



2.

Upravljanja z vodami in dejavnosti v vodnem prostoru

PRAVICA DO PITNE VODE IN IZVAJANJE JAVNE SLUŽBE OSKRBE S PITNO VODO

mag. Iztok Rozman

Gospodarska Zbornica Slovenije, Zbornica komunalnega gospodarstva, Dimičeva ulica 13,
1000 Ljubljana

POVZETEK

Državni Zbor republike Slovenije je na svoji 37. izredni seji 25. 11. 2016 slovesno razglasil ustavni zakon o dopolnitvi III. poglavja Ustave Republike Slovenije. Pravica do pitne vode je tako vpisana v Ustavo Republike Slovenije, poleg tega pa je na ustavni ravni sedaj urejena tudi zaščita vodnih virov, ki prednostno in trajnostno služijo oskrbi prebivalstva s pitno vodo in zagotavljanje oskrbe prebivalstva s pitno vodo, ki jo zagotavlja država preko samoupravnih lokalnih skupnosti neposredno in neprofitno. V razpravah, ki so potekale pred spremembo Ustave Republike Slovenije, je bilo izpostavljenih nemalo dilem glede razumevanja besedila ustavne spremembe in njegove izvedbe, ter posledic za urejanje in izvajanje javne službe oskrbe s pitno vodo v praksi, ki je v Sloveniji po splošno sprejetem mnenju razmeroma dobro urejena. V prispevku pojasnujemo pojme povezane s človekovo pravico do pitne vode (in sanitarij), javno službo oskrbe s pitno vodo, lastno oskrbo s pitno vodo in samooskrbo stavb ter možne načine zagotavljanja pravice do pitne vode. Pojasnujemo trenutno ureditev področja oskrbe s pitno vodo v Sloveniji in obravnavamo nevarnost neustreznega urejanja področja oskrbe s pitno vodo. Nakazane so tudi možne rešitve, ki bi jih bilo smiselno upoštevati pri pripravi zakonskih in podzakonskih rešitev na obravnavanem področju, ki morajo biti pripravljene v osemnajstih mesecih po spremembi Ustave RS.

Ključne besede:

Pravica do pitne vode, javna služba oskrbe s pitno vodo, lastna oskrba s pitno vodo, samooskrba stavb

1. Človekova pravica do vode (in sanitarij)

Leta 2010 je Generalna skupščina Združenih narodov sprejela resolucijo, s katero je pravica do vode in sanitarij prepoznana kot človekova pravica na globalni ravni. Človekove pravice do sanitarij, čeprav gre za pravico, ki je tesno povezana s pravico do pitne vode, v nadaljevanju prispevka ne bomo obravnavali.

Najbolj jasno je pravico do vode definiral Komite za ekonomske, socialne in kulturne pravice pri Združenih narodih: "Človekova pravica do vode pomeni pravico vsakogar do zadostne, varne, fizično in cenovno dostopne vode za osebno in gospodinjstvo uporabo" [3]. Gre torej nesporno za človekovo pravico do pitne vode, ki pa ni neomejena in brezplačna. Države bi morale vsakomur zagotoviti pravico do pitne vode za osnovne potrebe v primerni oddaljenosti od bivališča (največ 1 km in največ pol ure hoda), njena cena pa naj ne bi presegala 3% dohodka posameznega gospodinjstva.

Na globalni ravni je človekova pravica do pitne vode opredeljena splošno, saj je dostop do pitne vode odvisen od družbenih, ekonomskih, podnebnih, varnostnih, ipd. razmer v posamezni državi. V Sloveniji je pravica do pitne vode zagotovljena na način, da se s pitno

vodo iz javnega vodovoda, torej z uporabo storitev javne službe, ki jo zagotavljajo občine, trenutno oskrbuje večina prebivalcev (88,6%), 10,9 % prebivalcev pa se oskrbuje z lastno oskrbo s pitno vodo ali s samooskrbo objektov [10]. Ne glede na to in ne glede na cilj, da se delež prebivalstva, ki se bo s pitno vodo oskrbovalo iz javnega vodovoda, v prihodnjih letih poveča za 7,4% [10], pa oskrba s pitno vodo preko javnega vodovoda iz objektivnih razlogov ni izvedljiva v vseh primerih. V Sloveniji bi torej morala, za zagotovitev pravice do pitne vode vsakomur, država omogočati tudi druge možne načine oskrbe s pitno vodo, v izjemnih primerih pa tudi fizično zagotoviti pitno vodo, oziroma dostop do nje, v okviru globalno pripoznanih in zgoraj opisanih kriterijev.

1.1 Pravica do pitne vode v slovenskem pravnem redu

Z dopolnitvijo Ustave RS, oziroma s sprejemom njenega novega 70.a člena je pravica do pitne vode v Sloveniji od novembra 2015 zapisana na najvišji ravni. Pravica do pitne vode sicer ni urejena v II. poglavju Ustave, ki ureja človekove pravice in temeljne svoboščine, temveč v njenem III. poglavju, ki ureja gospodarska in socialna razmerja. Razlog za umestitev novega 70.a člena v III. poglavje je, da nov člen ne ureja zgolj pravice do pitne vode, temveč ureja tudi široki področji zaščite vodnih virov in izvajanja javne službe oskrbe s pitno vodo. V javnem diskurzu pred in po spremembi Ustave RS je bilo slišanih več opozoril, da predvsem vsebine, ki niso neposredno vezane na pravico do pitne vode, niso konsistentno in razumljivo urejene, kar lahko v prihodnosti povzroči ne povsem predvidljive negativne posledice. [11, 12, 13]

Predpisi, uveljavljeni pred spremembo Ustave RS, ki veljajo do sprememb, ki morajo biti pripravljene v 18 mesecih po ustavni spremembi, same pravice do pitne vode ne urejajo nedvoumno, urejajo pa posamezne vsebine povezane z oskrbo s pitno vodo, ki same po sebi pomenijo možnosti za zagotavljanje pravice do pitne vode večini prebivalstva.

Zakon o vodah opredeljuje naravno in grajeno vodno javno dobro, ki ju lahko na način in ob pogojih, ki jih določa zakon, uporablja vsakdo tako, da ne vpliva škodljivo na vode in s tem ne omejuje enake pravice drugim. S tem je dana vsakomur pravica do tako imenovane splošne rabe voda. Rabe vode, ki presega meje splošne rabe in raba podzemnih voda šteje za posebno rabo vode, za katere je potrebno pod zakonsko določenimi pogoji pridobiti vodno pravico na podlagi vodnega dovoljenja ali koncesije, oziroma jo evidentirati. Posebna raba vode za oskrbo s pitno vodo ima že po zakonu prednost pred vsemi rabami vode za druge namene. Večina prebivalcev Slovenije (99,5%) [9] se, kot že rečeno, oskrbuje s pitno vodo iz javnih vodovodov, z lastno oskrbo s pitno vodo, pa tudi s samooskrbo objektov (prestrežena padavinska voda). Samo za nekatere primere, ki v Sloveniji niso pravilo, ostaja področje zagotavljanja človekove pravice do pitne vode neurejeno. Zagotavljanje pravice do pitne vode je nujno ustrezno nasloviti tako na normativni, kot izvedbeni ravni, tudi na podlagi zadnje spremembe Ustave RS.

Predlagamo, da se pogoje za zagotavljanje človekove pravice do pitne vode uredi v zakonu. Za ta namen je nujno predvideti ustrezen upravni postopek, v katerem bi se na zahtevo prosilca individualno preverilo upravičenost in odločilo o načinu in pogojih zagotavljanja pravice do pitne vode.

2. Oskrba s pitno vodo v Sloveniji v luči spremembe Ustave RS

Za izvajanje obvezne občinske gospodarske javne službe oskrbe s pitno vodo se je do sedaj v slovenskem pravnem redu uporabljal pojem oskrba s pitno vodo. Le ta je v osnovi namenjena oskrbi stavb in gradbenih inženirskih objektov, če se v njih zadržujejo ljudje, ali za oskrbo živali, dodatno pa tudi v primerih izvajanja občinskih ali državnih javnih služb, namakanja in čiščenja javnih površin, oskrbe javnih hidrantnih omrežij za gašenje požarov, splošne rabe na javnih površinah (pitniki) in pranje ali namakanje površin, ki pripadajo oskrbovani stavbi (največ do 50 m³/leto).

S četrtem odstavkom novega 70.a člena Ustave RS je ustavodajalec korenito in ne dovolj premišljeno posegel v zgoraj opisano ureditev. Iz javnega diskurza je povsem očitno, da je besedilo četrtega odstavka nedomišljeno, saj prihaja do opozoril o nejasnosti in različnih tolmačenj, tako iz strokovnih kot tudi laičnih krogov.

Najprej želimo opozoriti na uporabo novih pojmov, ki niso identični sedaj uveljavljenim. Uporaba pojma "oskrba prebivalstva s pitno vodo in z vodo za oskrbo gospodinjstev", ki jo zagotavlja država preko samoupravnih lokalnih skupnosti neposredno in neprofitno, odpira več vprašanj, kot daje odgovorov. Ključno vprašanje je, ali navedena dikcija celotno paleto oskrbe s pitno vodo, torej obvezno javno službo oskrbe s pitno vodo, samooskrbo objektov, lastno oskrbo s pitno vodo, pa tudi zagotavljanje pravice do pitne vode, prenaša v pristojnost države in torej v delu javne službe oskrbe s pitno vodo odvzema izvirno pristojnost občinam, v delu samooskrbe objektov in lastne oskrbe s pitno vodo pa pravico prebivalcem, da sami uredijo oskrbo s pitno vodo tudi v primerih, če priključitev na javni vodovod iz objektivnih razlogov nikakor ni možna ali upravičena. Prav tako ni povsem jasno ali se, v začetku poglavja opisane storitve obvezne občinske gospodarske javne službe, ki jih ne moremo šteti pod "oskrbo prebivalstva s pitno vodo in z vodo za oskrbo gospodinjstev", s spremembo izločajo iz storitev javne službe kot take in, če temu ni tako, se postavlja vprašanje ali jih po novem zagotavlja država, ali le te ostajajo v izvirni pristojnosti občin. Nejasno je tudi, kaj pomenita pojma "neposredno in neprofitno". Iz obrazložitve [11] v okviru postopka sprememb Ustave RS je razvidna intenca Ustavne komisije, kot tudi ustavodajalca, da se javna služba oskrbe s pitno vodo tudi naprej izvaja v sedanji obliki, izključeno naj bi bilo zgolj izvajanje v obliki koncesionirane javne službe. Presežek prihodkov nad odhodki naj bi se namensko vračal v dejavnost oskrbe s pitno vodo, tudi v prihodnje pa naj bi bila omogočena samooskrba objektov in lastna oskrba s pitno vodo v skladu s predpisanimi pogoji. Čas bo pokazal ali je res tako, vsekakor pa obstaja tveganje, da se sedanji sistem lahko kadarkoli v prihodnosti, z drugačnimi razlagami ustavne določbe, začne v temeljih spreminjati.

V Sloveniji se trenutno javna služba oskrbe s pitno vodo v večini primerov izvaja v obliki javnih podjetij, ki so v lasti občin, kar se je izkazalo za primerno in učinkovito obliko izvajanja javne službe oskrbe s pitno vodo. V javnem diskurzu je bilo izoblikovano večinsko stališče, da sistem javne službe oskrbe s pitno vodo v Sloveniji deluje razmeroma dobro, česar za nekatere druge javne službe, predvsem državne, ne moremo trditi. Seveda so tudi na področju javne oskrbe s pitno vodo v Sloveniji možne, potrebne in dobrodošle spremembe na bolje. Do njih pa bi morali priti z upoštevanjem obstoječih temeljev, domišljeno, na podlagi široke javne in strokovne razprave in brez revolucionarnih sprememb.

Glede na navedeno predlagamo, da se ohrani sistem javne oskrbe s pitno vodo, kjer obvezne storitve izvajajo izvajalci javne službe – javna podjetja v 100% lasti občin, da se ohrani možnost lastne oskrbe s pitno vodo in samooskrbe objektov v sedanji obliki in da država vsakomur, v primerih, kjer izjemoma nobena od prej naštetih oblik oskrbe ni možna, zagotavlja pitno vodo v okviru človekove pravice do pitne vode. Učinkovitost izvajanja javne službe oskrbe s pitno vodo in kontrolo cen je smiselno zagotavljati z uvedbo za vse izvajalce javne službe obveznih orodij, kot je na primer primerjalna analiza izvajanja javne službe oskrbe s pitno vodo, obvezno pa je upoštevanje načela polnega kritja (upravičenih) stroškov.

Z razpravami o spremembah predpisov je potrebno pričeti takoj, tako da bodo pripravljavci predpisov v z Ustavo RS določenem roku, lahko pripravili dobre in izvedljive predloge, ki bodo imeli za cilj uresničiti novo ustavno določbo na način, da bo prišlo do izboljšav sistema oskrbe s pitno vodo, ne pa do njegove degradacije in nazadovanja, kar zagotovo ni bil namen spremembe Ustave, ki je deklarativno priznala pravico do pitne vode vsakomur.

V nadaljevanju so podrobneje pojasnjeni s trenutno veljavnimi predpisi predvideni načini rabe voda, ki se navezujejo na oskrbo s pitno vodo v Sloveniji.

2.1 Splošna raba voda

Zakon o vodah opredeljuje pojem splošne rabe voda. Naravno in grajeno vodno javno dobro lahko, pod pogoji, ki jih določa zakon, uporablja vsakdo tako, da ne vpliva škodljivo na vode, vodni režim in naravno ravnovesje vodnih ter obvodnih ekosistemov in ne omejuje enake pravice drugim [5]. V nasprotju z drugimi rabami voda, za splošno rabo ni potrebno pridobiti vodne pravice in je brezplačna, saj se zanj ne plačuje plačila za vodno pravico in vodnega povračila. Zaradi omogočanja splošne rabe vodnega dobra, je lastnik ali drug posestnik vodnega, priobalnega ali drugega zemljišča dolžan trpeti nekatere omejitve, kot je na primer omogočanje neškodljivega prehoda do vodnega dobra in njegovo splošno rabo vsakomur.

V skladu z veljavno ureditvijo lahko v Sloveniji vsakdo, v okviru splošne rabe, uporablja vodo iz celinskih voda brez uporabe naprav. Uporaba vode vključuje tudi njeno pitje, če je le ustrezne kakovosti. Ker v celinskih vodah zaradi različnih vplivov ni mogoče zagotavljati ustrezne kakovosti za pitje, je odločitev o pitju vode v okviru splošne rabe odgovornost posameznika. Seveda pa pravice do splošne rabe voda nikakor ni mogoče šteti za zagotavljanje človekove pravice do pitne vode, niti ni institut splošne rabe temu namenjen.

2.2 Javna služba oskrbe s pitno vodo

Oskrba s pitno vodo je bila, v skladu z Zakonom o varstvu okolja, obvezna gospodarska javna služba, do spremembe Ustave RS v izvirni pristojnosti občin. Kot je že navedeno zgoraj, je trenutno oskrba s pitno vodo, z Uredbo o oskrbi s pitno vodo, določena kot oskrba stavb in gradbenih inženirskih objektov, če se v njih zadržujejo ljudje, ali za oskrbo živali. V oskrbo s pitno vodo sodi tudi oskrba stavb in gradbenih inženirskih objektov, v katerih se izvajajo občinske ali državne javne službe, oskrba za namakanje in čiščenje javnih površin, oskrba javnih hidrantnih omrežij za gašenje požarov, splošna raba na javnih površinah (pitniki) in oskrba za pranje ali namakanje zasebnih površin, ki pripadajo oskrbovani stavbi, vendar največ do 50 m³/leto.

V skladu z Zakonom o vodah je oskrba s pitno vodo posebna raba voda, za katero je potrebno pridobiti vodno dovoljenje in za katero je predpisano plačevanja plačila za vodno pravico in vodnega povračila. Vodno dovoljenje lahko pridobi samo občina, ki izvajanje javne službe zagotovi preko izvajalca javne službe.

Zakon o gospodarskih javnih službah trenutno omogoča štiri oblike izvajanja javne službe oskrbe s pitno vodo. Poleg v Sloveniji najbolj pogoste, torej javnega podjetja v lasti občine ali več občin, se oskrba s pitno vodo lahko izvaja tudi v režijskem obratu, v javnem gospodarskem zavodu in z dajanjem koncesij.

Javna služba oskrbe s pitno vodo se izvaja z uporabo javne infrastrukture – javnih vodovodov. Najpogostejša praksa v Sloveniji je, da so javni vodovodi v lasti občin, le te pa jih oddajo izvajalcu javne službe v poslovni najem. Lastniki stavb imajo, v skladu s predpisanimi pogoji, pravico in dolžnost, da stavbe na območjih javnih vodovodov priključijo na javni vodovod in uporabljajo obvezne storitve javne službe oskrbe s pitno vodo. Praviloma se za javni vodovod plača komunalni prispevek, ki se izračuna v skladu z veljavnimi državnimi in občinskimi predpisi.

Izvajalci javne službe oziroma upravljavci javnih vodovodov so dolžni zagotavljati zdravstveno ustreznost pitne vode na odjemnih mestih uporabnikov, oziroma, kadar to ni mogoče sprejemati in izvajati ustrezne ukrepe za zaščito zdravja svojih uporabnikov.

Uporabniki javne službe oskrbe s pitno vodo za storitve plačujejo ceno storitev, ki mora biti oblikovana na predpisan način, in predpisane dajatve (plačilo za vodno pravico in vodno povračilo). Ceno oblikuje in predlaga izvajalec javne službe, sprejema pa jo občina v skladu s svojimi pristojnostmi, za občane pa jo lahko tudi subvencionira. Cena storitev oskrbe s pitno vodo je razdeljena na fiksni (omrežnino) in variabilni del, za katera poenostavljeno lahko rečemo, da so v omrežnino vključeni stroški javne infrastrukture, v variabilni del pa stroški izvajanja storitev oskrbe s pitno vodo. V ceno je lahko vključen omejen dovoljen donos v višini

5% vrednosti poslovno potrebnih osnovnih sredstev izvajalcev javne službe. Višino dajatev določa država.

Poleg vrste državnih predpisov, ki občinam in izvajalcu javne službe postavljajo okvire za opremljanje območij poselitve z javnim vodovodom, izvajanje javne službe, zagotavljanje zdravstvene ustreznosti pitne vode, oblikovanje cene storitev in podobno, pa področje lokalno prilagojeno in podrobno urejajo občinski predpisi, ki ne smejo biti v nasprotju z državnimi. Ker je bilo urejanje javne službe oskrbe s pitno vodo v izvorni pristojnosti občin, je trenutno v skladu z Evropsko listino lokalne samouprave zagotovljeno, da jo urejajo tiste oblasti, ki so državljanom najbližje.

2.3 Lastna oskrba s pitno vodo

Lastna oskrba s pitno vodo je posebna raba voda, za katero je potrebno, v skladu z Zakonom o vodah, pridobiti vodno pravico – vodno dovoljenje, ali pa je potrebno to rabo evidentirati. Lastna oskrba s pitno vodo se lahko izvaja individualno ali pa v okviru zasebnih vodovodov, ki imajo več uporabnikov. Zasebni vodovodi morajo pod določenimi pogoji imeti upravljalca, s katerim lastniki tega vodovoda sklenejo pogodbo. Lastna oskrba s pitno vodo je, v primeru da je stavba priključena na javni vodovod, prepovedana.

Poudariti je potrebno, da tudi lastna oskrba s pitno vodo ni brezplačna. Gradnjo infrastrukture in naprav za lastno oskrbo s pitno vodo morajo zagotoviti uporabniki sami, res pa je, da se sredstev za njeno vzdrževanje ali nadomestitev praviloma ne zbira sistematično, kar med uporabniki ustvarja varljiv občutek, da stroški ne nastajajo. Za lastno oskrbo s pitno vodo se plačujejo predpisane dajatve (plačilo za vodno pravico, vodno povračilo) in stroški, ki nastajajo pri lastni oskrbi. Ti stroški so sicer praviloma nižji, kot pri izvajanju javne službe oskrbe s pitno vodo, vendar na račun zmanjšane kakovosti storitev in tudi manjše varnosti pitne vode, saj je v tem primeru za zagotavljanje zdravstvene ustreznosti pitne vode pred njeno uporabo odgovoren sam uporabnik.

2.4 Samooskrba objektov s pitno vodo

Pojem samooskrbe stavb se v zakonodaji s področij prostorskega načrtovanja in graditve objektov uporablja v povezavi z opremljanjem stavbnih zemljišč in izdaje gradbenih dovoljenj. Samooskrba stavb s pitno vodo, kjer obstaja možnost priključitve na javni vodovod, ni dovoljena. Pojma samooskrba s pitno vodo in lastna oskrba s pitno vodo se v javnem diskurzu pogosto zamenjujeta. Samooskrba objektov s pitno vodo pomeni vsako oskrbo stavbe s pitno vodo, ki ni priključena na javni vodovod in se za to stavbo javne službe oskrbe s pitno vodo ne zagotavlja. Samooskrba s pitno vodo se torej lahko izvaja tudi na način lastne oskrbe s pitno vodo, ni pa to edina možnost. Dovoljeni so tudi alternativni načini zagotavljanja minimalne komunalne oskrbe, ki omogočajo samooskrbo objektov in sledijo napredku tehnike, kot na primer zbiranje kapnice ali shranjevanje pripeljane pitne vode v ustreznih zbiralnikih. Opremo, ki je potrebna za samooskrbo objektov s pitno vodo, mora zagotavljati lastnik objekta, ki je tudi odgovoren za zagotavljanje zdravstvene ustreznosti pitne vode pred njeno uporabo.

Zakon o prostorskem načrtovanju določa, da se komunalna oprema objekta za samooskrbo s pitno vodo lahko uporablja le na območjih, ki niso opremljena oziroma dokler niso opremljena z javnim vodovodom.

3. Zaključki

Sistem javne službe oskrbe s pitno vodo v Sloveniji je robusten in razmeroma dobro in stabilno deluje. V interesu prebivalcev Slovenije in vseh deležnikov, ki so vključeni v sistem je, da na postavljenih temeljih poskrbimo za njegove izboljšave in na podlagi novembra 2016 spremenjene Ustave RS ohranimo in izboljšamo oskrbo s pitno vodo v Sloveniji in na ustrezen način zagotovimo pravico do pitne vode vsakomur.

Izboljšave sistema je nujno uvajati premišljeno, v tesnem sodelovanju s stroko in ob široki javni razpravi. Razpad sistema bi lahko pripeljal do nepredvidljivih in težko popravljivih škodljivih posledic.

Slovenski pregovor pravi, da razlite vode ne moremo nikoli dobiti nazaj. Ne razlijmo je.

