

Izviri Ljubljanskega polja in Barja, pomembni za količinsko in kakovostno stanje telesa podzemne vode

Springs on Ljubljana polje and Barje area, significant for quantity and quality condition of the groundwater body (Slovenia)

Branka BRAČIČ-ŽELEZNIK¹ & Joerg PRESTOR²

¹JP Vodovod-Kanalizacija, Vodovodna 90, Ljubljana, e-mail:bzeleznik@vo-ka.si
²Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, Ljubljana, e-mail:joerg.prestor@geo-zs.si

Cljučne besede: Ljubljansko polje in Barje, hidrogeologija, monitoring, izviri, kakovostno in količinsko stanje podzemne vode, Slovenija

Key words: Ljubljansko polje in Barje, hydrogeology, monitoring, springs, quantity and quality status of groundwater, Slovenia

Kratka vsebina

Za oskrbo mesta Ljubljane in okolice s pitno vodo sta pomembna vodonosnik Ljubljanskega polja in vodonosni sistem Ljubljanskega barja.

Na območju obeh teles se pojavljajo izviri, ki odražajo stanje podzemne vode, tako količinsko kot tudi kakovostno. Na Ljubljanskem polju se pojavljajo izviri, imenovani studenčnice, na prevojih prodnih teras, kjer se pojavljajo kot izdanki podzemne vode. Zasedimo jih v spodnjem delu vodonosnika Ljubljanskega polja med Fužinami in sotočjem Ljubljanice in Save. Stanje teh izvirov neposredno izraža stanje gladine podzemne vode v vodonosniku Ljubljanskega polja in kakovost naravnega iztoka iz vodonosnika.

Na Ljubljanskem barju je za oskrbo mesta Ljubljane zelo pomembno območje Iškega vršaja s svojim sistemom vodonosnikov. Izviri, ki se pojavljajo na tem območju so pomemben pokazatelj stanja hidrogeoloških razmer v tem vodonosnem sistemu in ključnega pomena za ugotavljanje obnovljivih in razpoložljivih zalog podzemne vode.

Abstract

The intergranular aquifer of Ljubljana Field and the aquifer system of Ljubljana Moor are the most important sources of drinking water for Ljubljana.

The springs that appear on the area of both groundwater bodies reflect the groundwater status, quantity and quality. The spring water in the Ljubljana Field appears on vowel change of the gravel terrace. We follow them in the lower part of Ljubljana Field aquifer from Fužine to confluence of rivers Sava and Ljubljanica. The spring water directly indicates the condition of groundwater level and the quality.

On the Ljubljana Barje there are important springs on the southern edge. These springs are crucial observation point for the quality and quantity status monitoring of the inflow from main recharge area of Ljubljana Moor aquifers that are exploited for the water supply system.

By the detailed analysis of older sporadic measurements of springs in Ljubljana Polje and Ljubljansko barje we were able to assess the changes in their trends of quantity and to design the monitoring network of springs that would acquire adequate data for the actual and future assessment of quantity and quality of these groundwater bodies in the frame of all other available and representative observation points.

Uvod

Izviri na območju Ljubljanskega polja in Barja so pomembni za določitev razpoložljivih in obnovljivih vodnih virov. Monitoring stanja izvirov nam pove trend režima in kakovosti na osnovi katerih lahko vrednotimo obnovljivost in razpoložljivost vodnih virov.

Oskrba z vodo mesta Ljubljane temelji na izkoriščanju vodnjakov na Ljubljanskem polju in Barju. Količinsko stanje podzemne vode na Ljubljanskem polju je močno odvisno od stanja reke Save in stanja njene struge (Žibrik, 1969). Spremembe v gladini Save in kolmatiranost njene struge imata neposreden in odločilen vpliv na gibanje gladine podzemne vode na Ljubljanskem polju, na črpališča in izvire, ki izvirajo iz prodnega zasipa. Na Ljubljanskem barju se za oskrbo s pitno vodo izkorišča zaprte vodonosne sloje, ki se napajajo iz hribovitega Krmsko-Mokrškega zaledja. Del vode s tega zaledja odteka podzemno skozi vodonosne sloje proti Ljubljanskemu polju, del pa skozi izvire, ki se pojavljajo na južnem obrobju Barja (Mencej, 1976). Za nadaljnje izkoriščanje vodnih virov Ljubljanskega polja in Barja je ena najbolj ključnih stvari zagotavljanje mo-

nitiranja kakovostnega in tudi količinskega stanja podzemne vode na tem območju.

