zabrana ovih supstanci, ali je u praksi ovaj uslov neizvodljiv jer se na ovim prostorima nalaze neki industrijski objekti, koji su na tom području bili smešteni i pre stupanja na snagu režima zaštite. Zbog činjenice da je voda za piće postala ustavna kategorija, Ustavni sud je već intervenisao u nekim zaštićenim područjima.

### **Geotermalna energija**

Upotreba geotermalne energije je u procvatu. Savremene tehnologije toplotnih pumpi postale su toliko efikasne i pristupačne da se ugrađuju u veoma širok spektar novih i postojećih zgrada. Sistemi voda-voda su dobili veoma široku primenu, posebno u razvijenijim urbanim sredinama. Gotovo da nema velike novogradnje na dobro propusnim intergranularnim izdanima koja ne uključuje ovu tehnologiju.

Postoji prilično loš pregled broja toplotnih pumpi u sistemima voda-voda. Iako postoji relativno dobra evidencija velikih sistema, gde investitori uglavnom apliciraju za vodne dozvole, ne postoji tako dobar pregled malih sistema, jer ima mnogo nelegalnih intervencija.

Iako se posebno veliki sistemi dimenzionišu na osnovu modeliranja i drugih proračuna, sinergijski efekti velikog broja toplotnih sistema su veoma slabo poznati. Nije poznato kako ovo utiče na ukupno toplotno polje, niti se zna mnogo o tome kako ovi sistemi utiču na hemijsko i kvantitativno stanje podzemnih voda.

### **ZAKLJUČAK**

Nakon 1990. godine hidrogeologija u Republici Sloveniji napravila je važne razvojne korake. Od zadataka koji su uglavnom bili usmereni na snabdevanje vodom za piće, prešlo se na holistički pristup podzemnim vodama, koji se kreće od klasičnih problema korišćenja podzemnih voda kao resursa, do

rešavanja problema ekologije podzemnih voda, kao što je karakterizacija ekosistema zavisnih od podzemnih voda.

Uporedno govoreći, hidrogeologija u Sloveniji je na visokom naučnom i stručnom nivou. Na nacionalnom nivou, trenutni obim posla je takav da su stručnjaci preopterećeni, a istovremeno se suočavamo sa velikom kadrovskom krizom i nedostatkom kadrova. Obim zadataka hidrogeologa se povećava, takođe zbog efekata klimatskih promena i značaja podzemnih voda u borbi protiv njih.