4. Viri

- [1] Ustava Republike Slovenije, (Uradni list RS, št. 33/91-I, 42/97, 66/2000, 24/03, 69/04, 68/06, 47/13 in 75/16).
- [2] Resolucija 64/292 o človekovi pravici do vode in sanitarij, 2010. Generalna skupščina Združenih narodov. <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/64/292&lang=E> [dostop 11. januar 2017].
- [3] Splošni komentar št. 15: Pravica do vode, 2003. Združeni narodi, Komite za ekonomske, socialne in kulturne pravice. <http://www.refworld.org/docid/4538838d11.html> [dostop 11. januar 2017].
- [4] Zakon o varstvu okolja, (Uradni list RS, št. 39/06 – uradno prečiščeno besedilo, 49/06 – ZMetD, 66/06 – odl. US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09 – ZPNačrt-A, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15 in 30/16).
- [5] Zakon o vodah, (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14 in 56/15).
- [6] Zakon o graditvi objektov, (Uradni list RS, št. 102/04 – uradno prečiščeno besedilo, 14/05 – popr., 92/05 – ZJC-B, 93/05 – ZVMS, 111/05 – odl. US, 126/07, 108/09, 61/10 – ZRud-1, 20/11 – odl. US, 57/12, 101/13 – ZDavNepr, 110/13 in 19/15).
- [7] Zakon o prostorskem načrtovanju, (Uradni list RS, št. 33/07, 70/08 – ZVO-1B, 108/09, 80/10 – ZUPUDPP, 43/11 – ZKZ-C, 57/12, 57/12 – ZUPUDPP-A, 109/12, 76/14 – odl. US in 14/15 – ZUUJFO).
- [8] Zakon o gospodarskih javnih službah (Uradni list RS, št. 32/93, 30/98 – ZZLPPO, 127/06 – ZJZP, 38/10 – ZUKN in 57/11 – ORZGJS40).
- [9] Uredba o oskrbi s pitno vodo, (Uradni list RS, št. 88/12).
- [10] Operativni program oskrbe s pitno vodo, 2015. Vlada RS. http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/varstvo_okolja/operativni_programi/op_oskrba_s_potno_vodo_2016_2021.pdf [dostop 11. januar 2017].
- [11] Poročilo o pripravi Predloga ustavnega zakona o dopolnitvi III. poglavja Ustave Republike Slovenije in o pripravi Predloga odloka o razglasitvi ustavnega zakona o dopolnitvi III. poglavja Ustave Republike Slovenije. Državni zbor RS, Ustavna komisija. <http://imss.dz-rs.si/imis/295c7356c294eebf4b74.pdf> [dostop 11. januar 2017].
- [12] Razprava: Razprava PITNA VODA, naslednji koraki.... Klub Akcija4Generacij. <https://www.youtube.com/watch?v=jiQA0ftfQLU> [dostop 11. januar 2017].
- [13] GANTAR P., 2015. Ustava in voda: za ponovni premislek. Dnevnik. <https://www.dnevnik.si/1042754757> [dostop 11. januar 2017].
- [14] Evropska listina lokalne samouprave, 1985. Svet Evrope. http://www.svetevrope.si/sl/dokumenti_in_publikacije/konvencije/122/ [dostop 11. januar 2017].

DOBRO UPRAVLJANJE ZA GOSPODARJENJE Z VODAMI

izr. prof. dr. Andreja Lukšič¹, dr. Lidija Globevnik², Lara Vrtovec³

¹UL, Fakulteta za družbene vede, Kardeljeva ploščad 5, SI-1000 Ljubljana, ²TC Vode, Trnovski pristan 10, 1000 Ljubljana, Slovenija in Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, KSH, Hajdrihova 28, 1000 Ljubljana, ³Semedela 47, 6000 Koper

POVZETEK

Vodni problemi so kompleksni in nepredvidljivi po naravi. Žal, je bila pozornost družbe v zadnjem obdobju usmerjena zgolj v pravni vidik vode in ne na njene funkcionalne elemente. A kljub mešanih mnenj o politični domeni vode, ena spoznanje ostaja jasno- brez ustreznega pravnega okvirja za upravljanje, vodni sistemi, bodisi v javni ali zasebni domeni, bo gospodarjenje ostalo neučinkovito. Ministrska deklaracija o varnosti vode v 21. stoletju, sprejeta v Haagu leta 2000, poudarja pomen dobrega vodnega upravljanja (»good governance«), tako da bodo interesi vseh vpletenih akterjev zajeti v gospodarjenje vode (»water management«). Naš namen je doseči okoljsko učinkovito in demokratično sprejemljivo večravenno upravljanje z vodami, kar se bo kasneje odražalo v gospodarjenju z vodami. A tu naletimo na dilemo – kaj razumemo pod pojmom upravljanja in kaj pod gospodarjenjem z vodami? Kakšna je razlika med njima in kako jih v Sloveniji obravnavamo? Le z jasnim redefiniranjem ločnice med upravljanjem in gospodarjenjem bomo lahko zagotovili učinkovito izvajanje obeh dejavnosti hkrati in tako presegli oviro nerazumevanja znotraj vodnega sektorja. Upravljanje z vodami naj bi se tako nanašalo na vse javne politike in pravno-formalne okvire vezane nanj, ki so produkt dela institucionalno oblikovanih sistemov znotraj vodnega sektorja. Ostale aktivnosti, katere neposredno izvajajo naloge vezane na učinkovito rabo vode in vodnega prostora, pa lahko strnemo pod pojem gospodarjenje z vodami. Oba termina se hkrati tesno prepletata in v nekaterih primerih tudi prekrivata. Namen članka je tako s kvantitativno metodo (anketnim vprašalnikom) razkriti razumevanje urejanja voda s strani javnosti v Sloveniji in ponovno odpreti vprašanje po potrebi uporabe terminov »gospodarjenje« in »upravljanje« z vodami v slovenskem vodnem sektorju.

Ključne besede:

kompleksni vodni problemi, upravljanje z vodami, gospodarjenje z vodami, vodna politika, anketni vprašalnik

1. Uvod

Dobro vodno upravljanje je predpogoj za izvajanje dobrega vodnega gospodarjenja. O tem ni dvoma. A kaj nastopi, ko termina »vodno gospodarjenje« ni. Oziroma, ko slednji ni formalno opredeljen in/ali odobren ter splošno uporabljen s strani tistih, ki bi ga morda najbolj potrebovali? Četudi je vodna kriza v veliko primerih »zgolj« odsev pomanjkljivega vodnega upravljanja, slednje ni tisto, kar bi lahko samo po sebi prišlo do rešitve vseh tegob. Saj zaradi kompleksnosti vodnih vprašanj, zgolj en način upravljanja ne more biti odgovor na vse izzive, s katerimi se srečujemo znotraj vodnega sektorja.

Preden j sodimo o tem, ali zares potrebujemo vključiti oba termina v vsakdanje delovanje vodne stroke je potrebno opredeliti kje sta slednja uporabljena v dosedanjem pravnem okvirju, bodisi

na nadnacionalni kakor tudi na nacionalni ravni. Kako ju ekonomska sfera, kot izhodišče nastanka, opredeljuje. Ter odnos javnosti do le-teh. Podrobneje, ali razumevanje splošne javnosti dosega dovolj visoko raven, da bi slednja bila lahko vendarle izkoriščena za pomen, za katerega sta bila tudi definirana.

2. Razumevanje razlik

Termina »upravljanje« in »gospodarjenje«, poleg »izvajanja« sta se kot organizacijski funkciji razvili z namenom urejanje razmerij znotraj podjetij. Ekonomska razlaga »upravljanje« enači s funkcijo lastništva podjetja, saj so lastniki bili tisti, ki so lahko neposredno in svobodno razpolagali s svojo lastnino ter hkrati ščitili svoje interese. Kasneje, se je zaradi razširitve zaposlenih, kapitala ipd. znotraj podjetij, ta funkcija razdelila na lastništvo in gospodarjenje (ali s tujko »menedžment«). Razlog je tičal v temu, da lastniki preprosto niso bili več zmožni neposredno vplivati na poslovanje svoje vse bolj obsežnejše lastnine. To dolžnost so prepustili profesionalnim menedžerjem. Njihova nova naloga od tedaj obsega zgolj funkcijo nadzora. Slednji poteka v smislu vodenja poslovanja podjetja v skladu s prvotno zastavljenimi interesi. Funkcija upravljanja se tako pretvori v proces, kateri skuša ohranjati oblast v rokah nosilca upravljanja (t. j. lastnika) ter poslovanje znotraj prvotno zastavljenih smernicah (Lipovec 1987, 47– 52). Upravljanje ohranja položaj nadrejenega v razmerju do gospodarjenja. Upravljanje mora voditi ter nuditi predhodno načrtovani celostni delovni okvir. Kot tako pa se ne sme prekrivati z gospodarjenjem, saj slednje skrbi za organizacijo samega dela in izvajanja nalog. Kjer je upravljanje usmerjeno v »narediti pravo stvar«, je gospodarjenje usmerjeno v »narediti stvari na pravilen način«. V literaturi namesto »gospodarjenja«, lahko naletimo tudi na termin »ravljanje«, kjer tujko »menedžerji« nadomestijo »ravnatelji«. Podrobneje, so slednji opredeljeni kot skupina ljudi, ki je odgovorna, da delo poteka v skladu z navodili lastnika. Obsega pa dnevne posle izvajanja programov poslovanja v kontekstu strategij, politik, procesov in postopkov, katere je vzpostavil upravni organ (oz. lastnik) (The World Bank 2016, 71). Jasne ločnice med njima velikokrat ni moč zaslediti. Res je, da se odločitve pričnejo z upravljanje in nadaljujejo z gospodarjenjem, a na mejo vpliva predvsem stopnja razvitosti in velikost programa poslovanja. Manj razvita podjetja ali programi poslovanja potrebujejo več časa za oblikovanje formalnih oblik upravljanja. Manjša pa lahko izrabijo omejeno število kadrovske in finančne sredstev, tako da združijo upraviteljske in gospodarske naloge, ali zahtevajo od upraviteljskih teles večjo vključenost v vsakdanja menedžerska opravila (The World Bank 2016, 71).

Upravljanje je izziv za vsako zasebno podjetje ali javni sektor. Znotraj vodnega sektorja pa je zadeva še toliko bolj zapletena. Tuja referenčna literatura opredeljuje »vodno upravljanje« ali »upravljanje z vodami« kot obseg političnih, družbenih, ekonomskih in administrativnih sistemov za razvoj in gospodarjenje vodnih virov ter nudenja storitev za rabo vode, na različnih družbenih ravneh. Pri tem pa ločuje zunanje in notranje vodno upravljanje. Notranje obsega oblikovanje družbenih sporazumov, kateri opredeljujejo lastninske pravice ter strukturo vodenja za njihovo uveljavitev (npr. vodna zakonodaja). Zunanje upravljanje pa v grobem vključuje vplive s strani družbe, »trenutne« vlade, pa tudi ekonomskih dejavnikov – kot so npr. mednarodni trgovinski sporazumi (povzeto po Rogers in Hall 2003, 16– 17). Vodno upravljanje temelji na dveh ključnih vrednotah: inkluzivnosti (zagotavljanju, da so vsi člani skupine enako obravnavani) ter odgovornosti (zagotavljanju, da vsi odgovarjajo ne samo za svoje napake, ampak tudi zasluške). Dobro vodno upravljanje je odvisno od številnih dejavnikov. Med njimi se uvršča stopnja legitimnosti, moč pravnih ter regulatornih okvirov, učinkovitost teles za izvajanje, volje ljudi do izboljšanja upravljanja ter višina investicij. Seveda, je vsak izmed teh faktorjev izmikajoč, saj velikokrat nima prioritete na dnevnem redu države (The World Bank 2006, 21).

Kakor vemo, se voda neprestano premika skozi čas in prostor, skladno s hidrološkim ciklom. Termin »gospodarjenje z vodami« ali »vodno gospodarjenje«, za katerega lahko zasledimo tudi

izraz »vodni menedžment«, zajema različne dejavnosti in discipline brez enotne definicije. V širšem smislu ga lahko razdelimo v tri kategorije: gospodarjenje vodnih virov, gospodarjenje vodnih storitev ter gospodarjenje z odločitvami, katere zagotavljajo ravnotežje med ponudbo in povpraševanjem. Gospodarjenje z vodami, katerih obseg gre preko izvajanja zgolj konkretnih nalog, ni zgolj tehnično vprašanje. Saj zahteva kombinacijo aktivnosti načrtovanja, razporejanja, izvajanja ter vodenja, kateri vključujejo tako spremembe ukrepov, cen in drugih spodbud, kakor tudi ravnanje z infrastrukturnimi ter fizičnimi napravami (Banovec 2011, 205; World Water Development Report 2012).

3. Pravna podlaga med teorijo in prakso

Prvi zameti gospodarjenja z vodami so za rešitev vodnih izzivov zajemali zgolj gradnjo centraliziranih infrastrukturnih objektov v velikem merilu, kot so jezovi in rezervoarji. Tovrstno gospodarjenje je kazalo očitne znake pomanjkljivosti, katere so vodni strokovnjaki začeli obravnavati leta 1992 na Mednarodni konferenci o vodi in okolju v Dublinu. Dublinska načela so med prvimi začela zmanjševati pomen infrastrukture in poudarjati pomen izboljšanja gospodarjenja. Kar se je pozneje tudi pokazalo pri oblikovanju novega Integriranega pristopa gospodarjenja z vodami (IWRM). Desetletje kasneje, je Haaški Drugi svetovni forum o vodah to spoznanje le potrdil z izpostavitvijo nove vloge vodnega upravljanja kot nadrejenemu v razmerju do gospodarjenja, med enega izmed prioritetnih področij za reševanje vodne krize. Kasnejši vrhi in forumi so pomen dobrega upravljanja v vodnem sektorju tudi uvrstili v globalni konceptualni okvir.

Poleg mednarodnih sporazumov uporabo terminov upravljanje ter gospodarjenje lahko v Evropi zasledimo v Vodni Direktivi EU (WFD), Poplavni direktivi (FD), Morski direktivi (MSFD) ter ostalih hčerinskih direktivah. WFD je povzročila institucionalizacijo »premika od vladanja k upravljanju« virov in okolja v Evropi ter zunaj nje. Kot ena izmed pravnih aktov »nove generacije«, je uspela harmonizirati vodno politiko znotraj Evropske Unije. Aspekt poenotenega interesa, kakor ga navaja tudi ekonomska razlaga upravljanja, je tukaj viden. Določitev kriterijev za dosego dobrega stanja vodnih teles, pa slednje le potrjuje. Četudi so njeni proceduralni postopki bili nemalokrat podvrženi kritiki češ, da je preveč kompleksna, slednje lahko razumemo zgolj kot prisposodbo, kakor je zagotavljanje ustreznega vodenja ter predhodno načrtovanega celostnega delovnega okvirja znotraj nekega podjetja. Direktiva je procesno usmerjena zakonodaja. Termin »vodno gospodarjenje« pa se skozi direktivo eksplicitno ne uporablja. Viden je zgolj posredno, preko poudarjanja participacije vseh vpletenih akterjev in splošne javnosti pri oblikovanju Načrtov upravljanja voda. Jasne ločnice med obema termina ni, in ga tudi ni mogoče določiti saj so državam članicam prepuščeni načini oziroma ukrepi za dosego zastavljenih ciljev.

Vodno upravljanje, kakor tudi ekonomska razlaga upravljanja postavljata v ospredje lastništvo. Kakor navaja že Dublinska izjava o vodi in trajnostnemu razvoju (oz. Dublinska načela), spada vzpostavitev in vzdrževanje lastninskega sistema vodnih virov preko načela participativnega gospodarjenja striktno med naloge države (Rogers in Hall 2003, 17). To državno nalogo pa je potrebno razumeti kot del procesa upravljanja. Slovenski pravni red na področju upravljanja z vodami, tako obsega Zakon o vodah, Podzakonske akte ZV-1 ter ostale predpise in pravilnike. V slovenski zakonodaji ni moč najti termina gospodarjenje z vodami. A čemu je to tako? Če vzamemo v primerjavo gozdove v lastni Republike Slovenije – na tem področju te luknje ni moč zaslediti. Primerjalna analiza zakonodaje upravljanja ter gospodarjenja z gozdovi v državni lasti in vodami kaže očitne vezi. Ne zgolj, da oba razpolagata s statusom javne dobrine, ampak jim je skupnega tudi njihova več-funkcionalna vloga v okolju ter soodvisnost pri opravljanju nekaterih funkcij. Upravljanje z gozdovi v lasti RS je zaradi njihove kompleksnosti in nujnosti ohranjanja njihovega gospodarskega, ekološkega in socialnega pomena enovito. Obseg nalog znotraj obeh procesov je opredeljen tudi v predlogu Zakona o gospodarjenju z gozdovi v lasti Republike Slovenije. Jasna opredelitev bo na dolgi rok pripomogla k oblikovanju trajnostnega

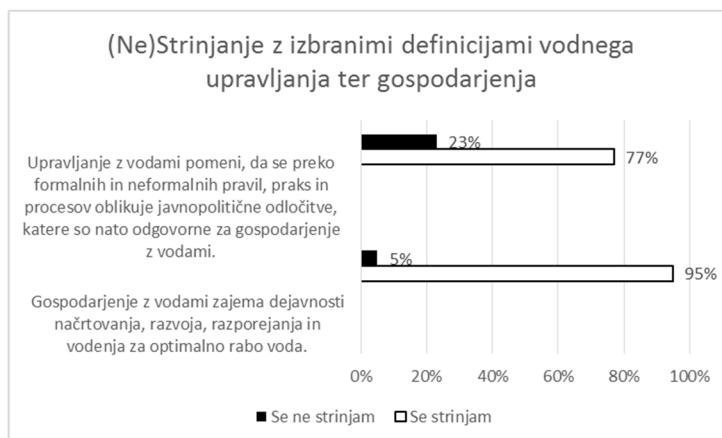
gospodarjenja z gozdovi, kateri se bodo lahko soočali z okoljskimi, pa tudi družbenimi izzivi in tako pripomogli k zagotavljanju vseh funkcij svojim prebivalcem.

4. Kaj pa javnost?

Ne samo stroka, ampak tudi javnost lahko včasih povzroči dodatne razloge, ki pripeljejo do omejenega razumevanja ter uporabe določenih terminov. Anketni vprašalnik naj bi služil razkrivanju prav tega. V okviru kvantitativnega dela raziskave je bilo s pomočjo orodja »EnKlikAnketa - 1ka« izdelana spletna anketa. Anketa je bila na spletu dostopna od 5. 12. 2016 do 21. 1. 2017. Od 243 obiskovalcev, ki so v anketi sodelovali, je v celoti izpolnilo vprašalnik 127 anketirancev. Anketa je vsebovala neverjetnostni vzorec, ki je podpržen napakam zaradi samoizbire (sodelovanje pri odgovarjanju je bilo odvisno od želje obiskovalcev). Zaradi omejitev v vzorcu ni mogoče v vseh primerih zagotoviti zadostne reprezentativnosti, zato so ti rezultati le orientacijski in lahko služijo zgolj kot ilustracija. Anketa je bila objavljena na spletnem mestu Inženirske zbornice Slovenije s pomočjo pojavne pasice, ki je služila kot vabilo za sodelovanje v anketi. Vprašalnik je sestavljalo 20 vprašanj in 57 spremenljivk. Vprašanja so pokrivala različna področja, katera so bila razdeljena v štiri tematske sklope. Prvi sklop je zajemal sociodemografske značilnosti anketirancev. Drugi sklop se je nanašal na poznavanje terminov vezanih na vodo. V tretjem sklopu smo želeli pridobiti podatke vezane na izvajanje upravljanja z vodo. Ter zadnji, četrti sklop se je nanašal na neposredne deležnike vezane na vodno upravljanje.

Populacija, ki je bila vključena v anketiranje je bila izbrana naključno. Vzorec zajema starostno skupino nad 21 let, saj pod to starost ni bilo anketirancev. Polovica jih je bilo v starosti od 21 do 40 let, 40% med 41 in 60 leti in le 10% nad 61 leti. Anketiranih pa je bilo v celoti 145 oseb. Od pregleda demografskih vprašanj lahko sklenemo naslednje: od skupnega števila izprašancev je bilo 41% ženskega in 59% moškega spola. Največ anketirancev (68%) ima dokončano višjo strokovno šolo ali fakulteto, sledijo jim magistri in doktorji znanosti (23%) ter anketiranci z dokončano srednjo šolo (8%). Nižje izobraženih ni bilo. Kar se tiče statusa, se je največ anketirancev opredelilo med zaposlene ali samozaposlene (85%), sledili so jim upokojenci (8%), nezaposleni (4%), dijaki ali študentje (1%) ter ostali (1%). Večina jih tudi prebiva v kraju z/nad 10.000 prebivalci (48%), sledi pa jim naseljeni v kraju do 2.000 prebivalcev (23%), kraju z/nad 2.000 do 10.000 prebivalci (19%) ter hiši na samem, zaselku ali manjši vasi z/do 50 prebivalci (9%). Glede na neto mesečni dohodek pa jih več kakor polovica (59%) razpolaga z zmernim dohodkom (1. 000€– 1. 500€), 30% anketirancev pa z dobrim (nad 1. 500€). Ostalih 11% pa ima dohodek okoli 600€ ali pa ga sploh nima. V drugem sklopu je poleg ostalih vprašanj, vezanih na vodno problematiko bilo anketirancem zastavljeno tudi vprašanje, in sicer ali se strinjajo z definicijami upravljanja ter gospodarjenja z vodami, katere so hkrati povzetek definicij najdenih v tuji literaturi (podrobneje glej Graf 1).

Glede na pridobljene podatke lahko razberemo, da se prevladujoči delež dobro izobraženih anketiranev tudi strinja z obema definicijama terminov. Delež strinjanja ali privolitev v podane trditve pri opredelitvi vodnega gospodarjenja (95%) je višji od istega deleža pri vodnemu upravljanju (77%). Torej, četudi se ta termin ne pojavlja v literaturi in pravni podlagi je razumevanje anketirancev na visoki ravni. Seveda ima slednje svoje prednosti ter slabosti. Po eni strani kaže na pripravljenost ljudi do uvedbe tega termina, po drugi pa mogoče po njeni ne potrebi. Ne glede na to, pomembno je omeniti tudi delež nestrinjanja pri obeh. Večji delež anketirancev (23%) se ne strinja, da je vodno upravljanje to kar je navedeno.



Graf 1- Odstotek anketirancev, ki se (ne)strinja z izbranimi definicijami terminov "upravljanje z vodami" ter "gospodarjenje z vodami".

Kot zaključek pogleda javnosti je potrebno omeniti tudi odstotek pritrdilnih odgovorov na vprašanje »Ali menite, da bi morali izboljšati način upravljanja voda v Sloveniji?«, in sicer 77%. Na nadaljnje zastavljeno vprašanje, o tem kaj bi bilo po njihovem mnenju potrebno izboljšati so bili odgovori (če jih strnemo v sorodne kategorije) naslednji:

- zmanjšati rabo vode na bolj varčnejši nivo,
- izboljšati ozaveščenost prebivalstva o vodi,
- zmanjšati raven onesnaženosti vode,
- zagotoviti učinkovit nadzor pristojnih teles,
- izboljšati vzdrževanje in investicije v vodno infrastrukturo,
- zagotoviti participacijo in sodelovanje vseh vpletenih, bodisi na vertikalni kakor tudi horizontalni ravni,
- začeti upoštevati multidisciplinarnost ter celostno obravnavanje problematike pri sprejemanju odločitev,
- lotiti se sprejemanja dolgoročnega planiranja in izvajanja načrtov,
- začeti upoštevati ekosistemsko funkcijo vode,
- izboljšati protipoplavne ukrepe,
- urediti vodotoke,
- izboljšati zakonodajo na področju voda.