V zvezi z raziskavo izdatnosti in kakovosti virov pitne vode na Ljubljanskem polju in Barju obstajajo številni točkovni podatki, kljub temu pa je razmeroma malo podatkov o izvedenih sočasnih meritvah izvirov in ovrednotenju izmerjenih količin. V okviru te naloge smo izvedli analizo obstoječih sporadičnih podatkov o izviroh na tem območju in ovrednotenje podatkov na tak način, da bodo lahko uporabni za nadaljni monitoring količinskega stanja tega telesa podzemne vode. Istočasno smo vzpostavili nova ključna mesta, s katerimi bo možno zagotavljati nadzor nad količinskim stanjem, ovrednotenje vplivov različnih posegov, kot je povečanje črpanja, ali regulacije površinskih tokov ipd. Prav tako smo izvedli začetni krog vzorčevanja in analitike parametrov, ki so ključni za nadzor nad kakovostnim stanjem teh vodnih virov.

Ljubljansko polje

Na Ljubljanskem polju je arhivskih podatkov o pretokih izvirov malo (Žlebnik



Slika 1: Lokacije izvirov na Ljubljanskem polju in barju

& Novak, 1977; Breznik, 1980,1981). Gre za opazovanja in meritve studenčnic, ki so odražale stanje gladine podzemne vode v prodnem vodonosniku Ljubljanskega polja. V arhiviranih poročilih smo našli podatke za studenčnice: pri Fužinskem gradu, v Slapah, v Vevčah (Sige), Bajer, v Spodnjem Kašlju, v Zgornjem Kašlju ter pri Perlesu (Žlebničnik, 1987).

Med omenjenimi danes studenčnice v Slapah ni več, saj preko nje poteka avtocesta. Za vse studenčnice meritve iz leta 1977 kažejo na velike pretoke, medtem ko podatki iz leta 1983 kažejo bistveno drugačno sliko. Z izjemo studenčnice v Zgornjem Kašlju so bile vse ostale zabeležene s pretokom nič (Žlebničnik, 1968).

Za vse studenčnice med Fužinami in spodnjim Kašljem in tudi studenčnico Perles je značilno, da se pojavljajo ob robu terase oziroma pod prevojem terena. Gre torej za izdanke gladine podzemne vode in odtok teh vod proti nižje ležeči Ljubljani. Nihanje gladine podzemne vode v vodonosniku Ljubljanskega polja neposredno vpliva na stanje teh studenčnic. Njihovo stanje je neposreden kazalec stanja v vodonosniku na njegovem spodnjem delu. Pomanjkljivost meritev in opazovanj v preteklosti je, da le-ta niso bila hidrološko podrobneje opredeljena. Očitno je, da so se pretoki zniževali vse do sušnih osemdesetih let (okoli leta 1984), kasnejših meritev pa ni bilo.

Ljubljansko barje

Na Ljubljanskem barju obstajajo arhivski podatki o meritvah pretokov izvirov in kanalov na območju Iškega vršaja (Žlebničnik & Novak, 1976; Žlebničnik, 1972). To območje je bilo preiskano kot alternativni vir pitne vode za oskrbo Ljubljane (Žlebničnik & Novak, 1984). Meritve so bile izvajane predvsem za bilančno oceno. V različnih letih (od l. 1967 dalje) so bile izvedene občasne meritve na od 8 do 12 merilnih mestih (Kokolj & Andjelič, 1978; Breznik, 1975). S temi merilnimi mesti se je poskušalo zajeti naravni iztok iz iškega holocenskega prodnega zasipa.

Izviri, ki se pojavljajo na območju Barja, so kazalec hidrodinamičnih razmer širšega območja. Glede na tip jih lahko razvrstimo v:

- kraške izvire, ki se pojavljajo na kontaktu apnenčastega Krimsko-Mokrškega pogorja in jezerskih sedimentov,

- barjanska okna ali retja, ki jih najdemo v polžarici in so nastala zaradi vodnega pritiska v vodonosnih plasteh pod njo, zaradi premikov in posedanj, določenih porušenihih conah,

- izviri na kontaktu prodnega Iškega vršaja in neprepustnih barjanskih sedimentov.