5. Zaključki

Namen prispevka ni bil podati odgovor na vprašanje kako naj se termina »vodno gospodarjenje« in »vodno upravljanje« definirata, niti predlagati najboljši način kako ju vpeljati v slovenski konceptualni okvir. Ampak poskušati odpreti t. i. okno priložnosti, katero bi sprožilo val novih razprav in prizadevanj za formalni sprejem izbranih strokovnih izrazov v slovenski vodni sektor. Za zaključek naj opozorimo, da tukaj ne gre pozabiti, da sta glede na samo naravo vode, termina »vodno upravljanje« ter »vodno gospodarjenje« visoko kontekstualna koncepta, pri opredelitvi katerih je vedno potrebno upoštevati vrsto vodnega vira katerega se obravnava, značilnosti zemeljskega območja kateri obdaja vodni vir in pa tudi potrebe ter družbeno-ekonomske okoliščine znotraj države. A vendar, pri pregledu tuje literature in primerjanjem s slovensko je zaznati neskladje, katerega bi bilo potrebno čimprej odpraviti. Poudariti velja tudi, da samo sprejetje ustreznih odločitev lahko pripomore k

primernemu razvoju slovenskih vodnih teles, a le če za tem stojita njegov lastnik ob ustrezni podpori stroke.

6. Viri

- [1] BANOVEC, P., 2011. Znanje in usposobljenost za izvajanje integralne državne in lokalne politike pri upravljanju z vodami. V: *Upravljanje voda v Sloveniji*, ur. Jože Volčand, 204–209. Celje: Fit media.
- [2] LIPOVEC, F., 1987. Razvita teorija organizacije. Maribor: Založba Obzorja.
- [3] ROGERS, P. in HALL A. W., 2003. Effective Water Governance. Stockholm: Global Water Partnership.
- [4] The World Bank., 2006. Good Governance for Good Water Management [online]. Environment Matters 2006 — The World Bank Group. Dostopno prek:
<http://siteresources.worldbank.org/INTENVMAT/64199955-1162240805462/21127276/8GoodGovernance.pdf> [dostop 8. januar 2017]
- [5] The World Bank., 2016. Governance and Management [online]. GRPP Sourcebook. Dostopno prek:
http://siteresources.worldbank.org/EXTGLOREGPARPROG/Resources/grpp_sourcebook_chap12.pdf [dostop 8. januar 2017]
- [6] World Water Development Report., 2012. Water Resource Management [online]. V: *UN Water*. Dostopno prek: <http://www.unwater.org/topics/water-resources-management/en/> [dostop 12. januar 2017]

URESNIČEVANJE NAČELA SODELOVANJA JAVNOSTI PRI UPRAVLJANJU VODA V REPUBLIKI SLOVENIJI: KAKO VLADATI SKUPNIM VODNIM DOBRINAM?

mag. Jerneja Brumen

ZRC SAZU, Inštitut za slovensko izseljenstvo in migracije, Novi trg 2, 1000 Ljubljana

POVZETEK

Voda je skupna vsem živim bitjem, saj sodi med temeljne pogoje, ki omogočajo življenje. Toda v antropocentričnem svetu, v katerem človeštvo upravlja z vodami, je odgovornost za stanje voda na nas. Ekološki problemi, ki so skupni vsem, so bili povod za kvalitativno spremembo v procesu odločanja, ko gre za vprašanja narave ter varstva in kvalitete okolja, v katerem prebivajo vsa živa bitja. Aarhuška konvencija je posegla v odločanje glede okoljskih zadev na način, da je javnosti sistemsko zagotovila možnost soodločanja tudi pri upravljanju z vodo kot skupno dobrino. Pričujoči prispevek izpostavlja pomen sodelovanja javnosti na področju upravljanja voda v Republiki Sloveniji. Načelo sodelovanja javnosti, zapisano v Zakonu o vodah, sodi med šest temeljnih načel upravljanja z vodami, zato se pričujoči prispevek osredotoča na vprašanja, kakšno je bilo dosedanje sodelovanje javnosti v procesih sprejemanja načrtov upravljanja z vodami, kako je potekalo sodelovanje javnosti in kako oblast (pristožno ministrstvo), ki je temeljni nosilec izvajanja vključitve javnosti v proces upravljanja voda, razume javnost ter sodelovanje z njo. Sodelovanje javnosti avtorica v prispevku poveže s policentričnim sistemom vladanja skupnim naravnim dobrinam, ki ga je uveljavila politologinja in politična ekonomistka Elinor Ostrom. Ostrom je namreč prepoznala, da sta za smotno upravljanje z naravnimi dobrinami ključni komunikacija in zaupanje med člani skupnosti (glej Ostrom 1990). Prispevek se na koncu bežno dotakne tudi dogodkov v letu 2016, ki so bili povezani z vpisom pravice do pitne vode v ustavo, in vloge, ki jo je pri tem imela javnost.

Ključne besede:

voda, sodelovanje javnosti, upravljanje voda, država, policentrično vladanje, Elinor Ostrom

1. Uvod

Danes je modno govoriti o vodi kot poglavitnem izzivu za človeštvo v bližnji prihodnosti. Pomanjkanje pitne vode, ki nam bi naj grozeče pretilo v bližnji prihodnosti, je postalo celo varnostno vprašanje (cf. Kajfež Bogataj 2014, 224–233).¹ Teza, ki napoveduje pomanjkanje

¹ "Spori zaradi vode na našem planetu niso nov pojav, opazimo pa lahko, da postajajo vse pogostejši in intenzivnejši. Za to je mnogo vzrokov, od povečevanja števila prebivalstva na planetu do sprememb življenjskega sloga, zlasti prehrane, in nenehne gospodarske rasti, ki je tudi »žejna«. Če k temu dodamo še vse očitnejše podnebne spremembe, nas naraščajoče število sporov ne preseneča. V celotnem 19. stoletju je bilo 13 resnih vodnih sporov, v 20. stoletju pa že 101. Samo v desetih letih tega stoletja jih je bilo že 108. Pri tem gre predvsem za spore med različnimi narodi glede istega vodnega vira oziroma porečja. /.../ Nekateri spori se srečno končajo, drugi prerastejo v krizna žarišča. Značilna posledica sporov za vodo so tudi begunci.

vode, je povsem logična, če predpostavljamo, da bomo vodo izrabljali na takšen način in v tolikšni meri, kot smo jo doslej ob hkratnem povečanju prebivalstva. Sklepanje na način "ceteris paribus" nas torej napeljuje h konstrukciji najslabšega možnega scenarija. Scenaristika je te dni popularna, a zamišljanje najslabšega možnega scenarija ne prinese konstruktivnih predlogov, še manj prispeva h konstruktivnemu razmišljanju.

Kljub temu, da je okoljsko gibanje že pred časom postalo globalno, in navkljub že številnim sprejetim ukrepom, ki bi naj izboljšali "stanje okolja", se globalno gledano soočamo z neugodno situacijo na področju naravnih pogojev, ki omogočajo našo eksistenco. Poleg naravnih pogojev, se pravi zemeljsko danih pogojev, ki omogočajo najosnovnejšo eksistenco v smislu preživetja, uspemo s pogoji, ki jih ustvarjamo sami, se pravi s pogoji, ki imajo izvor v človeškem delovanju, ogrozati obstoj naravnih pogojev naše eksistence. *Nezmernost* na področju pogojev, ki jih ustvarjamo sami, generira številna protislovja, ki jih sicer poskušamo reševati, a očitno se jih lotevamo na neustrezen način. Razlogov za tovrstno stanje je seveda mnogo – od znanstvenih do tistih, ki so povsem praktične narave in so kot takšni plod nepremišljenih odločitev. Sama menim, da je večini razlogov skupna hrematistična² obravnava narave ter podcenjevanje učinkov nepremišljenega delovanja. Številni namreč podcenjujejo moč pogojev, ki jih ustvarjamo sami (z delovanjem v naravo). Narava in njene dobrine so prevečkrat obravnavane kot strateške surovine in kot vir, ki jih v imenu razvoja in povečevanja gospodarske rasti izkoriščamo, kar pa povzroča številne ekološke probleme.

Nakopičeni ekološki problemi, ki prizadenejo živo naravo nasploh (so torej skupni ljudem, živalim, rastlinam itd.), postavljajo zahtevo tako po premisleku znanstvenih konceptov kot zahtevo po premisleku dosedanjega odločanja. Področje voda je skupno vsem živim bitjem, saj je voda temeljni pogoj življenja. Toda v antropocentričnem svetu, v katerem človeštvo upravlja z vodami, pa je odgovornost za stanje voda na nas. Kaj počnemo z vodo in kako gospodarimo z njo, terja seveda številne odgovore. V pričujočem prispevku se bom zato osredotočila le na segment odločanja znotraj obsežnega področja upravljanja voda.

Politologija kot veda, ki se med drugim ukvarja s preučevanjem političnega delovanja in odločanja, lahko na tem mestu prispeva zlasti premislek o dosedanjem sprejemanju ter izvajanju odločitev na področju upravljanja voda. Če izhajam iz prvega politološkega premisleka o gospodarjenju z vodami v Sloveniji (glej Lukšič in Bahor 2008)³, upravljanje voda počasi postaja predmet politološkega premišljanja v okviru interdisciplinarnega raziskovanja upravljanja voda. Glede na to, da je upravljanje voda v Sloveniji v pristojnosti države, ki je sicer klasični politološki koncept, je vodarsko stroko in zainteresirano javnost smiselno seznaniti še z nekaterimi drugimi politološkimi koncepti, ki lahko osmislijo dosedanje in prihodnje politično delovanje na področju upravljanja voda. V pričujočem prispevku se bom zato

Na svetu je že sedaj več milijonov ljudi, ki so zaradi pomanjkanja vode postali begunci" (Kajfež Bogataj 2014, 225).

² Hrematistika je nasprotje ekonomije, katere cilj je blaginja. Hrematistika se ukvarja s kopičenjem finančnih virov.

³ Izhajam iz prispevka *Politološki pogled na gospodarjenje z vodami v Sloveniji* iz leta 2008 (Lukšič in Bahor 2008), v katerem sta se avtorja ukvarjala z refleksijo razmerij med stroko, politiko ter javnostjo v vseh treh dimenzijah politike (policy-polity-politics) na področju gospodarjenja z vodami v Sloveniji. Avtorja sta v prispevku reflektirala strukturna razmerja in na njih utemeljene odnose med vpletenimi akterji, da bi omogočila pogled od zunaj na komunikacijski in odločevalski proces z namenom, da bi vodarska stroka svoje ravnanje v komunikacijskih in odločevalskih procesih uskladila s strukturno spremembo, ki je nastala med vodarsko stroko in politiko.

osredotočila na pomen sodelovanja javnosti⁴ ter na pomen policentričnega sistema vladanja, ki ga je na področju raziskovanja skupne lastnine uveljavila politologinja in politična ekonomistka Elinor Ostrom. Ostrom je namreč prepoznala, da sta za smotrno upravljanje naravnih dobrin ključni komunikacija in zaupanje med člani skupnosti (glej Ostrom 1990). V premisleku pa se bom na koncu prispevka bežno dotaknila tudi dogodkov v letu 2016, ki so bili vezani na vpis pravice do pitne vode v ustavo.

2. Aarhuška konvencija, evropska vodna direktiva, zakon o vodah in sodelovanje javnosti

Politologija razume javnost kot nepogrešljivo za delovanje demokracije. V javnosti državljanke in državljani kritično razpravljajo o delovanju oblasti. Sodelovanje javnosti je na okoljskem področju najbolj neposredno zagotovila Aarhuška konvencija. Aarhuška konvencija oziroma Konvencija o dostopu do informacij, udeležbi javnosti pri odločanju in dostopu do pravnega varstva v okoljskih zadevah "je normativni akt, ki javnosti in okoljskim akterjem dopušča vstop v komunikacijske procese, /.../, da razpravljajo o politiki, programih, načrtih, normativnih aktih itd., ki se nanašajo na okolje" (Lukšič 2002, 329). Republika Slovenija je Aarhuško konvencijo ratificirala leta 2004 z Zakonom o ratifikaciji Konvencije o dostopu do informacij, udeležbi javnosti pri odločanju in dostopu do pravnega varstva v okoljskih zadevah. Njen zgodovinski pomen je v tem, da je posegla v odločanje glede okoljskih zadev na način, da je tistim, ki so bili pred njenim sprejetjem izključeni, sistemsko zagotovila možnost soodločanja za skupno dobro. Ekološki problemi, ki so skupni vsem, so torej povzročili kvalitativno spremembo v procesu odločanja, ko gre za vprašanja narave in kvalitete okolja v katerem prebivajo vsa živa bitja.

Z ratifikacijo Aarhuške konvencije se je tudi v političnem sistemu Republike Slovenije sprožila zahteva po kvalitativni spremembi procesa sprejemanja političnih odločitev in zahteva po spremembi delovanja političnih institucij. Vključevanje državljanek, državljanov, prizadete in/ali organizirane javnosti v procese odločanja in implementacije na okoljskem področju je torej postalo zakonska norma. Poleg določil Aarhuške konvencije pa je sodelovanje javnosti vgrajeno še v nekatere druge normativne akte, ki urejajo varstvo okolja v Republiki Sloveniji. Načelo sodelovanja javnosti v Zakonu o vodah sodi med šest *temeljnih načel* upravljanja z vodami, ki so opredeljena v tretjem členu zakona. V luči ciljev pričujočega premisleka je zato smiselno pogledati: kakšno je bilo dosedanje sodelovanje javnosti v procesih sprejemanja načrtov upravljanja z vodami, kako je potekalo sodelovanje javnosti in kako oblast (pristožno ministrstvo), ki je temeljni nosilec izvajanja vključitve javnosti v proces upravljanja voda, razume javnost ter sodelovanje z njo.

⁴ Beseda javno označuje dva med seboj tesno povezana, toda nikakor ne identična pojava: "Prvič pomeni, da lahko vsakdo vidi in sliši vse, kar se pojavi pred občestvom, s čimer temu pripade kar največja javnost. Če so drugi nekaj videli in dojeli tako, kot mi sami, potem je to v človeškem svetu dejansko" (Arendt 1996, 52). "Drugič pomeni pojem javnega svet sam, kolikor nam je skupen in se kot tak razlikuje od tistega, kar je privatno, torej od kraja, ki ga imenujemo naša privatna lastnina" (Arendt 1996, 54). V javnosti obstaja pluralnost. Brez pluralnosti pravih prav ni javnosti oziroma področja skupnih zadev. Pluralnost je prav tako pogoj političnega delovanja, ki ga je v politični misli zelo natančno preučevala Hannah Arendt (glej Arendt 1996). Arendt je politiko razumela kot nekaj, kar v obliki besed **in** dejanj obstaja med ljudmi. Ker se politika dogaja na področju človeških zadev je njena temeljna lastnost, da obstaja kot možnost. Možnost predstavlja, da lahko področje človeških zadev vedno urejamo na novo, ko se za to odločimo.

Zakon o vodah (ZV-1) je bil sprejet leta 2002. Doslej je bil že nekajkrat spremenjen. Poleg 58. člena, ki podrobneje opredeljuje sodelovanje javnosti pri sprejemanju načrtov upravljanja z vodami, je Zakon o vodah (ZV-1) na povodjih in porečjih predvideval tudi aktivno sodelovanje javnosti v obliki Konferenc za vode. Konference za vode in njeno delovanje so opredeljevali člani od 163 do 173. Namen ustanavljanja konferenc za vode je bil omogočiti vpliv lokalnih skupnosti, imetnikov vodnih pravic in nevladnih organizacij na upravljanje z vodami. V okviru konferenc za vode bi se oblikoval tudi predstavniški organ – Svet za vode. Svet za vode bi na posameznem območju (npr. porečju) sestavljali: deset predstavnikov lokalnih skupnosti na posameznem območju iz 52. člena Zakona o vodah; deset predstavnikov imetnikov vodnih pravic, ki imajo pravice na tem območju ter pet predstavnikov nevladnih organizacij s področja voda in varstva okolja, ki so registrirane pri pristojnem organu na tem območju. Sveti za vode bi spremljali izvajanje nacionalnega programa upravljanja z vodami, sodelovali bi pri pripravi načrtov upravljanja z vodami (skladno z določbami 58. člena ZV-1) in spremljali bi izvajanje načrtov upravljanja z vodami. Svetom pa je bilo zakonsko omogočeno tudi sprejemanje stališč in možnost dajanja neposrednih pobud Vladi Republike Slovenije.

Zakon o vodah se je v tem delu, kjer je predvideval vzpostavitev Konferenc za vode in Svetov za vode, zelo prilagodil evropski vodni direktivi⁵. Pri pregledovanju strokovne literature sem med drugim naletela na razmišljanje, da “ta del zakona še vedno ni zaživel” (Mikoš 2011, 522).⁶ Leta 2011 oziroma devet let po sprejetju Zakona o vodah se torej del zakona, ki je sistemsko omogočal aktivno sodelovanje javnosti, sploh ni izvajal. Namesto takojšnje zagotovitve implementacije tega dela zakona pa smo se soočili s povsem nesmiselno odločitvijo, saj so bili leta 2012 iz besedila Zakona o vodah črtani prav ti člani (163. – 173. člen), ki so omogočali vpliv lokalnih skupnosti, imetnikov vodnih pravic in nevladnih organizacij s področja varstva okolja na upravljanje z vodami. Namesto sistemsko vzpostavljenega aktivnega sodelovanja javnosti se torej soočamo z oviranjem sodelovanja javnosti na področju upravljanja voda, pri čemer je potrebno izpostaviti, da so nekateri opazili težavno vključevanje javnosti tudi v okviru zakonsko predpisanega sodelovanja javnosti, kot ga opredeljuje 58. člen Zakona o vodah (cf. Banovec 2014, 45–46). V luči zavedanja, da je temeljni nosilec izvajanja vključitve javnosti v proces upravljanja voda Ministrstvo za okolje in prostor, je smiselno analitično pregledati dosedanje aktivnosti in rezultate sodelovanja javnosti v procesu priprave načrtov upravljanja z vodami.

3. Kako je doslej potekalo sodelovanje z javnostjo?

V skladu z evropsko vodno direktivo, ki predstavlja okvir za trajnostno gospodarjenje z vodami s ciljem, da bi se do leta 2015 doseglo dober status vseh voda, je Republika Slovenija morala doslej pripraviti dva načrta upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja, saj v prvem obdobju (do leta 2015) ni izpolnila ciljev. Prvi načrt upravljanja voda se je nanašal na časovno obdobje od leta 2009 do leta 2015, drugi načrt upravljanja voda pa se nanaša na časovno obdobje od leta 2015 do leta 2021.

Pri ocenjevanju dosedanjega sodelovanja javnosti pri pripravi načrtov upravljanja voda je pomembno v prvi vrsti izpostaviti vlogo “Pilotnega projekta Krka” (Tehnična pomoč pri pripravi pilotnega Načrta upravljanja voda na porečju Krke⁷), ki je med drugim “testiral model

⁵ Okvirna direktiva o vodah oziroma *Direktiva 2000/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike*.

⁶ Na enako mnenje – da “Sveti za vode niso zaživel” – sem naletela še v intervjuju z vodarskim strokovnjakom prof. dr. Brillyjem (glej Brilly 2014).

⁷ Projekt je izvajal konzorcij (Hidroinženiring d.o.o., IEI d.o.o. in ECORYS – NEI b.v.), s katerim je Ministrstvo za okolje in prostor leta 2004 podpisalo pogodbo o izvedenju. Projekt

za vključevanje javnosti v proces priprave načrta upravljanja voda” (Vodopivec 2005, 136). V okviru tega pilotnega projekta je namreč bila “velika pozornost namenjena procesu informiranja, posvetovanja in udeležbe javnosti pri celovitem načrtovanju” (Vodopivec 2005, 137). V sklopu aktivnosti pilotnega projekta so se testirale “metode in orodja obveščanja, posvetovalne vloge javnosti in vzpodbujanje njenega vključevanja” (Pek Drapal in drugi 2005, 140). V sklopu projekta pa je bila predvidena tudi priprava priročnika za izvajanje informiranja, posvetovanja in udeležbe javnosti v procesu celovitega načrtovanja.

Na Mišičevem vodarskem dnevu leta 2005 so bile predstavljene tudi izkušnje Pilotnega projekta Krka, ki so se nanašale na obveščanje, posvetovanje in vključevanje javnosti. Vpletenost javnosti je bila v okviru projekta na porečju Krke razdeljena tako na aktivno vključevanje kot na nižjo stopnjo vključevanja, ki sestoji iz obveščanja in komuniciranja (Pek Drapal in drugi 2005, 143). Medtem ko je javnost pri obveščanju in komuniciranju praviloma v pasivnem položaju, je pri aktivnem vključevanju njena vloga sooblikovanje vsebin in vplivanje na končno odločanje. Izvedli so nekaj delavnic, ki so bile namenjene razpravi o ključnih problemih upravljanja z vodami in iskanju morebitnih rešitev zanje za določitev programa ukrepov. Izvajalci so uporabili tudi več različnih orodij obveščanja in komuniciranja (spletno stran projekta, informativni časopis itd.). Vse aktivnosti pilotnega projekta Krka, ki so se nanašale na obveščanje, posvetovanje in vključevanje javnosti, so bile namenjene temu, da projektna skupina preizkusi metode in orodja kot podporo prihodnji implementaciji evropske vodne direktive (Pek Drapal in drugi 2005, 144). Vmesne izkušnje so sodelavci projekta, ki so se ukvarjali s sodelovanjem javnosti, opisali z naslednjimi besedami: “Dosedanje izkušnje Pilotnega projekta Krka kažejo zainteresiranost, zadovoljiv nivo znanja in zavedanje lokalnih deležnikov o pomenu obravnavane problematike in pripravljenost za sodelovanje pri iskanju morebitnih rešitev. Poleg tega so tudi načela in orodja vključevanja in sodelovanja javnosti med deležniki naletela na široko podporo” (Pek Drapal in drugi 2005, 144).

Nato je bil na Mišičevem vodarskem dnevu leta 2007 predstavljen prispevek Prve aktivnosti in izkušnje posvetovanja z deležniki pri pripravi strokovnih podlag NUV 2009 v Sloveniji (Marovt in Bizjak 2007).⁸ Z njim sta avtorja predstavila prve aktivnosti, vsebine, rezultate in izkušnje sodelovanja z javnostjo pri pripravi strokovnih podlag za Načrt upravljanja voda 2009

Krka je trajal 22 mesecev in se je zaključil v letu 2006. Financiranje izvedbe pilotnega projekta je v pretežni meri izhajalo iz evropskih sredstev. Projekt sta sestavljali dve fazi: 1) testiranje novega pristopa pri upravljanju voda skladno z zahtevami vodne direktive, 2) pripravo generalne rešitve odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda na porečju Krke skladno z zahtevami Direktive o odvajanju in čiščenju komunalnih odpadnih voda in Operativnega programa odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode ter pripravo tehnične in investicijske dokumentacije za izbrane investicijske projekte (glej Vodopivec 2005).

⁸ Kot politologinja sem kritična do koncepta »deležniki«. Koncept »deležniki« izhaja iz teorije menedžmenta in se kot nadomestek drugih konceptov, ki poudarjajo demokratično vključenost, čedalje bolj uveljavlja v političnem diskurzu. “Na prvi pogled je termin »deležniki« dobrodošel nov koncept, ki poudarja željo in potrebo po demokratični vključenosti v javne odločitve. Slovenski politični diskurz tako sledi uveljavljanju termina »stakeholders« v akademski in politični rabi na mednarodni ravni, predvsem v skladu z idejami o novih oblikah politične ureditve, strnjenimi v okviru koncepta vladovanja (angl. *governance*) in predlogih vključevanja v okviru t. i. deliberativne demokracije. Vendar je na razvoj in uporabo koncepta tako v akademskem kot političnem diskurzu treba gledati predvsem iz kritične perspektive, saj ta novi koncept vnaša zmedo in priložnosti za legitimizacijo akterjev, ki v okviru »starih« pojmov (npr. državljani/ke, javnost, civilna družba) ne bi bili sami po sebi razumljeni kot legitimni udeleženci demokratičnega odločanja” (Turnšek Hančič 2011, 148–149).

– 2015.⁹ Vloga javnosti je bila ponovno razdeljena na tri ravni: obveščanje, posvetovanje in aktivno vključevanje (cf. Marovt in Bizjak 2007, 66–68). Z ozirom na veljavno normativno ureditev je bistvena pomanjkljivost pristopa, ki sta ga uporabila in opisala avtorja prispevka, uporaba domnevno splošnega pravila, “da ni mogoče komunicirati vsega z vsemi, zato je potrebno skrbno načrtovanje, katere vsebine so namenjene določenim deležnikom in kateri deležniki lahko sodelujejo pri oblikovanju določenih vsebin” (Marovt in Bizjak 2007, 66).¹⁰ Avtorja sta prav tako navedla, da so bile pri načrtovanju in izvedbi aktivnosti uporabljene evropske smernice. “Po evropskih smernicah sta obveščanje in posvetovanje tista načina, ki naj bi postopoma predstavljala utečeni, sestavni del procesa vodnega načrtovanja, medtem ko evropske smernice aktivno vključevanje deležnikov priporočajo” (Marovt in Bizjak 2007, 66). Evropska komisija je resda pripravila smernice o sodelovanju javnosti pri načrtovanju upravljanja povodij, v katerih je zapisala: “Kjer je posvetovanje uspešno, javnost in zainteresirane strani aktivno sodelujejo pri razvoju in izvajanju načrtov za povodja. To vodi k soodločanju, pri katerem obe strani nosita odgovornost za rezultate načrta. Direktiva aktivnega sodelovanja pri razvoju in soodločanja sicer izrecno ne zahteva, velja pa tako ravnanje za najboljšo prakso” (WISE 2008, 2). Ne samo, da številni primeri dokazujejo, da zgodnje in široko vključevanje javnosti prinaša dobre rezultate, uporaba navedene smernice po sprejetju Aarhuške konvencije ni več smiselna, ker je sprejetje Aarhuške konvencije poseglo v pravni red na “horizontalen” način.¹¹ Prav tako pa je Evropska komisija v omenjeni smernici navedla, da “direktiva o vodah priznava, da je njen uspeh odvisen od tesnega sodelovanja z javnostjo in zainteresiranimi skupinami na lokalni ravni ter od njihove vključenosti v ključne odločitve” (WISE 2008, 2), zato je javnost nesmiselno ovirati pri sodelovanju. Država bi si torej morala prizadevati za aktivno vključevanje javnosti in morala bi uvesti ustrezne posvetovalne mehanizme za vodna območja oziroma porečja, ki bi omogočali stalno komunikacijo. Ne glede na pomanjkljiv pristop pa so rezultati delavnice “Problematika vodnega okolja na porečjih in povodjih v Sloveniji” pokazali, da je posvetovanje in sodelovanje potrebno in koristno (Marovt in Bizjak 2007, 71). Rezultati so prav tako pokazali “splošno zadovoljstvo in odobravanje nad pripravo in izvedbo posvetovalne delavnice ter izkazali visoko stopnjo pripravljenosti za nadaljnje sodelovanje” (Marovt in Bizjak 2007, 70).

Omenjena avtorja sta nato leta 2008 na Mišičevem vodarskem dnevu predstavila prispevek Pregled aktivnosti posvetovanja z deležniki v letu 2008 pri izdelavi strokovnih podlag za pripravo NUV 2009 v Sloveniji (glej Marovt in Bizjak 2008). Aktivnosti so bile osredotočene na posvetovanje z deležniki na strokovni ravni v luči priprave prvega Načrta upravljanja voda

⁹ Strokovne podlage za potrebe priprave načrta upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja je pripravljala tudi Inštitut za vode Republike Slovenije. “Z namenom celovitosti procesa in strokovnih podlag je v sodelovanju z Geološkim zavodom Slovenije in zunanjimi strokovnjaki podjetja Pristop Consensus izvedel prve aktivnosti posvetovanja z deležniki” (Marovt in Bizjak 2007, 65).

¹⁰ Navedeno “pravilo” izvira iz pomanjkljivega razumevanja pomena javnosti. Najverjetneje je izpeljano iz izkustva, da je dogovarjanje v pluralnosti (med mnogimi) dolgotrajno. Prav tako je politično delovanje aporetična dejavnost in prav zaradi tega je lahko za sodelujočega “mučno”, ker je potrebno veliko časa. “Vse aporije delovanja izhajajo iz pluralne pogojenosti človeške eksistence, brez katere ne bi bilo niti prostora pojavljanja niti področja javnosti. Zato je poskus, da bi obvladali pluralnost, vedno poskus odpraviti javnost nasploh” (Arendt 1996, 233).

¹¹ “Okoljski predpis je horizontalne narave, če so njegova pravila tako splošna, da se ne uporablja le na nekem ozko začrtanem področju, ampak ga je treba upoštevati in uporabljati na vseh področjih varstva okolja” (Šantej 2013, 258). »Horizontalen« je tak predpis zato, ker sega prek ozkih sektorskih vrtičkov in ga morajo izvajati vsi.

za vodni območji Donave in Jadranskega morja. "Na strokovnih posvetih so z déležniki obravnavali vsebine področij dela upravljanja voda: varstva, urejanja in rabe voda za površinske in podzemne vode" (Marovt in Bizjak 2008, 146). "Osrednje vsebine v letu 2008 je predstavljala izdelava strokovnih podlag za programe stroškovno učinkovitih ukrepov" (Marovt in Bizjak 2008, 148). Kar velja še posebej omeniti je to, da je 83,6 odstotkov udeležencev strokovnih posvetovanj v letu 2008 odgovorilo, "da želi sodelovati pri nadaljnjem vodnonačrtovalskem procesu in pripravi načrtov upravljanja voda, /.../ pri čemer večjo naklonjenost izkazujejo v primeru posvetovanj na lokalni ravni (povodja, porečja, podporečja)" (Marovt in Bizjak 2008, 152). Prav tako se je izkazalo, da "déležniki v lokalnem okolju podrobneje spremljajo in poznajo značilnosti posameznega porečja, podporečja in povodja tako za področje površinskih kot za področje podzemnih voda" (Marovt in Bizjak 2008, 147).¹²

Po izvedenih aktivnostih v letu 2008 so bila v letu 2010 "organizirana regionalna posvetovanja za Načrt upravljanja voda z namenom promocije načrta, preverjanja lokalne problematike in usklajevanja predvidenih ukrepov ter določanja njihove prednostne vloge" (Rejec Brancelj in drugi 2011, 15). "Dobra zastopanost različnih interesnih skupin, povezanih z upravljanjem voda, je prinesla tudi dobre rezultate – tako vsebinsko kot lokalno podrobneje opredeljene" (Rejec Brancelj in drugi 2011, 16). Ponovno je bila torej izpostavljena korist lokalnega preverjanja. V okviru priprave Načrta upravljanja voda na vodnem območju Jadranskega morja in Donave 2015 – 2021 je bilo v oktobru in novembru 2015 organiziranih osem javnih regionalnih posvetovanj (za porečja in povodji) in tri javna sektorska posvetovanja.

"Šele julija 2011 je bila, z letom in pol zamude, sprejeta Uredba o Načrtu upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja /.../, ki uveljavlja NUV za obdobje 2009–2015" (Kodre in Stanič Racman 2013, 83). Pri izvajanju evropske vodne direktive je torej Slovenija kar precej zamujala. Zato ugotovljeno stanje, da do leta 2015 nismo dosegli dobrega stanja vseh vodnih teles¹³, ni moglo biti presenetljivo. S politološkega zornega kota je to stanje možno razložiti tudi na način, da ni bilo delujočega organa (npr. Sveti za vode), ki bi natančno spremljal izvajanje vodne direktive oziroma Zakona o vodah.¹⁴ Prav tako je s politološkega zornega kota možno dodati, da kljub visoki pripravljenosti vključene javnosti za nadaljnje sodelovanje, tega ni mogoče opaziti. Vsem dostopnim poročilom glede izvedbe sodelovanja z javnostjo, ki sem jih pregledala, je najbolj skupno to, da se v glavnem osredotočajo na poročanje o številu udeležencev, številu oddanih komentarjev in na strukturo udeležencev po področjih (vladne službe, nevladne organizacije, gospodarstvo, kmetijstvo itd.) izraženo v odstotkih, premalo pa so osredotočena na analitično usmerjeno obravnavo ponavljajočih se problemov. Načrtom upravljanja voda na vodnih območjih Donave in Jadranskega morja (nanašajoč se na obe obdobji) pa manjka tudi poročilo o tem, kako so podane pripombe in predlogi javnosti dejansko vplivali na končno besedilo, kot to zahteva evropska vodna direktiva.

¹² Inštitut za vode Republike Slovenije je tudi postavil organizacijsko strukturo za delovanje Svetov za vode v skladu z Zakonom o vodah. Na tej točki se črtanje členov (163–173) iz Zakona o vodah pokaže še posebej za nesmiselno, saj bi Sveti za vode kot posvetovalni mehanizem vključevali tudi predstavnike lokalnih skupnosti.

¹³ "Bistvenega izboljšanja stanja vodnih teles v RS v prvem načrtovalskem obdobju 2009 – 2015 nismo dosegli" (Stanič Racman in drugi 2014, 1).

¹⁴ Na tem mestu se ignorantska vloga države do dela Zakona o vodah, ki se je nanašal na vzpostavitev Svetov za vode, ponovno izkaže za zelo nesmiselno, saj bi organizirani Sveti za vode izvršilno vejo oblasti spodbujali k reševanju problemov na področju urejanja voda in bi s tem pripomogli tudi k zgodnejšemu izvajanju evropske vodne direktive.

Glede na izvedene aktivnosti sodelovanja z javnostjo v preteklosti lahko opazimo zgolj občasno sodelovanje z javnostjo, ki pa ni (bilo) časovno predvidljivo. Skozi čas se je struktura izvedenih delavnic spreminjala, prav tako se je spreminjal izvajalec aktivnosti. Dostopni opisi aktivnosti in prosto dostopna poročila kažejo, da so izvedene aktivnosti bile analizirane na način kvantitativne analize, z navajanjem števil v ospredju, brez analitičnega vpogleda o tem, kako javnost oziroma izvedene aktivnosti dejansko vplivajo na izvršilno vejo oblasti, ki sprejema načrte upravljanja z vodami. Prav tako v pregledanih poročilih nisem zasledila analitičnega vpogleda v to, kateri konflikti so v ospredju, kateri sektorji se med seboj ne strinjajo, zakaj se ne strinjajo ter kakšni so dejanski problem na lokalni ravni. Prav tako nisem zasledila analize o tem, kakšno je zaupanje med vključenimi akterji ter kakšne dogovore so morebiti sprejeli. Na tem mestu se še enkrat pokaže, da bi Sveti za vode lahko predstavljali osnovno komunikacijsko formo, v katero bi javnost lahko konstantno usmerjala svojo visoko stopnjo pripravljenosti za sodelovanje pri vodnem načrtovanju, kar pomeni, da bi se komunikacija z javnostjo okrepila. Prav tako bi Sveti za vode predstavljali formo, skozi katero bi bilo javnosti dopuščeno, da oblasti sporoča kritična stališča v zvezi z upravljanjem voda. Kar pa je najbolj bistveno: Sveti za vode bi bili organizirani trajno, kar pomeni, da sodelovanje javnosti ne bi bilo prepuščeno stihiji. Prednosti sodelovalnih pristopov so namreč številne, kar so podkrepile že tudi številne znanstvene raziskave. V nadaljevanju navajam le nekatere, a s politološkega zornega kota gledano, bistvene poudarke.

4. Znanstveni argumenti za sodelovalni pristop pri vladanju skupni naravni dobrini

Elinor Ostrom je prepoznala, da med človekovimi posegi in odzivanjem narave nanje obstaja dinamičen odnos, pri čemer sta za ohranitev skupne naravne dobrine (npr. vode) ključni komunikacija in zaupanje med člani skupnosti. Sodelovalni pristopi počasi, a vztrajno pridobivajo pozornost. Počasnost tega "procesa sprejemanja" je načeloma razumljiva z ozirom na dejstvo, da je članek ameriškega biologa Garretta Hardina z naslovom Tragedija skupne lastnine [ang. *Tragedy of the Commons*] (Hardin 1968) zelo zaznamoval obdobje po objavi. Hardinov članek, v katerem je zapisal, da izraba nekega vira, ki je neomejeno dostopen vsem, zaradi egoističnega ravnanja posameznikov neizogibno vodi v izginotje tega vira, je namreč doživel izjemen odmev. Maksimiranje lastnega dobička je v Hardinovi teoriji racionalna izbira vsakega posameznika, kar pa kasneje vodi v škodo celotne skupnosti. Med letoma 1968 in 1990 je Hardinov članek imel precej vpliva. Biologa Barrett in Mabry sta denimo opozorila, da je Hardinov članek imel precej časa največji vpliv na poklicno usposabljanje ameriških biologov (Barrett in Mabry 2002). Hardinov članek pa ni bil samo eden izmed najbolj pogosto citiranih znanstvenih člankov v drugi polovici dvajsetega stoletja, ampak je spodbudil številne razprave tako na področju naravoslovja kot na področju družboslovja. Spodbudil pa je tudi oblikovanje novega interdisciplinarnega znanstvenega področja, ki se ukvarja z raziskovanjem skupnega oziroma skupne lastnine.

Teorijo »tragedije skupne lastnine« je nato leta 1990 relativizirala politologinja in politična ekonomistka Elinor Ostrom z delom *Governing the Commons* [slov. *Vladati skupni lastnini*] (Ostrom 1990), za katero je leta 2009 prejela tudi Nobelovo nagrado za ekonomijo na področju ekonomskega vladanja (angl. *economic governance*).¹⁵ Hardin je svojo teorijo osnoval na bioloških zakonitostih, Ostrom pa je v analizo vključila tudi politične in ekonomske vede ter na zbirki empiričnih primerov predvsem iz Azije, Afrike in Južne Amerike dokazala, da skupnost, ki vlada naravni dobrini, skozi komunikacijo preseže sebične nagibe posameznikov

¹⁵ Za koncept »governance« se v politološki in komunikološki stroki počasi uveljavlja prevajalski predlog akademika dr. Slavka Splichala »vladovanje« (cf. Bačlija Brajnik in drugi 2013).

in se o uporabi naravne dobrine dogovori tako, da slednja ni ogrožena. Ostrom je analizirala tako primere skupnosti, ki se uspešno organizirajo in koristijo skupno dobro, kot primere, kjer jim to ne uspe. V primerjavi s Hardinovo teorijo »tragedije skupne lastnine« je Ostrom znanstveno dokazala, da skupno dobro ni vedno obsojeno na uničenje in s tem pokazala na možnost alternative. Primeri vladanja skupni lastnini, ki jih je analizirala, so namreč ovrgli predstavo o domnevno zgolj dvema možnostima – privatizacijo ali poddržavljenjem –, saj je ponudila alternativo oziroma tretjo možnost: vladanje skupni lastnini.

Ostrom je dokazala, da niti narava niti človek nista oškodovana, če naravni dobrini vlada skupnost, pri čemer pomembno vlogo igra policentrični sistem vladanja, kar pomeni, da se o upravljanju določene naravne dobrine ne odloča iz enega centra moči. Prav tako je potrebno poudariti, da v primeru vladanja skupni naravni dobrini, vladanje pomeni več kot zgolj upravljanje (management). "Vladanje zahteva, da se odločimo ne le, kaj bomo proizvajali, koliko in kako bomo proizvajali določeno dobrino ali, v primeru naravnih dobrin, koliko jih bomo uporabili in s kakšno tehnologijo, kot je primer v upravljanju, ampak tudi kdo ima pravico odločati o naših naravnih virih in kako se bodo sprejemala pravila ali zakoni o uporabi teh dobrin. /.../ Poleg trga in države obstaja še tretji način, po katerem se ljudje odločajo, kako bodo uporabljali svoje naravne vire. Skupnosti uporabnikov naravnih virov imajo znanje in želje, da oblikujejo pravila za uporabo svojih naravnih virov" (Dolšak 2012). Vladanje se torej kvalitativno razlikuje od upravljanja (managementa).

Možnost alternative dvema skrajnostima – popolnim poddržavljenjem ali popolno privatizacijo – odpira nov premislek tudi na področju upravljanja voda. Očitno je, da obstoječa forma oblasti na področju upravljanja voda, ki deluje predvsem kot administrativni aparat brez vpogleda v dejansko stanje na lokalni ravni, posredno postavlja zahteve po predruženju pojmovanja oblasti na tem področju. V kolikor bi Sveti za vode delovali, bi lahko vsaj malo predruženili obstoječo formo oblasti. V okviru Svetov za vode bi javnost namreč imela konkretno mesto, na podlagi katerega ji je bila hkrati dana možnost in dolžnost, da so-oblikuje politiko do voda. Na tem mestu bi politika do voda lahko nastajala med ljudmi. V okviru nadaljnjega razmisleka, kako urediti sodelovanje javnosti na področju upravljanja voda, pa si lahko pomagamo tudi z izkustvom soupravljanja naravnih dobrin, ki je (bilo) prisotno na ozemlju Slovenije.¹⁶

5. Nova zgodba: zapis pravice do pitne vode v ustavo in vloga javnosti

Z zapisom pravice do pitne vode v Ustavo je Republika Slovenija postala ena izmed redkih držav na svetu, ki je omenjeno pravico vpisala v najpomembnejši pravni akt države. Če na tem mestu pustimo ob strani prevladujočo *predstavo* v medijih in javnosti – akt "trepljanja po ramenih", saj naj bi s tem dejanjem storili pogumno dejanje – se soočimo z neke vrste odsotnostjo širšega premisleka, zakaj in kako smo sploh prišli tako daleč, da so poslanci sprejeli tovrstno politično odločitev, s pomočjo katere se bomo domnevno "zavarovali pred nevarnostjo pomanjkanja pitne vode v prihodnosti". Številne je pri sprejemanju te odločitve vodil strah, strah pred privatizacijo vodnih virov in privatizacijo vodooskrbe. Natančneje, strah pred tem, da bi se vodnih virov polastile multinacionalke in da bi vodo začele tržiti kot blago.

Ob strani in neodgovorjeno je ostalo vprašanje, kako so lahko za naš premislek in sprejem odločitve merodajni scenariji, ki napovedujejo, da bo pitna voda v prihodnosti postala problem, namesto, da bi bil za naš razmislek merodajen vzrok za takšno stanje. Se pravi, namesto prevpraševanja načina življenja, ki ga živimo in namesto prevpraševanja, zakaj in kako ta način življenja ogroža zaloge pitne vode s katerimi razpolagamo, smo se pravico do pitne

¹⁶ Kot relevantno za premislek izpostavljam monografijo *Soupravljanje naravnih virov: vaše skupnosti in sorodne oblike skupne lastnine in skupnega soupravljanja*, ki jo je uredila Romina Rodela.

vode odločili vpisati v ustavo. Mrtva črka na papirju zagotovo ne bo mogla ohranjati potrebnih zalog podtalnice, če skupaj z zapisom ne spremenimo tudi našega razumevanja eksistence. Če pogledamo na vpis pravice do pitne vode v ustavo še s širšega vidika, pa je ta zapis seveda povsem antropocentrične narave, saj je po že sprejeti ustavni dikciji raba vode prvenstveno namenjena človeku. Področje voda je na drugi strani precej širše področje. Voda je izjemno pomembna, ne le za človeka, ampak tudi za vsa ostala živa bitja. Prav tako pa imajo vodna telesa pomembno ekosistemsko vlogo.

Vpis pravice do pitne vode v ustavo so mnogi označili za zelo pomembno dejanje, toda po drugi strani je vendarle pomembno opozoriti, da je to povsem abstraktno dejanje in da bi bilo dobro, če bi se hkrati vprašali, kakšno je prevladujoče razumevanje eksistence, da bo vprašanje pitne vode postalo v prihodnosti toliko problematično, da smo se bili domnevno primorani zavarovati na takšen način, da smo pravico do pitne vode vpisali v najvišji pravni akt države. Namesto, da bi poskušali spremeniti način življenja, s katerim zmanjšujemo in posledično ogrožamo zaloge pitne vode, smo se odločili enega izmed najosnovnejših naravnih pogojev naše eksistence vpisati v najvišji pravni akt države. Slednje dejanje nas seveda ne odvezuje nadaljnjega premišljevanja naše eksistence, ampak nas dodatno spodbuja k temu, saj vpis v ustavo sporoča naše načelno stališče. Bolj pomembno vprašanje pri tem pa seveda je, in na kar so opozorili že mnogi pred menoj, kako bomo zagotovili udejanjanje te pravice oziroma kako bomo načrtovali in izvedli implementacijo v zakonodaji (v zakonskih in podzakonskih aktih), pri čemer bi moralo biti v ospredju dobro stanje vseh vodnih teles, ki posledično zagotavljajo tudi pitno vodo (poleg vseh ostalih ekosistemskih funkcij).

Zakonodajo implementiramo ljudje, zato je s politološkega zornega kota seveda izjemno pomembno, kako načrtujemo izvajanje. Po Aarhuški konvenciji mora biti javnost vključena v celoten proces – tako v pripravo kot v izvajanje. Glede na pretekle izkušnje, ki so pokazale visoko stopnjo pripravljenosti sodelovanja, ne bi smelo biti težav. Politiko vladanja skupnim vodnim dobrinam lahko ustvarjamo vsi, saj imamo zmožnost političnega delovanja denimo v okviru civilne družbe. Ne glede na kritično razmišljanje v prejšnjem odstavku pa je potrebno poudariti, da je prav civilna inicijativa, ki je javnosti ponudila podpis peticije "Vpis neodtujljive pravice do vode v ustavo", dokazala, da je med nami veliko število ljudi, ki so ozavestili pravico do pitne vode kot izjemno pomembno. Peticijo so namreč v izjemno kratkem času podpisali številni državljani in državljanke. Slednje me kot politologinjo ni niti toliko presenetilo, saj je stopnja razvitosti okoljske zavesti med državljanke in državljani, kot kažejo tudi raziskave Slovenskega javnega mnenja, visoka.¹⁷

Ne glede na nekatere izražene premisleke pa je treba vendarle reči, da je v klimi množičnega nezaupanja in nezadovoljstva vpis pravice do pitne vode v ustavo zgodba, ki je pokazala na zavedanje in angažiranost javnosti ter na zmožnost različnih akterjev, da lahko skupaj (so)delujejo. Prav tako ni zanemarljiva velika podpora javnosti oziroma sporočilo javnosti, da je čista voda naša prioriteta. V tem duhu je tudi področje upravljanja voda vnaprej odprto za nove možnosti in potencialne spremembe, ki jih lahko akterji nenazadnje predlagajo tudi zakonodajalcu.