Napajalno zaledje Ljubljanskega barja je Krimsko-Mokrško pogorje, zgrajeno iz triasnih in jurskih dolomitov in zakraselih apnenecov (Mencej, 1976). Dotoke iz goratega karbonatnega zaledja lahko razdelimo na dva režima. Prvi je hiter površinski odtok, drugega predstavlja podpovršinski odtok skozi razpoke in prelome. Del padavin v goratem zaledju se infiltrira in skozi razpoke in prelome napaja spodnji pleistocenski vodonosnik, del pa se jih pojavi v kraških izviroh, ki so nanizani po južnem robu aluvialne ravnice. Izdatnost kraških izvirov je v hidravlični povezavi z nivojem podtalnice v spodnjem pleistocenskem vodonosniku.

Izbor pomembnih izvirov za vključitev v stalni monitoring

Za območje Mestne občine Ljubljana sta pomembna dva vodonosna sistema, in sicer vodonosnik Ljubljanskega polja in vodonosni sistem Ljubljanskega barja. Danes je Ljubljansko barje zelo pomemben vir podzemne vode zaradi zaščitenosti vodonosnikov pred vplivi urbanizacije in drugimi antropogenimi dejavnostmi. Za nadaljnje so naravno izkoriščanje podzemne vode iz tega vodonosnega sistema je potrebno spremljati vrsto hidrogeoloških parametrov v vodonosniku, vključno z možnostjo posedanja slabo nosilnih barjanskih tal. Eden izmed pomembnih parametrov za nadzor izkoriščanja je tudi opazovanje izvirov.

Posamezna opazovalna mesta smo opremili z merilnimi letvami ter jih geodetsko posneli. Mesta merilnih lat na obrobju Iškega vršaja so izbrana tako, da je z meritvami na teh mestih kontrolira skupni iztok Iškega vršaja. Na Ljubljanskem polju mesti postavljenih lat izbrani tako, da je možno beležiti kote najvišjih (poplavnih) vod (Bajer) ter vodostaj na izhodnem delu vodonosnika na območju sotočja Ljubljane in Save (Brilly, 1983).

Tabela 1: Opazovalna mesta izvirov na širšem območju Iškega vršaja

Št.	IZVIR, OKNO	PRETOK, GRABEN, KANAL
1	Šentjanž	
2	Šalčkov graben	
3	Strahomerski izvir-okno	
4	Jevšnik-okno	
5	Peščenk	
6		kanal Peščenk
7		Zidarjev graben
8		Peščenk s pritoki- kanal
9		Mali deli-kanal
10		V Talih-kanal
11		Zalarski graben
12	Bršnik	
13		Bršnik (Matena)-kanal
14	Retje 2	
15	Retje 1	
16		Farjevec s pritoki-kanal
17	Roček	
18	Češnjica	

Tabela 2: Opazovalna mesta izvirov na območju Ljubljanskega polja

Št.	IZVIR	ODTOK V REKO
1	Studenčnica Fužinski grad	Ljubljana
2	Studenčnica v Slapah	Ljubljana
3	Studenčnica Bajer	Ljubljana
4	Studenčnica Zg. Kašelj	Ljubljana
5	Studenčnica Sp. Kašelj izviri pod cerkvijo	Ljubljana
6	Studenčnica Perles – Mlini	Sava

Hidrološke in hidrometeorološke značilnosti

Najstarejši arhivski podatki o izdatnosti izvirov na območju Ljubljanskega polja in Barja, ki so bili zajeti v raziskavi, segajo v leto 1967. Zato smo obdelali časovne serije podatkov za obdobje 1967 – 1999 za vodomerne postaje na Savi (Šentjakob), Šujici (Razori) in Iški (Iška vas). Za analizo padavin so bili obdelani podatki o mesečnih padavinah za padavinsko postajo Bežigrad za omenjeno obdobje.

Za vodostaj na postaji Sava-Šentjakob je značilno počasno upadanje vodostajev z minimumi od približno 272 mm do 271 mm. Nato je sledil padec do 269,5 mm v sedmih letih z minimumom v letu 1985.

V letih '85, '86 in '87 so bili zabeleženi

najnižji vodostaji v celotnem 33-letnem obdobju (2,5 m nižje od stanja v letih '67-'69).

Po letu 1987 se je vodostaj dvignil v treh stopnjah: '87-'92, '93-'96, '97-'99, v vsaki stopnji za po 0,5 do 1m. V zadnjih letih '97-'99 je vodostaj še približno 0,5m pod vodostajem iz let '67-'69.

Podobno gibanje trenda vodostaja je vidno tudi pri vodomerni postaji Šujica-Razori, le-da je celotna razlika med najvišjimi ('67-'69) in najnižjimi ('83-'85) vodostaji približno 0,2 m. Izrazito sušno obdobje zelo nizkih vod je bilo tudi v letih '92 in '93.

Tudi pri vodostaju Iške je viden podoben linearen trend zniževanja od leta '71 do leta '85. V letu '85 je izrazita suša nato pa stagnacija trenda z izrazitima sušama v letih '92 in '93.

Za vse tri vodomerne postaje so torej značilna sušna obdobja v letih '85, '92 in '93. Od leta 1967 do leta 1985 je značilen izrazit trend upadanja, po letu 1985 pa stagniranja oziroma trend naraščanja. Pri vodostaju Save, ki odraža tudi stanje gladine podzemne vode, je značilno, da v obdobju '67-'69 do '85-'87 padel kar za 2,5 m, nato pa se je od obdobja '97-'99 po stopnjah dvignil za dva metra.

Mesečne padavine postaje Bežigrad v obdobju 1967–2000 ne kažejo nikakršnega trenda. Povprečne mesečne padavine so znašale 112,6 mm.

Na podlagi statistične porazdelitve vodostajev postaj Šujica-Razori, Sava-Šentjakob in Iška-Iška vas smo razmejili različna vodna stanja.

Na podlagi te razmejitev smo ocenili, kakšno vodno stanje je bilo v času meritev posameznih izvirov izvedenih od leta 1967 do danes.

Iz dobljenih razredov smo ocenili red velikosti srednjega pretoka posameznih izvirov. Iz dobljenih ocen srednjih pretokov lahko ocenimo srednji skupni pretok izvirov z območja obrobja Iškega vršaja. Srednji pretok izvirov s tega območja je ocenjen na skupno 285 l/s.

Vzorčevanje in kemijska analitika

V okviru naloge smo izvedli dva cikla vzorčevanj v različnih vodnih stanjih. Opravljena je bila analitika na deset osnovnih parametrov: pH, elektroprevodnost, kalcij, mag-

Tabela 3: Razmejitev različnih vodnih stanj

Vodno stanje		Šujica	Sava-Šentjakob	Iška 1967-1984	Iška 1985-1999
Visoko	zelo visoko	>302,9	>273,7	>337,95	> 337,7
	visoko	302,2-302,9	272,5-273,7	337,55-337,95	337,2 – 337,7
	srednje visoko	301,95-302,2	272-272,5	337,4 -337,55	337,06 – 337,2
Srednje	visoko srednje	301,85-301,95	271,5-272	337,3-337,4	336,97-337,06
	nizko srednje	301,75-301,85	270,7-271,5	337,23 – 337,3	336,92-336,97
Nizko	srednje nizko	301,7-301,75	270,2-270,7	337,2 – 337,23	336,89-336,92
	nizko	301,68-301,7	270-270,2	337,18 – 337,2	336,87-336,89
	zelo nizko	<301,68	<270	< 337,18	< 336,87

Tabela 4: Ocena vodnega stanja pri izvedenih meritvah pretokov 1967-2001

Razpon izmerjenih pretokov v l/s	vodno stanje		
	nizko srednje	visoko srednje	srednje visoko
Šentjanž	5 – 10	13 – 30	115-200
Roček	0	0	6
Češnjica	5	4-10	13
Strahomer-okno	5-10	10-14	20-25
Bršnik	0-4	17-55	54-150
Peščenk-kanal	41-101	52-145	211-273
Retje1	21-37	20-50	48-50
Retje2	22-42	18-40	70-98
Šalčkov graben	12-40	13-30	80-171
Jevšnik	31-57	57-61	66-80
V Talih	11-26	16-21	26-50
Zidarjev kanal	17-27		38
Zalarjev graben	12-56		
Mali deli	30-43		
Kašelski potok		49-57	

nezij, kalij, natrij, nitratni dušik, klorid, sulfat in TOC.