¹⁷ Toda dejansko okoljsko obnašanje ne sledi povsem temu. "Med deklarativnim izražanjem za "čisto okolje" in konkretnimi "okoljskimi akcijami" je pomembna razlika" (Gantar 2004, 302), čemur se pridružuje tudi sklep, da obstaja očitna "razlika med deklarativno in manifestno ravnijo ekološke zavesti" (Kos 2004, 319). Kos na podlagi raziskav SJM glede okolja med drugim dodatno izpostavlja, da imamo hkrati opraviti z dvema različnima kvalitetama: "1) visoko stopnjo pripravljenosti javnosti za reševanje ekološke problematike in 2) močno "poenostavljenim" odnosom do ekološke problematike" (Kos 2004, 312).

6. Zaključki

V Zakonu o vodah (ZV-1) je javnosti bila dana možnost neposrednega sodelovanja, ki bi se udeležila zlasti v Svetih za vode, saj bi sveti bili trajno organiziran posvetovalni mehanizem. Najprej izvršilna veja oblasti ni poskrbela za izvajanje tega dela Zakona o vodah, nato pa je zakonodajna veja oblasti leta 2012 člene, ki so najbolj neposredno nanašali na sodelovanje javnosti, preprosto črtala iz zakona. Nekateri vodarski strokovnjaki so se izrazili, da ta del zakona preprosto "ni zaživel". Kot politologinja lahko rečem, da je za tako hudo kršitev pravnega reda neustrezno uporabljati naturalistične primerjave, saj se s tem, ko delovanje razlagamo z zakoni narave, prelagamo breme odgovornosti in se ne zavedamo, da bi se z odgovornim delovanjem stvari lahko odvijale drugače. Za neizvajanje zakona bi bilo potrebno poiskati politično in civilno odgovornost, toda ne v smislu iskanja "grešnega kozla", ampak v smislu preprečevanja ponavljanja enakih napak v prihodnosti, saj je sodelovanje z javnostjo potrebno urediti na ustrezen način. Ne le zaradi pravnega reda in določil, ampak predvsem zaradi izjemno visoke stopnje pripravljenosti sodelovanja javnosti v procesu načrtovanja upravljanja z vodami, kot so to potrdile izvedene aktivnosti v preteklosti.

Glede na to, da Sveti za vode sploh niso nikoli delovali, soditi o delovanju svetov pravzaprav ne moremo. Kar lahko rečemo je to, da bi sveti po funkciji, ki jo je predvideval zakon, trajno delovali in bi kot takšni predstavljali posvetovalni mehanizem, ki ga omenjajo tudi evropske smernice. S tem, ko pa se ta del zakona ni izvajal, smo pa izgubili tudi "organ nadzora", saj bi Sveti za vode med drugim natančno spremljali tudi izvajanje načrta upravljanja z vodami. Sveti za vode bi skratka bili trajno formiran predstavniški organ, ki ne bi delovali le pol leta pred sprejetjem novega načrta upravljanja z vodami, ampak bi delovali trajno. Formirani bi bili v vsakem večjem porečju, s čimer bi se zagotovila tudi obravnava lokalne problematike, in bili bi voljeni. Kot organi, ki bi bili vezani na porečje, pa bi predstavljali tudi stalen stik izvršni veji oblasti (ministrstvu) z (lokalno) javnostjo, ki bi ga oblast tako ali tako morala zagotavljati zaradi določil Aarhuške konvencije. Da se Sveti za vode niso vzpostavili so politično odgovorne vse vpletene vlade, tako tiste, ki niso zagotovile izvajanje tega dela zakona kot tista, ki je bistvene člene črtala iz zakona. Del odgovornosti pa pripisujem tudi Ministrstvu za okolje in prostor, ki je odgovorno za ustrezno pripravo načrtov upravljanja z vodami, zato bi lahko odigralo bolj proaktivno vlogo.

Kljub temu, da so iz Zakona o vodah bili črtani člani, ki so predvidevali sistemsko urejeno in ustrezno financirano sodelovanje javnosti, obstaja pravno obvezujoča norma, ki še vedno omogoča sodelovanje javnosti. Aarhuška konvencija je pomembna, ker je po svoji naravi sistemska in horizontalno posega po vseh področjih okoljskega odločanja izvršilne veje oblasti. Na področju človeških zadev vedno obstaja možnost, da se obstoječa razmerja politične moči spremenijo. Kot nas uči zgodovina sta potrebni vztrajnost in široka podpora javnosti, ki pa je ni težko pridobiti, če gre za skupno dobro. Moč človeških besed in dejanj "tukaj in zdaj" vedno obstaja kot možnost, ki jo lahko udeležimo ali pa ne. Pri tem je potrebno eksplicitno poudariti, da politični akterji niso samo politične stranke. Med politične akterje spadajo tudi stroka, javnost, civilna družba, nevladne organizacije itd., ki zaradi določil Aarhuške konvencije uživajo še posebno podporo v okoljskih zadevah. Tem akterjem je torej vedno dopuščena možnost spreminjanja obstoječega razmerja politične moči.

Vodarska stroka lahko iz te zgodbe potegne nauk, da pri upravljanju voda ni prepuščena sama sebi. Četudi država vodarski stroki pripisuje manjšo vlogo, kot jo je vodarska stroka pripravljena vzeti sama nase (Lukšič in Bahor 2008), se lahko kot strokovna javnost načrtno organizira kot del civilne družbe in se torej še bolj aktivno vključi v načrtovanje upravljanja z vodami. Poskusi lahko tudi s predlogom ponovne vključitve črtanih členov nazaj v zakon, da bo delovanje Svetov za vode kot posvetovalnih mehanizmov tudi ustrezno financirano. Nato lahko javno opozarja na začetek izvajanja tega dela zakona, ki se nanaša na sodelovanje javnosti. Slednje ni smiselno le zaradi zagotavljanja izvajanja določil Aarhuške konvencije, ampak tudi zaradi mnenja, da je na tem področju veliko korupcije (Brilly 2014). Sveti za vode

kot predstavniški organ, ki bi lahko vladi dajali neposredne pobude glede urejanja voda, bi se na tem mestu spet izkazali kot zelo smiselni, saj lahko organ nadzora, ki trajno spremlja dogajanje na določenem področju, pomembno pomaga tudi pri preprečevanju korupcije. Dosedanje prakso je namreč možno spremeniti ob zavedanju, da je najprej potrebna ustrezna komunikacijska forma oziroma trajni posvetovalni mehanizem, ki bo omogočal razpravljanje o perečih problemih upravljanja z vodami in ki bo omogočal konstruktivno sodelovanje javnosti.

7. Viri

- [1] ARENDT, H., 1996. *Vita Activa*. Ljubljana: Krtina.
- [2] BAČLIJA BRAJNIK, I.; ČERV, G. in TURNŠEK HANČIČ, M., 2013. "Governance": vladanje, upravljanje, vladavina ali vladovanje? *Družboslovne razprave*, 29 (73), 99–119.
- [3] BANOVEC, P., 2014. Pomen sodelovanja javnosti na področju upravljanja voda in ključni elementi za njegovo uspešnost. V: S. Cerkenik in E. Rojnik, ur., *Vodni dnevi 2014*, Zbornik referatov: simpozij z mednarodno udeležbo, 15.-16. oktober 2014, Portorož, 43–50. Ljubljana: Slovensko društvo za zaščito voda.
- [4] BARRETT, G. W. in MABRY, K. E., 2002. Twentieth-century classic books and benchmark publications in biology. *BioScience*, 52 (3), 282–286.
- [5] BRILLY, M., 2014. Intervju: Dr. Mitja Brilly [online]. Ljubljana: Dnevnik. Dostopno prek: <https://www.dnevnik.si/1042643464> [dostop 15. marec 2017].
- [6] DOLŠAK, N., 2012. Intervju: Dr. Nives Dolšak, okoljska ekonomistka [online]. Ljubljana: Delo – Sobotna priloga. Dostopno prek: <http://www.delo.si/zgodbe/sobotnapriloga/nives-dolsak-kar-so-naredili-ekologi-brez-meja-je-fenomenalno.html> [dostop 15. marec 2017].
- [7] GANTAR, P., 2004. Nekaj pripomb k sociološkim vprašanjem okolja in okoljskih vrednot. V: B. Malnar in I. Bernik ur., *S Slovenkami in Slovenci na štiri oči: ob 70-letnici sociologa Nika Toša*. Ljubljana: Fakulteta za družbene vede, IDV, CJMMK, 289–306.
- [8] HARDIN, G., 1968. The Tragedy of the Commons. *Science*, 162 (3859), 1243–1248.
- [9] KAJFEŽ BOGATAJ, L., 2014. *Planet Voda*. Ljubljana: Cankarjeva založba.
- [10] KODRE, N. in STANIČ RACMAN, D., 2013. Vodna direktiva – Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2000/60/ES z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike. V: L. Štravs ur., *Direktive EU s področja upravljanja voda*. Ljubljana: Uradni list Republike Slovenije, 53–88.
- [11] KOS, D., 2004. Javno mnenje o okolju. V: B. Malnar in I. Bernik ur., *S Slovenkami in Slovenci na štiri oči: ob 70-letnici sociologa Nika Toša*. Ljubljana: Fakulteta za družbene vede, IDV, CJMMK, 307–320.
- [12] LUKŠIČ, A. A., 2002. Politološki premislek ob Aarhuški konvenciji. *Teorija in praksa*, 39 (3), 321–330.
- [13] LUKŠIČ, A. A. in BAHOR, M., 2008. Politološki pogled na gospodarjenje z vodami v Sloveniji. V: L. Globevnik ur., *Stanje in perspektive ravnanja z vodo v Sloveniji*. Celje: Društvo vodarjev Slovenije, 60–67.
- [14] MAROVT, L. in BIZJAK, A., 2007. Prve aktivnosti in izkušnje posvetovanja z deležniki pri pripravi strokovnih podlag NUV 2009 v Sloveniji. V: *Zbornik referatov/18. Mišičev vodarski dan*, 10. december 2007, Maribor. Maribor: Vodnogospodarski biro, 65–72.
- [15] MAROVT, L. in BIZJAK, A., 2008. Pregled aktivnosti posvetovanja z deležniki v letu 2008 pri izdelavi strokovnih podlag za pripravo NUV 2009 v Sloveniji. V: *Zbornik referatov/19. Mišičev vodarski dan*, 8. december 2008, Maribor. Maribor: Vodnogospodarski biro, 146–153.
- [16] MIKOŠ, M., 2011. Integralno upravljanje voda in regionalizacija Republike Slovenije. *Geodetski vestnik*, 55 (3), 518–529.
- [17] OSTROM, E., 1990. *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- [18] PEK DRAPAL, D.; MAROVT, L. in STROSSER, P., 2005. Obveščanje, posvetovanje in vključevanje javnosti: implementacija slovenskega zakona o vodah in okvirne evropske vodne direktive. V: *Zbornik referatov/16. Mišičev vodarski dan*, 9. december 2005, Maribor. Maribor: Vodnogospodarski biro, 140–145.

- [19] REJEC BRANCELJ, I.; DOBNIKAR-TEHOVNIK, M. in UHAN, J., 2011. Bistvene značilnosti nacionalnega načrta upravljanja voda 2009-2015 in izvajanje Vodne direktive. V: J. Volfand ur., Upravljanje voda v Sloveniji. Celje: Fit media, 8–19.
- [20] RODELA, R. ur., 2012. Soupravljanje naravnih virov: vaške skupnosti in sorodne oblike skupne lastnine in skupnega upravljanja. Wageningen: Wageningen University and Research Centre.
- [21] STANIČ RACMAN, D.; MOHORKO, T.; URBANIČ, G.; PETELIN, Š.; ĐUROVIČ, B.; DOBNIKAR TEHOVNIK, M.; UHAN, J.; CVITANIČ, I. in ROTAR, B., 2014. Priprava načrta upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja 2015–2021. V: Zbornik referatov/25. Mišičev vodarski dan, 4. december 2014, Maribor. Maribor: Vodnogospodarski biro, 1–11.
- [22] ŠANTEJ, B., 2013. Mednarodne pogodbe na področju upravljanja voda. V: L. Štravs ur., Direktive EU s področja upravljanja voda. Ljubljana: Uradni list Republike Slovenije, 255–265.
- [23] TURNŠEK HANČIČ, M., 2011. Pasti novoreka: kritična refleksija prenosa termina "deležniki" iz ekonomskega v politični diskurz. Časopis za kritiko znanosti, 39 (244), 148–156.
- [24] VODOPIVEC, N., 2005. Pilotni projekt Krka. V: Zbornik referatov/16. Mišičev vodarski dan, 9. december 2005, Maribor. Maribor: Vodnogospodarski biro, 133–139.
- [25] WISE, 2008. Obvestilo o vodi številka 12. Skupna naloga: sodelovanje javnosti pri načrtovanju upravljanja povodij [online]. Dostopno prek: <http://ec.europa.eu/environment/water/participation/pdf/waternotes/WN12-Participation-SL.pdf> [dostop 15. marec 2017].

UPRAVLJANJE VODA V DRŽAVAH V TRANZICIJI S POSEBNIM OZIROM NA SLOVENIJO

red. prof. Mitja Brilly

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Hajdrihova 28, 1000 Ljubljana

POVZETEK

V državah v tranziciji iz socialističnega v kapitalistični družbeni sistem je vodarstvo doživelo korenite spremembe. Nekatere od njih so bile pozitivne, druge na žalost negativne. Predvsem se povsod pojavlja pomanjkanje sredstev in dolgoročnih celovitih načrtov razvoja. Čeprav so izhodišča in primeri dobre prakse že davno znani, jih ne uporabljamo. V članku je podan pregled razvoja vodarstva v Sloveniji pred tranzicijo in v tranzicijskem obdobju, v katerem je prišlo do nazadovanja.

Spremembe v vodnem režimu se praviloma odvijajo počasi in potrebna so desetletja, da se pokažejo posledice delovanja ukrepov. Procesi načrtovanja, odločanja in izvajanja zahtevajo tudi čas. Za izvajanje posegov so potrebna sorazmerno velika sredstva, česar pa obstoječi politični sistem ni sposoben ustrezno upravljati. Težave nastopajo tudi zato, ker stroke, ki sodelujejo pri reševanju problemov, vodarstvo zelo slabo poznajo. Predvsem gre za nepoznavanje naravoslovja in tehnologije pri kadrih s področja družboslovja.

V začetku tranzicije je bil ukinjen sistem območnih vodnih skupnosti in zbiranja namenskih sredstev, sredstva za vzdrževanje so se zato zmanjšala. Vodnogospodarska podjetja so bila potisnjena v proces privatizacije, osiromašena, večinoma potisnjena v propad, mehanizacija in nepremičnine razprodane in arhivi uničeni. Pri tem pa je navzkrižje interesov še naprej ostalo v sistemu, saj je služba rečnega nadzora še vedno v sestavi koncesionarja.

Sistem varovanja vodnih virov je z zakonodajo praktično uničen. Z vnosom pravice do pitne vode v ustavo pa lahko v Sloveniji pričakujemo tudi razpad sistema za oskrbo s pitno vodo.

Ključne besede:

vodarstvo, tranzicija, vodni viri

1. Uvod

Upravljanje voda ali nekoč t. i. vodno gospodarstvo je zasnovano na izhodiščih, ki so se oblikovala skozi tisočletno zgodovino, ko so civilizacije vodni režim prilagajale svojim potrebam. Najstarejše dobro organizirane civilizacije Egipta, Mezopotamije in starodavne Kitajske so imele dobro organizirano tudi upravljanje voda – sposobne so bile graditi in vzdrževati vodne sisteme, od katerih je bila odvisna celotna skupnost. Vprašanje je, kaj je bilo s čim pogojeno, ali so problemi z vodo in možnost njihovega reševanja prisilili družbe, da so se civilizacijsko razvile, ali je pa so bili vodarski sistemi grajeni, ker je civilizacija dosegla ustrezno raven razvoja.

Osnovna izhodišča vodarstva so bila opredeljena že davno. Osnovno izhodišče je, da je voda nenadomestljiva snov, brez katere ne moremo živeti. Toda naša odvisnost od vode je še veliko večja. Zadnje poročilo o vodah Združenih narodov ugotavlja, da so tri četrtine delovnih mest odvisne od vode (WWAP 2016).

Naslednje izhodišče je, da je voda javna dobrina, kar je veljalo že v najstarejših organiziranih družbah. Že v rimskem zakoniku je bilo zapisano: »flumina omnia publica sunt« (vse reke so javne), predvsem zaradi zahtev plovbe. Do odstopanj od omenjenih pravil je prihajalo le v zelo primitivnih družbah ali družbah, ki so bile izredno bogate z vodo in eksistenčni problemi niso bili vezani na vodo.

Vode se upravlja demokratično. Javna dobrina mora biti zaščiten pred samovoljo posameznikov ali skupin.

Vode se upravlja integralno (celostno). Posameznih dejavnosti ali delov povodja pri usklajevanju različnih dejavnosti ne moremo brez večjih pretresov in škodljivih posledic izločiti iz celote. Tako je osnovna vodarska enota povodje ali vodonosnik.

Po konferenci o trajnostnem razvoju v Rio de Janeiru se je uveljavilo izhodišče, ki ga je podprla Evropska unija z Direktivo o politiki do voda (WFD), da je voda kot naravna dobrina nenadomestljiv sestavni del narave – to je »vodno gospodarstvo« preimenovalo v »vodarstvo«.

Vodarstvo je kompleksna, celostna in vseobsegajoča dejavnost. Vsak poseg v vodni režim moramo obravnavati povezano z ostalimi dejavnostmi, vključno z vplivi na živo in neživo naravo.

V polpretekli zgodovini je veljalo tudi stališče, da je uporabna voda rezultat dela. To stališče je onemogočalo uvajanje koncesij ali povračil za izkoriščanje naravnih virov.

Vodarstvo je kompleksna dejavnost, ki zahteva sodelovanje in vključevanje različnih strokovnih disciplin v proces odločanja (tehnologija, pravo, ekonomija, politika, sociologija, matematika ipd.). Sodelovanje posameznih strokovnih disciplin celotni proces podpira z medsebojnim sodelovanjem in stimulira njihov razvoj.

Osnovna značilnost vodarstva je zapletenost med seboj povezanih konfliktnih odnosov. Strokovno določljivih optimalnih rešitev ni, vsaka dejavnost ali stroka ima svoj optimum, ki je v najboljšem primeru v zmernem konfliktu z ostalimi dejavnostmi.

Zahtevne in zapletene probleme lahko rešujemo le z ustreznim znanjem, pridobljenim v rednem in izrednem izobraževanju in usposabljanju. Spore lahko presežemo s sodelovanjem, ki vključuje komunikacijo, kooperacijo in koordinacijo.

Značilno za vodarstvo je, da se spremembe v vodnem režimu praviloma odvijajo počasi, saj so posledice posegov opazne šele po daljšem času, tudi po več desetletjih. Tudi procesi načrtovanja, odločanja in izvajanja zahtevajo čas. Prav tako so za izvajanje posegov potrebna sorazmerno velika sredstva. Naši vodotoki so današnjo podobo dobili zahvaljujoč posegom, izvedenim predvsem v 19. in 20. stoletju.

Težave so tudi z izrednim nepoznavanjem vodarstva pri strokah, ki sodelujejo pri reševanju problemov. Predvsem gre za nepoznavanje naravoslovja in tehnologije pri kadrih s področja družboslovja.

2. Razvoj v obdobju pred tranzicijo

Razvoj vodarstva je pogojeval kulturni, gospodarski in politični razvoj. V Sloveniji, ki je bila nekoč večinoma v avstrijskem delu avstro-ogrske monarhije, je bil razvoj pod vplivom močno razvitega zadružništva, podprtega z ostalimi institucijami države. Vsaka dežela je imela svoj zakon o vodah. Tako je zakon o vodah dežele Kranjske kodiral formiranje in delovanje zadrug za osuševanje in izkoriščanje vodnih sil. Uporabniki vodnih sil na Tržiški Bistrici so na primer imeli svojo zadrugo. Pravice do odločanja in delež zbiranja sredstev za vzdrževanje sistema so bili vezani na delež pravic pri izkoriščanju voda. Država je skrbela za hidrološko službo. Monarhija je bila izredno dobro organizirana in uspešna pri izvajanju javnih del. Takšno ureditev je Avstrija zadržala do današnjih dni. V Sloveniji je omenjena zakonodaja ostala v veljavi do druge svetovne vojne. Po zakonu o vodah Kraljevine Jugoslavije je bil direktor vodne

zadruga lahko samo inženir hidrotehnik s pet let prakse. Slovenija je imela v Dravski banovini posebno bansko vodno upravo.

V prvih letih po drugi svetovni vojni so se izvajala velika dela na izgradnji objektov za izkoriščanje vodnih sil, urejanju večjih vodotokov in namakalnih sistemov. Obdobje med drugo svetovno vojno do leta 1950 namreč velja za najbolj sušno obdobje prejšnjega stoletja. Kasneje se je, z večjo samostojnostjo republik in uvajanjem samoupravljanja, razvoj odvijal v odvisnosti od tradicije, potreb in razpoložljivih sredstev. Skupna je bila hidrometeorološka služba, ostale dejavnosti pa so se izvajale bolj neodvisno. Dejansko je bilo pogosto čezmejno sodelovanje s sosednjimi državami bolj učinkovito kot pa medsebojno sodelovanje republik. Temeljni zakon o vodah je opredelil vode kot družbeno lastnino in dobrino splošnega pomena.

V Sloveniji je bil postavljen sistem sedmih območnih vodnih skupnosti, združenih v Zvezo vodnih skupnosti. Skupščina uporabnikov je bila zadolžena za sprejemanje načrtov upravljanja in zbiranje sredstev, skupščina izvajalcev pa za izvajanje nalog načrtovanja, izvajanja in nadzora. Ustanovljena so bila vodnogospodarska podjetja za posamezna območja in Podjetje za urejanje hudournikov. Pri zvezi je delovala posebna komisija za urejanje kmetijskih zemljišč iz naslova nadomestil za spremembo njihove namembnosti. Sistem je imel leta 1977 izdelane vodnogospodarske osnove, ki pa niso bile nikoli potrjene. Sredstva, zbrana za potrebe vodarstva, so dosegala 1 % BDP.

Z amortizacijo so prosto razpolagali VGP-ji, ki so se v kratkem času spremenili v močna in bogata gradbena podjetja, ki so z dampinškimi cenami konkurirala drugim gradbenim podjetjem nizkih gradenj. Monopol pri izkoriščanju gramoza je tudi prinašal dober prihodek. VGP-ji so bili s službami načrtovanja, izvajanja in nadzora globoko v konfliktu interesov. Težave so nastopale pri zbiranju večjih sredstev za skupne potrebe ali začasnem prenosu sredstev zaradi potreb iz enega območja v drugo ali pri sofinanciranju čistilnih naprav, ki so delovale v komunalnem gospodarstvu. Vodotoki so bili vzorno vzdrževani in od leta 1954 do velike poplave leta 1990 v Sloveniji smrtnih žrtev pri poplavah ni bilo.