Na osnovi ionskega razmerja med magnezijem in kalcijem lahko ločimo tri osnovne skupine vod:

1. vode iz apnenega okolja (Šentjanž, Roček)
2. vode iz savskega prodnega vodonosnika Ljubljanskega polja
3. vode iz dolomitnega okolja (Iški vršaj)

Vode iz dolomitnega okolja Iškega vršaja imajo dokaj velik razpon ionskega razmerja rMg/rCa . Najvišje vrednosti razmerja imajo vode, ki izvirajo neposredno iz dolomitnih kamnin (Češnjica).

Elektroprevodnost vod iz vzorčevanih izvirov je med 400 in 500 mS/cm, kar je običajna elektroprevodnost za vode iz karbonatnega okolja. Pri posameznih izviroh je bila elektroprevodnost povišana, kar je najverjetneje posledica onesnaženj. Na to kažejo tudi vsebnosti nitratnega dušika, ki so v soodvis-

nosti z elektroprevodnostjo. Vsebnost nitratnega dušika je v "čistih" vodah pod 2 mg/l, povišane vsebnosti v vzorčevanih vodah z večjo mineralizacijo sežejo čez 6 mg/l. Na območju Iškega vršaja kažejo na vpliv onesnaženja vode z območja Retja in delno z Bršnika. Na območju Ljubljanskega polja kaže na vpliv onesnaženja več izvirov, in sicer Perlezov mlin, Bajer, Sp. Kašelj in Vevče-sige.

V drugem ciklu vzorčevanja so bile opravljene analize na pesticide. Te analize so pokazale sledove pesticidov pri tistih izviroh, ki so pokazali tudi povišano vsebnost nitratnega dušika in povišano elektroprevodnost.

Prisotnost pesticidov se pojavlja v izviroh, ki kažejo tudi povišano elektroprevodnost in nitratni dušik. "Čiste" so vode iz izvirov z obrobja Barja, Češnjica in Šentjanž. Izviri na Ljubljanskem polju so bolj obremenjeni z onesnaženjem s pesticidi. Vsebnosti atrazina in desetilatrazina se gibljejo okoli vrednosti 0.1 mg/l, to je mejna vrednost za pitno vodo.

Tabela 5: Vsebnost pesticidov v izvirih

$\mu\text{g/l}$	Alaklor	Atrazin atrazin	Desetil- pilatrazin	Desizopro-	Metolaklor	Propazin	Simazin
Perlezov mlin	<0.0045	0.087	0.091	<0.015	0.006	0.004	0.007
Bajer	<0.0045	0.073	0.093	0.02	0.0068	0.04	0.006
Sp. Kašelj	<0.0045	0.11	0.11	0.02	0.0056	0.04	0.019
Retje 1	<0.0037	0.06	0.19	0.02	0.0028	0.003	<0.0034
Češnjica	<0.0037	0.026	<0.034	<0.015	<0.0028	<0.0027	<0.0034
Šentjanž	<0.0037	<0.026	<0.034	<0.015	<0.0028	<0.0027	<0.0034
Jevšnik	<0.0037	<0.026	<0.034	0.05	<0.0028	<0.0027	<0.0034

Povišana vrednost atrazina je bila zabeležena tudi v izviru Retje1 na območju Iškega vršaja, ki kaže na onesnaženje tudi glede na parametre nitratnega dušika in elektroprevodnosti. Najverjetneje gre za lokalno onesnaženje, oziroma z območja Iške loke.

Zaključki

Izviri so pomemben hidrodinamičen element, ki nam omogoča podrobnejšo spremljavo količinskega in kakovostnega stanja podzemne vode v vodonosniku ali vodonosnem sistemu. V primeru Ljubljanskega barja so izviri na njegovem južnem obrobju eden ključnih parametrov pri spremljavi stanja podzemne vode v napajalnem zaledju Krimsko-Mokrškega hribovja.