Vodarstvo v drugih republikah je bilo organizirano različno, toda povsod so bile izdelane dolgoročne osnove upravljanja spremljajočih strokovnih služb. Strokovna društva, ki so se ukvarjala z vodami, so bila dobro organizirana in mednarodno povezana. Na splošno je bilo vodarstvo v vseh socialističnih državah dobro organizirano, saj je bila skrb za dolgoročni razvoj vgrajena v politični sistem. Zanimivo je, da je bilo vodarstvo dobro razvito tudi v Španiji in na Portugalskem.

3. Razvoj v tranziciji

Razvoj vodarstva je povsod nazadoval s prehodom na nov politični sistem v procesu stihijske privatizacije. Ker se procesi v vodarstvu razvijajo počasi, posledice napačnih odločitev niso vidne takoj. Sredstva za hidrološka opazovanja, strokovne službe in vzdrževanje so se krepko zmanjšala. Investicije se ne izvajajo več z lastnimi sredstvi. Politični sistem predstavniške demokracije ni sposoben opredeliti trajnostne vizije razvoja vodarstva. Poslanci v državnem zboru in ministri sprejemajo samo projekte, ki jih je mogoče izpeljati do naslednjih volitev. Projekt oskrbe z vodo Primorske je zaustavljen, kljub odobrenim sredstvom EU. Resorni minister je pri prevzemu dolžnosti dobil projekt, ki ga je začel njegov predhodnik in – kar je najhuje –, projekt bi bil končan po koncu njegovega mandata. Stihijska privatizacija je uničila VGP-je z dolgo tradicijo. PUH je šel v stečaj in dolgoletna tradicija še iz obdobja Avstro-Ogrske je bila uničena. Vzrok je bila obremenitev podjetja s kreditom. Lastnik je denar pobral, počakal, da početju ni bilo več mogoče oporekati, in pahnil prezadolženo podjetje v stečaj. Delo je izgubilo nekaj deset specializiranih strokovnjakov za urejanje hudournikov, imetje pa je bilo razprodano pod ceno. Na Madžarskem so zaprli svetovno znani institut VITUKI, ker je zasedal dragoceni zemljiški kompleks v bližini središča Budimpešte.

V Sloveniji je bil takoj v začetku tranzicije ukinjen sistem območnih vodnih skupnosti, sredstva so bila preusmerjena v integralni proračun države. Od takrat se sredstva za vzdrževanje ves čas zmanjšujejo in objekti polagoma propadajo. Posamezni zadrževalniki vode so že nevarni, da bi jih zadržali v funkciji. VGP-ji so bili potisnjeni v proces privatizacije, osiromašeni, večinoma potisnjeni v propad, njihova mehanizacija in nepremičnine razprodane in arhivi uničeni. Pri tem pa je navzkrižje interesov v sistemu VGP-jev še naprej ostalo. Kar je bilo nekoč navzkrižje interesov, je danes sistemska korupcija. Služba rečnega nadzora je namreč še vedno v sestavi VGP-jev. Pri podelitvi koncesij so se pojavila tudi hrvaška podjetja. V bližnji prihodnosti lahko pričakujemo, da bo rečno nadzorno službo na Dragonji opravljal hrvaški nadzornik.

V uvodni preambuli prvega zakona o okolju je bilo zapisano, da so vode državna last. Zakon o vodah, sprejet leta 2002, je predvideval neko vrsto lastne samouprave, ki pa ni nikoli zaživela. Sprejemanje odločitev o varovanju vodnih virov je zakon prenesel na vlado. S tem je bil dobro organizirani sistem varovanja virov pitne vode praktično uničen, vlada namreč ni sposobna sprejeti več kot dva do tri odloke letno. Pravna praznina je zapolnjena z odločitvijo, da stari odloki še veljajo. Posodobitev odlokov praktično ni mogoča, nadzora in izvajanja del za potrebe varovanja ni. Varovanja vodnih virov dejansko nimamo več.

Leta 1990 je Slovenijo prizadela največja voda ujma prejšnjega stoletja. Gmotna škoda je bila ogromna, na srečo sta bili smrtni žrtvi samo dve. Zaradi okolju prijaznega vzdrževanja vodotokov so se ti zarasli in pretočni profili zasuli s sedimenti. Izpeljali smo analizo na Želimejščici, na kateri so se izvedla prva dela na remediaciji še pred osamosvojitvijo. Skozi profil vodotoka, ki je imel nekoč zmogljivost 20 m³/s, danes lahko teče samo še 5 m³/s. Stanje ostalih slovenskih vodotokov ni bistveno boljše. Posledica so vse pogostejše poplave in na žalost tudi smrtne žrtve, ki jih imamo pri vsaki večji ujmi. Vse skupaj se opravičuje s podnebnimi spremembami, čeprav hidrološki podatki tega ne podpirajo.

V tranziciji je prišlo do zapiranja številnih podjetij, ki so imela zastarelo tehnologijo in jih je trg zavrzel. Proces je izredno izboljšal kakovost voda v vodotokih. Nadalje je bilo, zahvaljujoč direktivam EU in s spremljajočimi sredstvi, zgrajenih veliko čistilnih naprav, kar je izboljšalo kakovost voda. Izboljšana kakovost voda je na vode pritegnila pristočasne dejavnosti, ki pa zahtevajo določeno skrb in urejenost vodotokov. Ne mine sezona brez smrtnih žrtev, ki bi se jim lahko izognili. Dejansko je turizem na vodah najhitreje razvijajoča vodarska dejavnost, v kateri se vrti več deset milijonov evrov sredstev in zaposluje številne ljudi na podeželju. Dejavnost kot taka je brez posebne državne podpore.

Politično kadrovanje je praktično uničilo nekoč zgledne javne službe. Za prevzemanje najbolj odgovornih funkcij ni potrebno posebno strokovno znanje in izkušnje. O tem še najbolj priča poslednji spust po Savi leta 2008. Pomanjkanje sredstev je povzročilo, da raziskovalnih nalog praktično ni. Raziskovalno delo v glavnem sloni na raziskovalnih sredstvih EU, kar pa pomeni, da naši nacionalni cilji nimajo ustrezne podpore. Novih rešitev pa tudi idej ni. V glavnem se ponujajo rešitve, izdelane še v obdobju pred tranzicijo, oziroma stari projekti, ki jih pa v arhivih ni. Velika sredstva davkoplačevalcev, nekoč porabljena za izdelavo dokumentacije, so zavržena brez kakršne koli odgovornosti.

Poseben problem v državah v tranziciji je privatizacija upravljanja vodnih virov. Javnost je občutljiva predvsem zaradi možnosti, da bi zasebna podjetja prevzela skrb za oskrbo z vodo. Zavedati se moramo, da je oskrba gospodinjstev z vodo monopolna, to pa je skregano s tržno dejavnostjo. Z nakupom ustekleničene vode v trgovini je drugače, vodo izbiramo po lastnem okusu in glede na ceno. Če nam voda v steklenici ne ustreza, je pač ne kupimo. Pri oskrbi je situacija nekoliko drugačna. Kaj lahko naredimo, če s ceno ali storitvijo zasebnega podjetja nismo zadovoljni: ali lahko zapremo pipo in prosimo podjetje iz sosednjega mesta, da pride in nas oskrbi? Na žalost danes tehnologija oskrbe z vodo tega še ne omogoča. Situacija je obvladljiva, če oskrbo z vodo prevzame lokalni obrtnik, ki ga vaščani poznajo in vsako nedeljo vidijo v cerkvi. Težave so, če je lastnik podjetja multinacionalka, s svetovnim monopolom ponudbe in lastnikom, ki živi na drugi celini in pije vodo iz nekega drugega vodovoda. V bližnji

prihodnosti se lahko zgodi, da bo samo eno globalno podjetje ponujalo usluge in obračalo sredstva, večja od proračuna Slovenije. Svetovno proizvodnje opreme za vodovode izdeluje globalno nekaj velikih podjetij, ki imajo praktično monopol. Kaj narediti, če ima takšno podjetje za čiščenje pitne vode in varno oskrbo posebna znanja, ki jih razglša za poslovno skrivnost? Praksa in izkušnje po svetu so različne – bolj negativne kot pozitivne, predvsem v državah brez razvitega političnega in pravnega sistema. V Angliji so za te potrebe ustanovili posebno agencijo, ki bdi nad cenami uslug zasebnih podjetij, pa tudi tam so cene vode za 10–20 % višje kot pri javnih vodovodih.

Pri nas se je politika odločila, da bo pravico do vode zapisala v ustavo. To je izpeljano zelo populistično in brez posebnih premislekov. Lahko pričakujemo, da bodo posledice katastrofalne. Z obstoječo zakonodajo smo namreč uničili sistem varovanja vodnih virov in prepustili nadzor na vodotokih zasebnim podjetjem in sistemski korupciji. Z vpisom v ustavo in bodočimi spremembami zakonodaje pa lahko marsikje pričakujemo razpad sistema in nekontrolirano porabo vode z vsemi posledicami.

Primerjava Slovenije z drugimi državami v tranziciji kaže, da so razmere pri nas izredno slabe. V drugih državah je neko celovito upravljanje voda vseeno ostalo. Še najboljši je položaj na Hrvaškem, kjer so Hrvatske vode zadržale določeno mero integritete in so s strokovnimi službami sposobne pripraviti in izpeljati večje projekte ter skrbeti za trajnostno politiko.

4. Celovitost vodarstva

Poleg ostalih izhodišč je celovitost ali t. i. integrirani pristop še najbolj zlorabljen beseda in v vodarstvu še najmanj prisotna.

Celostno urejanje voda pojmuje usklajevanje pogledov in ciljev prizadetih interesnih političnih skupin, geografskih območij in potreb gospodarjenja z vodo, za zadovoljevanje potreb po vodi in varovanje naravnih ekoloških sistemov.

Celostno urejanje s političnega stališča je horizontalno in vertikalno usmerjeno. Horizontalno zajema republiške zavode, uprave in službe, vertikalno pa povezuje ministrstva z regionalnimi in občinskimi službami.

Celostno urejanje v geografskem smislu se nanaša na merilo in obravnavano območje, porečje, prispevno površino, državo, občino, regijo ipd. Teoretično in v veliki meri praktično je najtežji in še ne dovolj raziskani problem odnosov med dolvodnim urbanim območjem in povirjem.

Vsaka dejavnost ali uporabnik voda ima svoje stališče do oskrbe gospodinjstev z vodo, namakanja ipd. Kot so posamezne dejavnosti organizirane vsaka zase, pomeni celostno urejanje omejevanje vsake od njih, to pa ni enostavna naloga.

V praktičnih primerih moramo celovito rešitev graditi po posameznih celotah. Osnovni element za celovito rešitev je sodelovanje, ki pa zahteva regionalizacijo z regionalno upravo, sposobno se spoprijeti z zapletenimi in konfliktnimi problemi vodarstva.

V primeru varstva pred poplavami celovitost zajema ukrepanje glede:

- 1) celovite poplavne varnosti porečja, vključno z dolvodnim glavnim tokom,
- 2) celovitosti vodnega režima, vključno s srednjimi in nizkimi pretoki,
- 3) celovitosti vodnega režima z režimom sedimentov, morfologijo in geologijo,
- 4) celovitosti vodnega režima z ekohidrologijo, vključno s celovitostjo vodnega režima in rabe prostora,
- 5) celovitosti obravnavanja vseh dejavnosti na vodi in ob vodi,
- 6) celovitosti izvajanja ukrepov z opazovanji pred in med ukrepom ter po njegovi izvedbi,
- 7) celovitosti delovanja izvedenih ukrepov z dejanskimi scenariji pri napovedanih dogodkih, sistemom upravljanja in upoštevanjem negotovosti pri tem,

- 8) celovitosti pri izdelavi dokumentacije od idejne zasnove do projekta izvedenih del,
- 9) celovitosti ukrepanja pri načrtovanju gradbenih ukrepov,
- 10) celovitosti ukrepanja z gradbenimi in spremljajočimi negradbenimi ukrepi,
- 11) celovitosti poplavne varnosti in prostorskega planiranja ter
- 12) celovitosti v času ob upoštevanju dolgoročnih sprememb v prostoru, ki vplivajo na tveganja.

5. Zaključki – kako naprej

Civilizacije so odvezemale prostor vodi z urejanjem vodotokov in osuševanjem zemljišč za potrebe različne rabe že od predzgodovinskih časov. Dela na odvzemanju so se še posebej intenzivno pričela v 19. stoletju in trajala do konca 20. stoletja. Z nenadzorovanim zaraščanjem in zasipanjem rečnih strug se nadaljuje odvzem vodnega prostora.

V sodobnem družbenem razvoju se povečuje delež mestnega prebivalstva. V naslednjem desetletju bo delež mestnega prebivalstva presegel delež kmetijskega na globalni ravni. Mesta z milijon in več prebivalcev niso redkost. Globalno se prideluje dovolj hrane za oskrbo prebivalstva in ni več potreb po dodatnih kmetijskih površinah.

Na Nizozemskem, kjer je, zahvaljujoč območnim vodnim skupnostim, vodarstvo še najbolj organizirano, so pričeli s programom vračanja prostora rekam »More room for the river«, slovenski Odbor za IHP Unesco pa je sprožil podobno akcijo »Več prostora za vode«.

6. Viri

[1] VLADISAVLJEVIĆ, Ž., 1969. O vodoprivredi, pogledi i metode, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu i Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi".

[2] WWAP, 2016. Water and Jobs, The United Nations World Water Development Report 2016, UNESCO.

OSKRBA S PITNO VODO TER ODVODNJAVANJE IN ČIŠČENJE KOMUNALNIH ODPADNIH VODA V SLOVENIJI: STANJE, PROBLEMI, PERSPEKTIVE

dr. Uroš Krajnc, univ. dipl. inž. grad.

Institut za ekološki inženiring, Ljubljanska ulica 9, 2000 Maribor

POVZETEK

Obveze Republike Slovenije pri oskrbi s pitno vodo ter odvodnjavanju in čiščenju komunalnih odpadnih voda sledijo zakonodaji Evropske Unije, to je Direktive o komunalnih odpadnih vodah ter Direktive o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi. V slovenski pravni prostor so bile obveze vnesene v Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode za obdobje od 2005 do 2017, ter Operativni program oskrbe s pitno vodo 2006 in Operativni program oskrbe s pitno vodo za obdobje od 2015 do 2020.

Državni zbor Republike Slovenije je 17.11.2016 potrdil vpis pravice do pitne vode v ustavo. Slovenija poleg Slovaške tako postaja druga država EUa, ki je to pravico zapisala v ustavo. V skladu z ustavnim zakonom je v ustavo tako vnesen novi 70.a člen, ki določa, da ima vsakdo pravico do pitne vode.

V članku je podan pregled izvajanja obvez Republike Slovenije glede oskrbe s pitno vodo ter odvodnjavanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda. Podana je kritična primerjava obvez, ki sledijo iz evropske zakonodaje ter zahtev zapisa ustavne pravice do pitne vode. Za varno oskrbo s pitno vodo ni problematično le onesnaževanje virov pitne vode temveč stanje obstoječih vodovodnih sistemov, ki se praviloma preslabo vzdržujejo in obnavljajo.

Pri delovanju kanalizacijskih sistemov in komunalnih čistilnih naprav se pojavljajo težave zaradi intenzivnih kratkotrajnih nalivov, ki preplavljajo mešane kanalizacijske sisteme. Precej že izgrajenih čistilnih naprav bo treba rekonstruirati.

Ključne besede:

oskrba s pitno vodo, odvajanje odpadnih voda, čiščenje komunalnih odpadnih voda, operativni programi, poročanje Slovenije Evropski Uniji

1. Obveze Republike Slovenije kot članice Evropske unije na področju oskrbe s pitno vodo in odvajanja in čiščenja odpadnih voda

Ob vstopu v Evropsko Unijo je morala Slovenija harmonizirati svojo zakonodajo tudi na področju varstva okolja. Ključna evropska zakonodaja, katero je bilo potrebno vnesti v slovenski pravni red za odpadno vodo, je bila naslednja:

Direktiva o čiščenju komunalne odpadne vode (91/271/EGS, 98/15/EGS - Urban Waste Water Directive) ter Direktive o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi (98/83/EGS Drinking Water Directive). Prva direktiva zahteva izgradnjo čistilnih naprav (ČN) za vsa naselja (aglomeracije), ki so večja od 2000 prebivalcev, poleg tega zahteva izgradnjo terciarne stopnje čiščenja za občutljiva območja in območja, kjer je prisotna možnost evtrofikacije.

Oskrba s pitno vodo ter odvajanje in čiščenje komunalnih odpadnih voda v sloveniji: stanje, problemi, perspektive

Slovenija si je v fazi pogajanj izborila prehodno obdobje za realizacijo te direktive in sicer do konca leta 2007 za čistilne naprave (ČN) ČN večje od 100.000 PE; 2010 ČN večje od 15.000 PE, ; 2015 ČN med 2.000 in 15.000 PE in 2017 za ČN med 50 in 2000 PE. Na občutljivih območjih je obveza do konca leta 2008 za ČN večje od 10.000 PE in 2012 za ČN med 50 in 10.000 PE.

Izvedbeni predpis je bil Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode iz leta 2004 (za obdobje od 2005 do 2017). Za obdobje 2009 – 2012 je bil operativni program obnovljen. Ta dokument je postavil silno ambiciozen plan, da bodo vse odpadne vode v Sloveniji do leta 2017 čiščene v čistilnih napravah.

Spremembe operativnega programa so podane v dokumentu Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode iz leta 2015, po kateri je treba zgraditi kanalizacijske sisteme in čistilne naprave najpozneje do konca leta 2021, če gre za aglomeracijo s skupno obremenitvijo, enako ali večjo od 500 PE in manjšo od 2.000 PE, in iztok v občutljivo območje ter do konca leta 2023, če gre za aglomeracijo s skupno obremenitvijo enako ali večjo od 50 PE in manjšo od 500 PE in iztok v občutljivo območje oziroma manjšo od 2.000 PE in iztok v vodo, ki ni občutljivo območje.

Direktiva o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi, predpisuje javno oskrbo s pitno vodo za vse prebivalce. Izjema so naselja manjša od 50 prebivalcev.

2. Stanje pri oskrbi s pitno vodo

Stanje pri oskrbi s pitno vodo povzemamo po Operativnem programu oskrbe s pitno vodo za obdobje od 2015 do 2020. Mejo aglomeracij za pitno vodo je Operativni program postavil na 40 prebivalcih in ne na 50 prebivalcih. S tem je upošteval rezervo za razvoj. Število priključenih prebivalcev na javni vodovod in porabo vode na prebivalca prikazujeta preglednici 1 in 2.

Preglednica 1: Število priključenih prebivalcev na javni vodovod (vir SURS)

Število priključenih prebivalcev na javni vodovod	število	%
Število prebivalcev opremljenih z javnim vodovodom	1.781.881	86,5
Število prebivalcev neopremljenih z javnim vodovodom	277.233	13,5

Preglednica 2: Poraba vode na prebivalca in delež odpadne vode (vir podatkov: SURS)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Količina načrpane vode za javni vodovod (m3/prebivalca na leto)	89,5	89,5	81,4	81,6	82,7	82,9	81,7	80,9	81,1	82,4	82,2	79,6	79,6	79,7
Količina porabljene vode iz javnega vodovoda (m3/prebivalca na leto)	64	64	61	59,5	60	58,4	61,5	59,6	57,9	58,3	58	55,8	56,8	57,1
Voda dobavljena gospodinjstvom iz javnega vodovoda (m3/prebivalca)	44	46	43	42	43	44	44	42	41	41	41	38	38	38
Delež izpuščene prečiščene odpadne vode iz kanalizacijskih sistemov (%)	69,9	67,6	74	53,9	69,9	77,9	73,3	68,8	73,2	69,3	57,7	78	88,2	88,8
Delež izpuščene neprečiščene odpadne vode iz kanalizacijskih sistemov (%)	30	32	26	46	30	22	27	31	27	31	42	22	12	11

Vir: Statistični urad Republike Slovenije, Ministrstvo za okolje

Za varno oskrbo s pitno vodo je potrebno: količina pitne vode, kvaliteta pitne vode in zanesljivost sistema. Za doseganje stalne kvalitete vode v vodovodnem omrežju je potrebno uporabiti tehnološke postopke za pripravo vode.

Zdravstveno ustreznost pitne vode določajo mikrobiološki in kemijski parametri. Monitoring (spremljanje) je oblika nadzora ali pitna voda izpolnjuje zahteve Pravilnika o pitni vodi (Ur.l.RS št. 19/04, 35/04, 26/06 in 92/06), zlasti zahteve za mejne vrednosti parametrov (skladnost). Preverjanje in spremljanje skladnosti pitne vode iz javnih sistemov za oskrbo s pitno vodo poteka po letnem programu državnega monitoringa pitne vode, za kar skrbi Ministrstvo za zdravje RS in programu notranjega nadzora, katerega zagotavlja izvajalec javni vodovod. Državni monitoring zagotavlja Ministrstvo za zdravje, nosilec in izvajalec državnega monitoringa pitnih vod je Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano. Po njihovih podatkih se je v letu 2013 v Sloveniji 93 % prebivalcev oskrbovalo iz vodovodnih sistemov, pri katerih se je izvajal monitoring (spremljanje kakovosti) na mestu uporabe (pri uporabniku). Kakovost pitne vode ni bila znana za okoli 7 % prebivalcev, to so sistemi, ki oskrbujejo manj kot 50 oseb (npr. lastni viri, kapnice) ali ki v monitoring niso bili zajeti na primer zaradi nepopolnega zajema. Dostopnost do varne pitne vode se je v obdobju 2004 –2013 nekoliko izboljšala.

Kakovost pitne vode je pri velikih sistemih večinoma ustrezna oziroma zadostuje standardom. S stališča javnega zdravja so najbolj problematična najmanjša oskrbovalna območja (ki s pitno vodo oskrbujejo 50 do 500 ljudi), ker so v velikem deležu mikrobiološko onesnažena, zlasti fekalno, medtem ko je o njihovi kemijski onesnaženosti zelo malo podatkov. Večina teh sistemov (leta 2013 jih je bilo okoli 600 oz. 66 %) je bila vključena v monitoring zaradi zahtev Pravilnika o pitni vodi oz. direktive EU o pitni vodi. Ti sistemi ponekod nimajo določenih vodovarstvenih območij niti ustreznega strokovnega upravljanja in priprave pitne vode.

3. Stanje pri odvajanju in čiščenju odpadnih voda

Slovenija mora Evropski komisiji poročati o izvajanju direktive o čiščenju komunalne odpadne vode (Direktiva). Zadnje uradno poročilo o stanju na dan 31.12.2014 je Ministrstvo za okolje in prostor poslalo junija 2016. V njem podaja skladnost odvodnje in čiščenja aglomeracij s predpisanimi zahtevami glede čiščenja komunalne odpadne vode (Preglednica 3). Aglomeracija je območje poselitve, kjer je poseljenost ali opravljanje gospodarske ali druge dejavnosti zgoščeno tako, da je možno zbiranje komunalne odpadne vode v kanalizaciji in njeno odvajanje po kanalizaciji v komunalno čistilno napravo ali na končno mesto izpusta.

Preglednica 3: Število in delež območij poselitve aglomeracij skladne s predpisi (poročilo MOP 2016)

Velikost aglomeracije	Rok	Število aglomeracij	Skupna obremenitev (PE)	Aglomeracije skladne z zahtevami		Skupna obremenitev aglomeracij skladnih z zahtevami	
				število	delež [%]	[PE]	delež [%]
>10.000 PE občutljivo območja	2008	8	142.706	3	37,5	67.087	47
>15.000 območje ni občutljivo	2010	13	729.791	3	23,1	82.046	11,1
2.000 PE – 10.000 PE občutljivo območja	2015	26	101.349	4	15,4	20.046	20,7
2.000 PE- 10.000 PE območje ni občutljivo	2015	111	478.340	25	22,5	115.527	24,2

Poročano stanje odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode v Slovenijo je izrazito neugodno in po mojem mnenju ne kaže realne slike. V letih 2015-2016 se je zaključilo 22 večjih projektov iz finančne perspektive 2007 – 2013 v vrednosti cca 360 mio €. Med drugimi

se bile rekonstruirane čistilne naprave Domžale, Škofja Loka in Kranj. Zgrajenih je veliko novih čistilnih naprav, n.pr. Gornja Radgona, Radeče, Pragersko.

Po podatkih ARSO-a je obratovalo v letu 2016 116 čistilnih naprav kapacitete večje od 2000 PE (skupaj 2.362.437 PE), kar je bistveno več kot 1.452.186 PE, kar je skupna poročana kapaciteta (preglednica 3). Razlika je torej skoraj 900.000 PE.

Naslednja težava je meja, kdaj neko aglomeracijo uvrstimo kot skladno z zahtevo iz Direktive. Pri kohezivskih projektih iz perspektive 207 -2013 je veljala meja, da je cilj odvodnje priključitev 95 % prebivalcev na kanalizacijsko omrežje, kasneje se je ta meja dvignila celo na 97 %.

4. Problemi in perspektive pri oskrbi s pitno vodo

V Sloveniji imamo z bilančnega vidika na razpolago dovolj, tako površinske, kot tudi podzemne vode. Tudi pri morebitnih vplivih podnebnih sprememb oskrba s pitno vodo tako ne bi smela biti ogrožena. V Sloveniji so problemi oskrbe z vodo povezani predvsem z zagotavljanjem zdravstveno ustrezne pitne vode ter z njeno neenakomerno porazdelitvijo po Sloveniji. Tehnična dobava vode je odvisna predvsem od razpoložljivih sredstev in v manjši meri tudi od tehnologije priprave vode. Oskrba prebivalcev s pitno vodo v Sloveniji je vezana predvsem na podzemno vodo, saj kar 97% vse načrpane ali zajete vode prihaja iz podzemnih vodnih zalog. Te količine predstavljajo manj kot petino vseh zalog podzemne vode (Preglednica 4).

Preglednica 4: Zaloge podzemnih voda (vir: Brenčič in ostali, 2005)

Vrste zalog podzemne vode	Vse podzemne vode (razpoklinske in medzrske) [m ³ /s]	Podzemne vode v medzrskih vodonosnikih [m ³ /s]	Podzemne vode v razpoklinskih vodonosnikih [m ³ /s]
Zajete zaloge	10,6	4,7	5,9
Potencialne zaloge	38,8	13,8	25,0
Razpoložljive zaloge	49,6	18,9	30,8
Celotne zaloge	55,2	20,6	34,6

Potencialne zaloge so dinamične bilančne zaloge podzemne vode ob nizkih vodah. Razpoložljive zaloge podzemne vode so tiste zaloge podzemne vode, ki so obnovljive in bi jih lahko izkoriščali brez negativnih vplivov na okolje, to je predvsem praznjenja vodonosnikov.

Dolgoročna rešitev oskrbe s pitno vodo je ureditev upravljanja ali nadzora neustreznih majhnih vodovodnih sistemov ali njihova priključitev na večje sisteme z upravljavcem ter urejenim strokovnim upravljanjem ter nadzorom. To zahteva precejšnja dodatna sredstva.

17.11.2016 je bil razglašen Ustavni zakon o dopolnitvi Ustave RS z vsebino: vsakdo ima pravico do pitne vode, vodni viri so javno dobro v upravljanju države, vodni viri služijo prednostno in trajnostno oskrbi prebivalstva s pitno vodo in z vodo za oskrbo gospodinjstev in v tem delu niso tržno blago, oskrbo prebivalstva s pitno vodo in z vodo za oskrbo gospodinjstev zagotavlja država preko samoupravnih lokalnih skupnosti neposredno in neprofitno. Ustrezne zakone, je treba uskladiti s tem ustavnim zakonom v osemnajstih mesecih po njegovi uveljavitvi.

Zapisana ustavna pravica do pitne vode poraja vrsto vprašanj, med njimi glavno, ali imajo lokalne skupnosti (mestne občine, občine) obvezo oskrbeti s pitno vodo črnograditelje, vikendaška naselja in objekte, romska naselja, visokogorske kmetije, planinske kočje? Najbrž bo treba najprej postaviti razmejitev oskrbe iz vodovodnih sistemov (omrežij) in oskrbe preko vodnih zbiralnikov (vodohranov), ki se po potrebi polnijo s pitno vodo z dovozom vode s

cisternami ali z deževnico. Poraja se tudi vprašanje ali je deževnica kvalitetna pitna voda oziroma kakšno čiščenje zahteva.

Pravica do pitne vode se izkaže z »vodo pri uporabniku«. Med »vodnim virom«, ki ga eksplicitno varuje ustavni zakon in »vodo pri uporabniku« pa je zapleten komunalni sistem imenovan vodovod: vodovodni cevovodi in objekti kot so zajetja, črpališča, vodohrani, naprave za pripravo pitne vode). V obdobju prejšnje finančne perspektive (2007-2013) smo v Sloveniji izvedli velike projekte za boljšo oskrbo s pitno sodo: Slovenske Gorice, Pomurje, Trnovsko - Banjška planota, Haloze, Šaleška dolina, Ormoško območje, Obala, porečje Sotle, Porečje Dravinje. Žal ob novogradnjah nismo izvajali sanacije obstoječih sistemov, ki so starejši in mnogokrat »manj varni«.

Glede na Ustavni zakon pričakujemo novelacijo Operativnega programa oskrbe s pitno vodo za obdobje do leta 2020.

5. Problemi in perspektive pri odvajanju in čiščenju odpadnih voda

5.1 Padavinske vode v mešanih sistemih kanalizacije

Ključni problemi v večjih naseljih z mešanim sistemom kanalizacije so:

- Padavinsko vodo kritičnega naliva (do izbrane vrednosti padavin) je treba očistiti na čistilni napravi. Padavinsko vodo moramo ujeti in kontrolirano spuščati preko zadrževalnikov v čistilno napravo.
- Padavinske vode nad kritičnim nalivom (preko izbrane vrednosti padavin) se spuščajo v odvodnike, vodotoke. Dovoljeno je tudi ponikanje, da vodo ne vodimo po dolgih cevovodih do odvodnika. Pri ponikanju voda obstaja problem vodovarstvenih pasov (Ljubljana, Maribor, Skoke – Dobrovce), kjer po sedaj veljavni zakonodaji ni dovoljeno ponikanje niti za močno razredčeno odpadno vodo
- Na območjih novih pozidav (n.p.r. trgovskih centrov z velikimi parkirišči), gradimo kanalizacijo v ločenem sistemu.
- Izredno močni kratkotrajni nalivi povzročajo preplavitev obstoječih kanalizacijskih omrežij mešanega tipa. Četudi se pogostost pojavov takih nalivov razlaga s podnebnimi spremembami, se sredstev za rekonstrukcijo mešanih sistemov ne smejo namenjati iz sredstev za odpravljanje posledic podnebnih sprememb.

Dodatni vzvod za ločitev odpadnih in padavinskih voda je ločeno plačevanje odvajanja in čiščenja padavinske vode, ki so ga uvedla večja mesta v Sloveniji, Ljubljana, Celje in Maribor (meseca januarja 2017).

5.2 Potrebe po rekonstrukcijah obstoječih čistilnih naprav

Vse večje komunalne čistilne naprave v Sloveniji (večje od 2000 PE) so že izgrajene, izjema je čistilna naprava Ruše. Rekonstrukcijo obstoječih čistilnih naprav je potrebna, če sta neustrezna kvaliteta (predvsem manjka 3. stopnja) in kapaciteta čiščenja ali če so stroški čiščenja in končne dispozicije blata preveliki. V finančni perspektivi 2014-2020 se bo izvedla rekonstrukcija centralne čistilne naprave Ljubljana (povečanje kapacitete, 3. stopnja čiščenja).

6. Zaključki

V Sloveniji imamo dovolj zalog vode za oskrbo prebivalstva s pitno vodo, včasih celo preveč. Obilje vodnih virov pa ne pomeni, da so vsi prebivalci Slovenije preskrbljeni z neoporečno pitno vodo. Še vedno so potrebna velika vlaganja v obnovo obstoječih sistemov (cevovodi,

objekti), da se zmanjšao vodne izgube in poveča varnost vodovodnih sistemov ter s tem oskrbe s pitno vodo. Finansiranje, ki je breme lokalnih skupnosti, je ob sedanji finančni kondiciji občin, povsem nejasno, saj v finančni perspektivi 2014 - 2020 kohezijski sklad ne financira tovrstnih investicij.

Smatramo, da je za čiščenja odpadnih voda v Sloveniji dobro. Imamo dovolj čistilnih naprav, saj je bilo poleg vseh večjih, izgrajenih tudi 318 manjših čistilnih naprav (manj kot 2000 PE) s skupno kapaciteto 149.336 PE. Žal pa smo ob tem nekoliko prezrli doseganje ključnega cilja izgradnje čistilnih naprav, to je doseganja dobrega stanja vodnih teles. Te povezave ne najdemo v nobenih uradnih dokumentih.

7. Viri

KRAJNC, U, 2016, Izkušnje pri načrtovanju in izvedbi objektov komunalne hidrotehnike, financiranih s sredstvi kohezijskega sklada EU v finančni perspektivi 2007-2013; Ekolist revija o okolju 13, 8-14

BRENČIČ, M; KRAJNC, S, PRESTOR, J. Pitna voda v Sloveniji – možnosti pridobivanja ovih količin, Vodni dnevi 2005 Portorožu, 12. in 13. oktobra 2005.

Pitna voda v Sloveniji, Nacionalni inštitut za javno zdravje, Strokovna skupina za vode, Center za zdravstveno ekologijo Verzija: 17.3.2016

http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/pv_v_sloveniji_22_3_2016.pdf [dostop] 20.11.2016]

Operativni program oskrbe s pitno vodo za obdobje od 2015 do 2020, Ministrstvo za okolje in prostor, 2015

http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/pv_v_sloveniji_22_3_2016.pdf [dostop] 20.11.2016

Pravilnik o pitni vodi (Ur.LRS št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15),

NEUSKLAJENOST PREDPISOV IN PRAKSE NA PODROČJU ODVAJANJA IN ČIŠČENJA ODPADNIH VODA Z MODERNIMI EKOLOŠKIMI TRENDI

doc. dr. Darko Drev, doc. dr. Mario Krzyk

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko, Hajdrihova 28, 1000 Ljubljana

POVZETEK

Glavni cilj Direktive 91/271/EGS o čiščenju komunalne odpadne vode in njene dopolnitve, Direktive 98/15/EGS, je preprečitev prekomernega onesnaževanja površinskih in podzemnih voda. S čiščenjem se želi odstraniti iz odpadne vode čim več ogljika na način, da izhaja iz procesa čiščenja kot CO₂. Dušik in fosfor sta prav tako problematična elementa za onesnaženje vodnih teles, zato naj bi ju bilo prav tako treba odstraniti iz odpadne vode. V duhu te direktive so napisani tudi slovenski predpisi. Okvirna vodna Direktiva 2000/60/ES obravnava problematiko upravljanja voda bistveno bolj celovito in se ne omejuje le na en segment. Kljub temu so v Sloveniji pri malih komunalnih čistilnih napravah kriteriji stopnje očiščenja tako nizki, da ne zagotavljajo niti najosnovnejšega varovanja občutljivih vodnih teles (območja krasa, oskrbe s pitno vodo, kopalne vode, Natura 2000, itd.).

Ključne besede:

odpadne vode, čistilne naprave, zakonodaja

1. Uvod

Slovenija je v svoji strategiji gospodarskega razvoja v obdobju 2014 – 2020 [13] zapisala, da bo zmanjševala pritiske na okolje s spodbudami za znižanje onesnaževanja, z učinkovito rabo in upravljanjem z naravnimi viri, razvojem in uporabo proizvodov, storitev in tehnologij, ki bodo okolju prijazni ali bodo odgovarjali na izzive podnebnih sprememb. Takšen pristop pri odvajanju in čiščenju odpadnih voda zahtevajo tudi ustrezne evropske direktive. Žal se Slovenija na področju odvajanja in čiščenja odpadnih voda ne drži razvojnih usmeritev, ki jih je zapisala v strategiji gospodarskega razvoja [13]. Dosledno se ne drži niti usmeritev ustreznih evropskih direktiv na področju upravljanja voda. Preveč se omejuje le na zahteve Direktive 91/271/EGS o čiščenju komunalne odpadne vode [2], premalo pa upošteva zahteve vodne Direktive 2000/60/ES [4] in nekaterih drugih, njej podrejenih direktiv. Z nedavno uvedbo pravice do pitne vode v Ustavo RS [10], se bo moral odnos do odvajanja in čiščenja odpadnih voda bistveno spremeniti tudi v ruralnem okolju. To bo možno storiti predvsem z večjim varovanjem vodnih teles. Žal obstoječi predpisi na področju odvajanja in čiščenja voda tega ne predvidevajo.

2. Pregled stanja predpisov na področju odvajanja in čiščenja odpadnih voda

Vodna direktiva 2000/60/ES (v nadaljevanju: VD) [4] bistveno nadgrajuje zahtevo Direktive 91/271/EGS o čiščenju komunalne odpadne vode [2] in njene dopolnitve Direktive

98/15/EGS [3]. VD se ne zadovolji le s čiščenjem komunalnih odpadnih voda v smislu izvajanja Direktive 91/271/EGS [2], temveč zahteva ustrezno upravljanje porečij. Pri ustreznem izvajanju zahtev VD se ne bi smelo zgoditi, da mala komunalna čistilna naprava (MKČN), ki deluje skladno s predpisi, prekomerno onesnažuje eno izmed Triglavskih jezer. Takšnih in podobnih primerov neustreznega odvajanja in čiščenja odpadnih voda v ruralnem okolju je v Sloveniji veliko. To ne preseneča, saj obravnava Direktiva 91/271/EGS predvsem čistilne naprave, ki so večje od 2000 PE. Področje odvajanja in čiščenja odpadnih voda za čistilne naprave manjše od 2000 PE je prepuščeno državam članicam. Pri tem morajo upoštevati tudi zahteve VD in nekatere, njej podrejene direktive. Slovenija je pri pripravi predpisov o odvajanju in čiščenju odpadnih voda očitno pozabila, da je več kot polovico ozemlja kraškega, da se večina prebivalcev oskrbuje z vodo iz podtalnice, da imamo kopalne vode v naravnem okolju, da imamo veliko ozemlja v Naturi 2000, itd.

Slovenska predpisa, ki obravnavata delovanje komunalnih čistilnih naprav sta "Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav" (Uradni list RS, št. 45/07, 63/09, 105/10 in 98/15) [12] in "Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav" (Uradni list RS, št. 98/07, 30/10 in 98/15) [11]. Ti uredbi zahtevata od MKČN, da sta na iztoku vrednosti KPK manj od 150 mg O₂/L in BPK₅ manj od 30 mg O₂/L. To velja za čistilne naprave velikosti do 2000 PE. Za male komunalne čistilne naprave pa je zahtevano le, da je na iztoku dosežen KPK manjši od 200 mg O₂/L. Zato ni čudno, da mala SBR ČN na planinski koči dosega predpisane učinke, a kljub temu prekomerno onesnažuje okolje. Za varovanje občutljivega vodnega telesa, kot je Triglavsko jezero, bi morala dosežati MKČN bistveno učinkovitejše čiščenje glede KPK, BPK₅, dušikovih in fosforjevih spojin. V takšnih primerih pa bi odpadna voda morala biti na iztoku MKČN tudi mikrobiološko očiščena. Takšnih zahtev zgoraj navedeni uredbi ne vsebujeta, zato sta po našem mnenju neskladni z VD.

Naši predpisi morajo na področju odvajanja in čiščenja odpadnih voda upoštevati tudi specifične zahteve direktiv, ki spadajo pod okvirno vodno direktivo, ki ustrezno skrbi za varovanje vodnih teles preko specifičnih direktiv, ki so namenjene problematiki vodooskrbe prebivalstva, kopanju, gojenju rib, školjk, itd. Tudi pri varovanju krasa, narodnih parkov, itd. se smiselno upošteva določila vodne direktive, kar je sicer podrobneje definirano v Direktivi 92/43/EGS o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živčih živalskih in rastlinskih vrst [7].

Vodna direktiva daje prednost vodi, ki je namenjena za prehrano ljudi. To področje je podrobno definirano v Direktivi 98/83/ES [8] in njeni dopolnitvi Direktivi (EU) 2015/1785 (9). Zagotavljanje ustrezne kakovosti kopalnih voda v naravnem okolju pa je definirano v Direktivi 2006/7/ES [4] o upravljanju kakovosti kopalnih voda. Ustrezna skrb za preprečevanje prekomernega onesnaževanja vodnih teles z nitrati je definirana v Direktivi 91/676/EGS o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov [9].

Obstaja še nekaj drugih direktiv, ki jih je potrebno upoštevati pri odvajanju in čiščenju odpadnih voda. Med te spadata tudi Direktiva 2010/75/EU o celovitem preprečevanju in nadzoru onesnaževanja okolja [5] in Direktiva 2008/98/ES o odpadkih [6].

Direktiva 2010/75/EU [5] zahteva uporabo najboljših razpoložljivih tehnologij (BAT). Zajema predvsem večje onesnaževalce, njena logika pa se uporablja splošno. Ta direktiva zahteva, da se uporablja pri odvajanju in čiščenju odpadnih voda najboljša razpoložljiva tehnologija. To velja tudi pri ravnanju z odpadki, ki nastajajo pri odvajanju in čiščenju odpadnih voda. Direktiva 2008/98/ES [6] bistveno spreminja odnos do odpadkov, ki nastajajo pri odvajanju in čiščenju odpadnih voda.

Moderni trendi ravnanja z okoljem nadgrajujejo tudi EU direktive na področju odvajanja in čiščenja voda. Očiščena voda na iztoku iz čistilnih naprav postaja vedno bolj dragocena in se zato pogosto več ne izpušča v okolje, temveč se koristno porabi. Takrat so pomembni drugačni kriteriji, kot pri izpustu v okolje. Če se uporabi očiščena voda za namakanje v kmetijstvu, je zaželeno, da v vodi ostanejo nitrati in fosfati, ki so pomembno gnojilo – denitrifikacija in

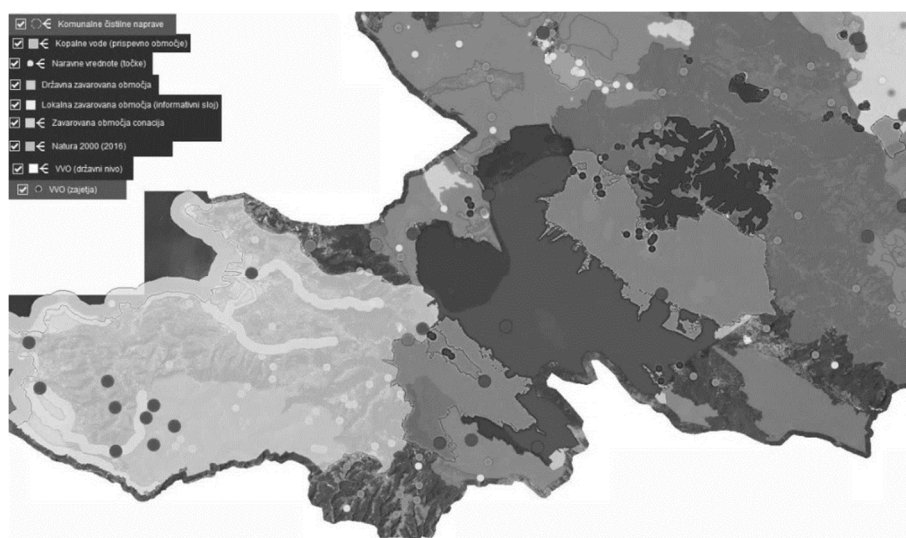
defosfatizacija v teh primerih nista potrebni. Če pa gre za pridelavo zelenjave, grozdja, sadja, pašnike, itd. je pomembno, da je voda mikrobiološko očiščena. Tudi v primeru, ko uporabimo očiščeno vodo za tehnološke namene, je v večini primerov važno, da je voda mikrobiološko očiščena.

3. Primeri območij z večjimi zahtevami pri čiščenju odpadnih voda

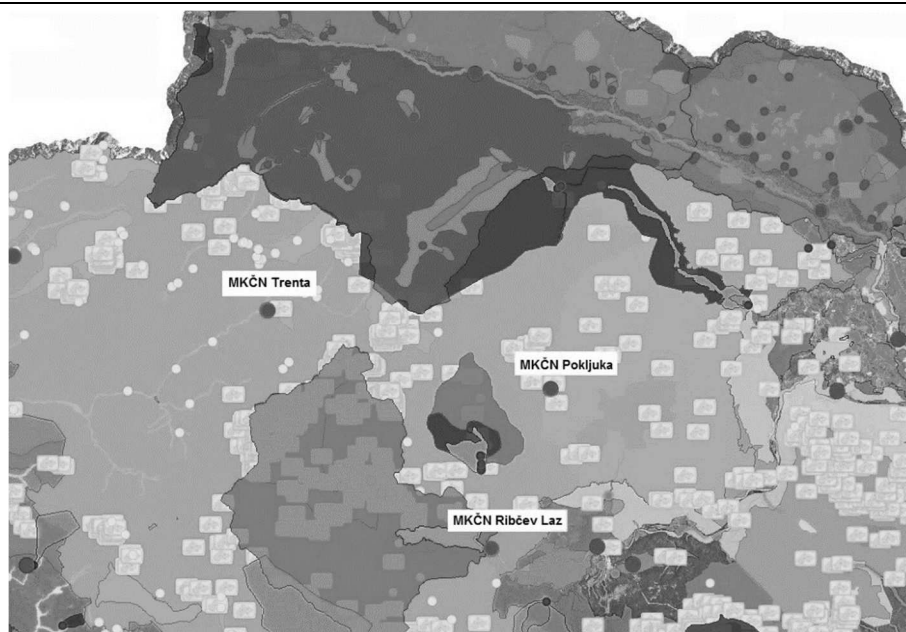
Na Sliki 1 je prikazano širše zaledje Kopra z malimi komunalnimi čistilnimi napravami, od katerih se zahteva, da na iztoku v odpadni vodi KPK ni večji od 150 mg O₂/L in BPK₅ ni večji od 30 mg O₂/L [1]. Za MKČN Kastelec, ki ima kapaciteto 50 PE, pa je dovolj, da KPK ni večji od 200 mg O₂/L. Iz slike je razvidno, da je celotno območje občutljivo zaradi dodatnih kriterijev, ki zahtevajo večjo skrb za varovanje vodnih teles. Takšne povečane skrbi za varovanje vodnih teles žal ne predvidevajo obstoječi predpisi, ki določajo višje mejne vrednosti emisij KPK pri komunalnih čistilnih napravah velikosti do 50 PE, vrednosti za BPK₅ pa niso določene.