V primeru Ljubljanskega polja je v osrednjem delu tega območja razmeroma dovolj opazovalnih vrtin, praktično nič pa jih ni na njegovem južnem in vzhodnem obrobju, kjer podzemna voda izdanja v izviri. Z analizo dosedanjih sporadičnih meritev teh pretokov in sedaj vzpostavljene opazovalne mreže smo ugotovili tesno povezanost količinskega stanja teh izvirov s stanjem gladine Save in njene struge v preteklosti. Ta povezanost kaže, da je upadanje pretokov izvirov in tudi gladin podzemne vode predvsem posledic sprememb na strugi Save.

Dosedanje meritve pretokov teh izvirov smo ovrednotili in določili kategorije nizkega, srednjega in visokega stanja ter posameznih vmesnih stanj. Tako smo ovrednotene podatke uporabili za oceno dolgoročnega trenda količinskega stanja obravnavanih vodnih virov.

Na novo vzpostavljen monitoring izvirov je tudi jasno nakazal razliko v kakovostnem stanju izvirov na Ljubljanskem barju in Ljubljanskem polju. Za podzemno vodo iz izvirov na Ljubljanskem barju lahko ugotavljamo

dobro ali celo visoko kakovostno stanje, medtem ko je kakovostno stanje podzemne vode iz izvirov na Ljubljanskem okolju ogroženo.

Literatura

- Breznik, M. 1975: Podtalnica Iškega Vršaja. – Geologija, 18, 289-309, Ljubljana.
- Breznik, M. 1980: Gospodarjenje s podtalnico Ljubljanskega polja s povečanjem njene zmogljivosti, V. Del, končno poročilo, arhiv JP Vo-Ka, Ljubljana.
- Breznik, M. 1981: Podtalnica Ljubljanskega polja, Povečanje zmogljivosti in gospodarjenje, I. del, Ljubljana.
- Breznik, M. 1983: Zmogljivost črpališča Brest v sušni dobi, arhiv JP Vo-Ka, Ljubljana.
- Breznik, M. 1993: Bodočnost Ljubljanskega vodovoda I. Del poročila, arhiv JP Vo-Ka, Ljubljana.
- Brilly, M. 1983: Izračun gladin podtalnice Ljubljanskega polja v sušnem obdobju 1983-1984, Ljubljana.
- Kokolj, L. & Andjelič, J. 1978: Podatki meritev pretokov na Iški, Išiči in na izviri ob robu Ljubljanskega barja, GeoZS, Ljubljana.
- Mencej, Z. 1976: Hidrogeološke razmere na zahodnem obrobju Ljubljanskega barja, GeoZS, Ljubljana.
- Novak, D. 1977: Meritve pretokov izvirov Iškega vršaja, GeoZS, Ljubljana.
- Žibrik, K. 1969: Hidrološke razmere obstoječega režima podtalne vode Ljubljanskega polja, I. del, Ljubljana.
- Žlebnik, L. & Novak, D. 1984: Geološke in hidrogeološke razmere na območju zajetih in perspektivnih vodnih virov v občini Vič-Rudnik, GeoZS, Ljubljana.
- Žlebnik, L. 1968: Poročilo o geoloških in hidrogeoloških razmerah na Ljubljanskem polju, GeoZS, Ljubljana.
- Žlebnik, L. 1972: Poročilo o ogledu izvirov na južnem obrobju Barja, Poročilo GeoZS, Ljubljana.
- Žlebnik, L. & Novak, D. 1976: Vršaj Iške – podatki meritev pretokov Iške in izvirov na južnem obrobju Barja, GeoZS, Ljubljana.
- Žlebnik, L. & Novak, D. 1977: Podatki meritev pretokov izvirov na vzhodnem delu Ljubljanskega polja, GeoZS, Ljubljana.
- Žlebnik, L. 1987: Poročilo o izvedbi raziskovalne naloge: Registracija obtoječih in potencialnih vodnih virov v občini Ljubljana-Bežigrad s predlogom varovanja, GeoZS, Ljubljana.