Podobna situacija je tudi v drugih delih Slovenije, kamor spada tudi področje Triglavskega narodnega parka. Na Sliki 2 so narisane le MKČN kapacitete do 500 PE.

Če bi bila voda iz koprške KČN ustrezno mikrobiološko očiščena, ki se lahko uporabljala za namakanje v kmetijstvu (nekoliko večja vsebnost nitratov in fosfatov v primerjavi s pitno vodo ne bi bila moteča, ampak celo zaželena), kot tehnološka voda v industriji, avtopralnicah, industrijskih pralnicah, v luki Koper, itd. Uporabljala bi se lahko tudi kot »siva« sanitarna voda za splakovanje WC kotličkov. Tudi voda iz MKČN bi se lahko uporabljala za različne namene. Ker je v Sloveniji vode relativno veliko, ne obstaja resna potreba po masovni uporabi očiščene vode iz komunalnih čistilnih naprav. Obstaja pa potreba, da vodo bistveno bolj učinkovito očistimo zaradi tega, da ne onesnažujemo okolja.



Slika 1, Prikaz razporeditve komunalnih čistilnih naprav in vodnih zajetij v zaledju Kopra ter nekatera najpomembnejša občutljiva območja (atlas okolja, ARSO)



Slika 2, Prikaz območja Triglavskega narodnega parka z vrisanimi MKČN do 500 PE ter območji, ki zahtevajo večjo skrb pri odvajanju in čiščenju odpadnih voda (atlas okolja, ARSO)

4. Zaključki

V velikem delu sveta primanjkuje sladke vode, zato se naj očiščena voda ponovno uporablja. Vendar pa so za veliko načinov ponovne rabe očiščene vode zahteve Direktive 91/271/EGS o čiščenju komunalne odpadne vode [2] neprimerne. Vodo je namreč potrebno očistiti po kriterijih, ki so pomembni pri ponovni rabi vode. Takšno možnost morajo upoštevati predpisi, ki obravnavajo odvajanje in čiščenje odpadnih voda. Za Slovenijo bi torej predpisi morali dopustiti možnost ustrezne stopnje čiščenja odpadne vode tako, da bi se nato lahko uporabljala v določene namene. Na primer, če bi vodo iz ČČN Koper uporabljali za namakanje v kmetijstvu v poletnih mesecih, bi ta voda morala biti ustrezno mikrobiološko očiščena, ne da bi bilo potrebno odstranjevanje dušikovih in fosforjevih spojin.

Za Slovenijo je vitalnega pomena, da bistveno bolj varuje vodna telesa, kot jih je varovala doslej. To je pomembno predvsem na občutljivem ruralnem območju. Učinkovito varovanje vodnih teles pred onesnaževanjem mora zajemati tudi učinkovito odvajanje in čiščenje odpadnih voda. Učinkovitost čiščenja srednjih in velikih KČN je po našem mnenju ustrezno urejena v EU direktivah in tudi v naših predpisih.

Zelo velik problem pa predstavljajo KČN velikosti do 2000 PE. Predpisani kriteriji za delovanje MKČN so povsem neprimerni za občutljiva ruralna območja. Takšna območja v Sloveniji zajemajo večji del ozemlja. Pri pripravi "Uredbe o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav" (Uradni list RS, št. 98/07, 30/10 in 98/15) [11] smo nekateri strokovnjaki zahtevali, da se tudi od MKČN zahteva vsaj takšne učinke čiščenja, kot veljajo za velike KČN, kadar so locirane na občutljivih območjih. Vendar nismo bili uspešni. Kriteriji za MKČN do 50 PE so se v zadnji spremembi uredbe celo znižali.

Slabo očiščena odpadna voda ogroža vrsto naravnih vrednot, kot so: Škocjanske jame, Postojnska jama, Triglavsko jezero, itd. Zato je skrajni čas, da se deklarativno okoljsko opredeljena politika začne izvajati tudi v praksi. Naše raziskave kažejo, da bolj učinkovito čiščenje odpadnih voda ni nujno tudi dražje. Male MBR ČN niso bistveno dražje od klasičnih ČN. Rastlinske čistilne naprave, ki lahko tudi ustrezno mikrobiološko očistijo odpadne vode,

pa so lahko celo cenejše. Tudi z nadgradnjo obstoječe tri prekatne greznice v rastlinsko gredo, lahko dobimo zelo učinkovito čistilno napravo, ki ne bo prekomerno onesnaževala okolja.

5. Viri

- [1] ARSO, Atlas okolja, http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso.
- [2] EU, Direktiva 91/271/EGS o čiščenju komunalne odpadne, Uradni list Evropske unije, L 135/40, 1991.
- [3] Direktiva 98/15/ES o spremembi Direktive Sveta 91/271/EGS glede nekaterih zahtev, določenih v Prilogi I k Direktivi, Uradni list Evropske unije, L 67/29, 1998.
- [4] EU, Direktiva 2000/60/ES o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike, Uradni list Evropske unije, L 327/1, 2000.
- [5] EU, Direktiva 2010/75/EU o industrijskih emisijah (celovito preprečevanje in nadzorovanje onesnaževanja), Uradni list Evropske unije, L 334/17, 2010.
- [6] EU, Direktiva 2008/98/ES o odpadkih in razveljavitvi nekaterih direktiv, Uradni list Evropske unije, L 312/3, 2008.
- [7] EU, Direktivi 92/43/EGS o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst, 1992L0043 —SL— 01.01.2007 — 005.001— 1, 1992.
- [8] EU, Direktiva 98/83/ES o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi, Uradni list Evropske unije, L330/32, 1998.
- [9] EU, Direktiva (91/676/EGS) o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov, Uradni list Evropske unije, L 375/1.
- [10] RS, Ustavni zakon o dopolnitvi III. Poglavja Ustave Republike Slovenije (UZ70a), Uradni list RS, št. 75, 2016.
- [11] RS, Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS, št. 98/07, 30/10 in 98/15).
- [12] RS, Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS, št. 45/07, 63/09, 105/10).
- [13] RS, Strategija razvoja Slovenije 2014 – 2020 (osnutek), Ministrstvo za gospodarstvo, 2013.

RABA PODATKOV IN INFORMACIJ DRŽAVNEGA HIDROLOŠKEGA MONITORINGA

dr. Mira Kobold

Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, 1000 Ljubljana

POVZETEK

Voda je ključni vremenski dejavnik, od katere je odvisno vso življenjsko okolje. Če je vode ravno dovolj, smo posamezniki in celotna družba zadovoljni. Če jo je preveč, imamo težave s poplavami, če premalo, pa s sušo. Agencija RS za okolje izvaja državni monitoring hidroloških pojavov z mrežo merilnih postaj, ki je bila v projektu BOBER skoraj v celoti posodobljena. Uvedba sodobnih merilnih metod in sistemov ter samodejni prenos podatkov zagotavljajo številne sprotne podatke in informacije ne samo strokovni, ampak tudi širši javnosti. Vključevanje podatkov v sisteme napovedovanja zagotavlja zanesljivejše modelske produkte ter izboljšano napovedovanje in opozarjanje pred izrednimi hidrološkimi in meteorološkimi dogodki, kar posredno vpliva na zmanjšanje števila človeških žrtev in gnotne škode. Zgodovinski hidrološki podatki so neprecenljiv vir podatkov za ocene vodne bilance in načrtovanje trajnostne rabe vode, za statistične analize hidroloških parametrov in analize trendov ter sprememb hidrološkega režima voda. Podatki državnega hidrološkega monitoringa so nepogrešljivi v procesih načrtovanja in upravljanja z vodami, rabe prostora in graditve objektov, pri proizvodnji električne energije, oceni kemijskega in ekološkega stanja voda, rekreativni rabi voda in nenazadnje, v izobraževanju in raziskovalni dejavnosti.

Ključne besede:

hidrološki monitoring, merilna mreža, projekt BOBER, hidrološki podatki, hidrološki prognostični sistem, količinsko stanje voda, pretok

1. Uvod

Državni monitoring hidroloških pojavov, ki ga izvaja Agencija RS za okolje, obsega meritve in ocenjevanje količinskega stanja voda, ugotavljanje hidroloških značilnosti vodnih območij in vodnih teles, vodne bilance ter spremljanje, analiziranje in napovedovanje hidroloških sprememb na vseh elementih hidrološkega cikla na vodah. Hidrološki monitoring sestavljajo merilne postaje, ki merijo spremenljivke, potrebne za ugotavljanje vodnih količin in pretočnih režimov, s poudarkom na sprotnem ocenjevanju stanja površinskih voda in ocenjevanju dolgoročnih sprememb v vodnem krogu.

Med naloge državne hidrološke službe sodijo upravljanje in vzdrževanje državne mreže hidroloških postaj, izvajanje meritev, zbiranje in obdelovanje podatkov, ocenjevanje količinskega stanja voda ter proučevanje hidroloških pojavov, spremljanje hidroloških razmer in pripravljanje ter posredovanje hidroloških podatkov in napovedi, v primeru visokih voda in poplav pa tudi opozoril. Nadalje služba skrbi za vzpostavitev, vodenje in vzdrževanje zbirke podatkov monitoringa in hidrološkega informacijskega sistema, pripravo vodnih bilanc in ocen vodnih virov, objavo hidroloških podatkov in rezultatov hidroloških analiz ter izvrševanje mednarodnih obveznosti države s področja hidrološkega monitoringa in hidrološkega napovedovanja ter obveščanja.

Razvoj hidrološkega monitoringa v Sloveniji poteka po priporočilih Svetovne meteorološke organizacije *Guide to hydrological practices* (WMO, No. 168). Že v preteklosti je bila merilna mreža načrtovana tako, da omogoča skladen in izčrpen pregled količinskega stanja površinskih voda in ostalih hidroloških parametrov (vodostaja in temperature vode ter vsebnosti suspendiranega materiala, na morju pa valovanja, plimovanja, morskega toka in temperature morja). Za hidrološko spremljanje in napovedovanje hidroloških razmer ter opozarjanje pred škodljivim delovanjem voda je pomembno, da je mreža merilnih mest zasnovana tako, da so podatki dosegljivi v realnem času, lokacije vodomernih postaj pa naj bi bile gorvodno od poplavno ogroženih območij.

Sistem hidroloških opazovanj in meritev kot tudi število vodomernih postaj se je v zgodovini na območju Slovenije spreminjalo in prilagajalo trenutnim potrebam in razvoju merilne opreme (Bat, 2008). Izbor merilnih mest, ki sodijo v mrežo državnega hidrološkega monitoringa, ustreza več kriterijem. Osnovni kriterij je vodozbirno zaledje oz. vodno telo površinske vode. Merilno mesto mora pri pridobivanju hidroloških podatkov ustrezati zahtevam za ocenjevanje hidrološkega stanja površinskih voda, vodnega bilanciranja, načrtom upravljanja z vodami v smislu rabe vode in rabe prostora, oceni količinskega stanja površinskih in podzemnih voda ter ocenjevanju kemijskega in ekološkega stanja voda. Kriterij so tudi mejni in čezmejni vodotoki, saj se podatki mejnih profilov meddržavno izmenjujejo in usklajujejo.

2. Stanje po zaključku projekta BOBER

Agencija RS za okolje je med letoma 2009 in 2015 izvajala projekt »Nadgradnja sistema za spremljanje in analiziranje stanja vodnega okolja v Sloveniji«, poimenovan s kratico BOBER, kar pomeni Boljše Opazovanje za Boljše Ekološke Rešitve (ARSO, 2010). Osnovni cilj projekta je bil zagotoviti zanesljive, kakovostne in prostorsko reprezentativne meteorološke in hidrološke podatke, ki bodo omogočili celovito spremljanje in analiziranje stanja vodnega okolja v Sloveniji ter natančnejše napovedovanje vremenskih in hidroloških razmer, še posebej poplav. Vrednost projekta je bila 33 milijonov EUR, od tega je Kohezijski sklad EU prispeval 85 %, proračun RS pa 15 %.

Največji investicijski projekt v zgodovini meteorološke in hidrološke službe je agencija uspešno zaključila ter tudi predstavila rezultate projekta (ARSO, 2015; Roškar, 2015). Največji del projekta je bil namenjen izgradnji merilne infrastrukture na 281 merilnih mestih, od katerih jih je največ, 145 na površinskih vodah, 46 na podzemnih vodah, 90 pa je meteoroloških postaj. Posodobljena merilna mreža omogoča sproten dostop do številnih okoljskih podatkov. Postavljen je bil nov vremenski radar na Pasji ravni ter posodobljen radar na Lisci. Rezultat obeh radarjev je integrirana radarska slika, ki pokriva celotno Slovenijo in bližnjo okolico. Agencija RS za okolje je bogatejša za nov laboratorijski prizidek, kjer so ustrezne prostore za svoje delovanje dobili kemijsko-analitski, biološki in umerjevalni laboratorij ter meteorološka in hidrološka prognostična služba. Nova je tudi oprema za umerjanje merilnih naprav in laboratorijski instrumenti, ki ustrezajo najnovejšim analitskim standardom. Služba za morsko meteorologijo in oceanografijo je dobila svoje prostore v Izoli. Razvita in vzpostavljena so bila operativna modelska orodja: hidrološki prognostični sistem za spremljanje in napovedovanje stanja slovenskih rek, morski prognostični sistem za napovedovanje stanja morja v Sloveniji (morskih tokov, valovanja in plimovanja morja ter širjenje oljnih madežev), sistem za podporo odločanju na aluvialnih telesih podzemnih voda Slovenije in sistem za spremljanje kmetijske suše. Za obvladovanje in hrambo podatkov je bila posodobljena računalniška infrastruktura ter nabavljen nov visoko zmogljiv računanik za poganjanje modelov.

2.1 Pomen pridobitve novih hidroloških merilnih mest

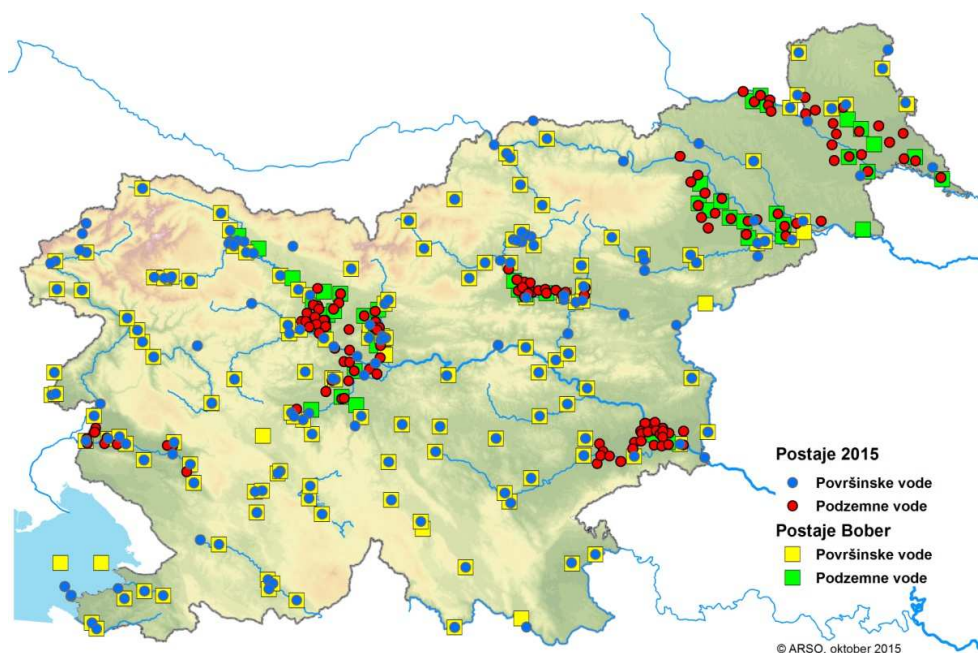
Ko smo leta 2007 pripravljali strokovna izhodišča za projekt (Kobold et al., 2007), je bila opremljenost merilnih mest na površinskih vodah zelo različna. Uporabljali smo različne tipe limnigrafov in zapisovalnikov podatkov, na četrtini postaj pa so honorarni opazovalci enkrat

ali večkrat dnevno beležili podatke. Samodejni prenos podatkov v center na sedežu ARSO je potekal s 34 vodomernih postaj. Vsa porečja oziroma večji vodotoki tudi niso bili pokriti s samodejnimi postajami in prognostična služba, ki vsakodnevno spremlja hidrološke razmere slovenskih rek, analizira podatke, izdaja poročila in napovedi ter ob izrednih hidroloških razmerah opozorja na nevarnost pred poplavami in drugimi izrednimi hidrološkimi dogodki, ni imela celovitega pregleda nad stanjem vodnatosti rek po državi. Sprotni podatki s samodejnih merilnih postaj so zato nepogrešljivi za redno spremljanje hidrološkega stanja in za pripravo zanesljivih hidroloških napovedi ter opozoril.

V okviru projekta BOBER je bila posodobljena skoraj celotna mreža hidroloških merilnih mest, nekaj postaj je bilo na novo zgrajenih (slika 1). Od leta 2016, ko se je projekt v celoti zaključil, poteka hidrološki monitoring površinskih voda na 196 merilnih mestih, od tega je 182 samodejnih postaj s sprotnim prenosom podatkov. V ta nabor so vključene tudi tri oceanografske boje, kjer se spremlja morski tok, valovanje in temperatura morja. V programu hidrološkega monitoringa, ki ga agencija letno objavi na svoji spletni strani, je podan nabor merilnih mest z navedbo merjenih parametrov, postopkov in pogostostjo meritev. Pri vsem tem je za zagotavljanje kakovosti podatkov z merilnih mrež ključno redno vzdrževanje merilnih mest in merilne opreme ter sprotno odpravljanje napak v delovanju merilnih postaj.

Uvedba sodobnih merilnih metod in sistemov, samodejni prenos podatkov in avtomatska predhodna kontrola podatkov zagotavljajo številne sprotne podatke in informacije ne samo strokovni, ampak tudi širši javnosti. Podatki novo zgrajenih samodejnih postaj so preko informacijskega sistema ARSO prenašajo in osvežujejo na 10 minut. Vključevanje vseh teh podatkov v sisteme napovedovanja zagotavlja zanesljivejša modelske produkte ter pravočasno in natančnejše opozarjanje na visoke vode in poplave.

S hidrološkim prognostičnim sistemom, ki ga je agencija vzpostavila v projektu BOBER (Petan et al., 2015), je hidrološka služba dobila operativno orodje za spremljanje in napovedovanje stanja slovenskih rek. Modelske točke, v katerih se računajo hidrološki parametri, so usklajene z mrežo vodomernih postaj. Pri tem je pomembno tudi, da na teh lokacijah razpolagamo z dolgoletnim nizom opazovanj, saj so zgodovinski podatki osnova za določitev hidroloških statistik in kazalcev ter določitev mejnih in opozorilnih vrednosti. Vhodni podatki v hidrološki prognostični sistem so meritve in napovedi meteoroloških spremenljivk kot tudi izmerjeni pretoki rek. Rezultati sistema se obnavljajo vsako uro in omogočajo napoved stanja slovenskih rek za šest dni vnaprej. Hidrološke napovedi in opozorila so pomemben člen v sistemu zgodnjega opozarjanja na poplave in zaščite pred njimi. Napovedi pretokov so uporabne tudi v gospodarskih panogah, na primer v elektrogospodarstvu, kmetijstvu, turizmu in drugih družbenih dejavnostih.



Slika 3: Lokacije hidroloških merilnih mest celotne mreže po končanju projekta BOBER (vir: ARSO)

2.2 Kontrola in dostopnost podatkov

Vsi podatki, pridobljeni s hidroloških merilnih mest, se pred objavo podatkov in arhiviranjem v podatkovni zbirki predhodno kontrolirajo in strokovno obdelajo preko osnovnih in višjih obdelav. Osnovna obdelava temelji na predhodni kontroli vseh podatkovnih virov z rezultati kontrolnih meritev vodostajev in temperature vode. Za kratkotrajne izpade se izvede dopolnitev oz. korelacija manjkajočih podatkov. V sklopu višjih obdelav se izdela pretočne krivulje, s katerimi določamo odnose med meritvami vodostajev in pretoki rek. Na osnovi pretočnih krivulj se izdela preračun vodostajev v pretoke, izvede se pretvorbe urnih v dnevne vrednosti, bilančne izravnave in usklajevanje pretokov vzdolž vodotokov. Dokončno obdelani in verificirani podatki se arhivirajo v zbirko hidroloških podatkov Agencije RS za okolje, uporabniki pa jih lahko črpajo iz zbirke hidroloških podatkov površinskih voda preko spletne strani agencije (<http://www.arso.gov.si/>).

Podatki samodejnih merilnih mest se sprotno objavljajo na spletnih straneh Agencije RS za okolje. Prenos podatkov samodejnih postaj poteka blizu realnega časa z do polurnim časovnim zamikom pri posredovanju podatkov v podatkovno zbirko ARSO. Prikazani hidrološki podatki imajo zaradi samodejnega prenosa iz hidroloških postaj in prvostopenjske avtomatske kontrole zgolj začasni in splošno informativni pomen. Zaradi spreminjanja hidrometričnega razmerja vodostaj – pretok, ki izhaja predvsem iz posebnosti pretočnih režimov, se lahko v postopku obdelav pred uradno objavo izvedejo tudi značilno pomembni popravki podatkov.

Iz arhivskih hidroloških podatkov se izvajajo obdobjne statistične analize značilnih vrednosti hidroloških parametrov, krivulje trajanja, izračun povratnih dob, analize trendov in sprememb režima površinskih voda, ter študije izrednih hidroloških dogodkov in pojavov. Podatki hidrološkega monitoringa površinskih voda se objavljajo v mesečnem biltenu in tekočih publikacijah Agencije RS za okolje.

3. Kdo so uporabniki podatkov državnega hidrološkega monitoringa

Podatki državnega hidrološkega monitoringa so namenjeni strokovni in splošni javnosti in služijo za različne namene rabe kot so:

- napovedovanje in izdajanje opozoril pred škodljivim delovanjem voda za zaščito življenj in zmanjšanje materialne škode,
- načrtovanje in upravljanje z vodami,
- raba prostora in graditev objektov,
- izdelava poplavnih kart,
- proizvodnja energije,
- spremljanje okoljskih razmer in zaščita vodnih habitatov,
- zaščita kakovosti vode in urejanje izpustov škodljivih snovi,
- upravljanje vodnih pravic in vprašanja čezmejnih voda,
- turistična in rekreacijska raba,
- izobraževanje in raziskave.

Vsaka od naštetih kategorij rabe ima vrsto uporabnikov in rab podatkov ter upravičencev.

Na področju obvladovanja poplavne ogroženosti so podatki hidrološkega monitoringa ključni pri napovedovanju poplav, opozarjanju pred poplavami in interventnem ukrepanju. Državna hidrološka prognostična služba izvaja proces dnevnega spremljanja in napovedovanja hidroloških razmer ter opozarjanja pred izrednimi hidrološkimi pojavi v smislu varovanja imetja, zdravja in življenj ter zmanjšanja posledic škodljivega delovanja voda. Strokovnim službam in javnosti dnevno posreduje hidrološka poročila o trenutnih in predvidenih hidroloških razmerah. V primeru visokih voda in poplav izdaja opozorila o izrednih hidroloških razmerah, v primeru daljših sušnih obdobj pa bilten o hidrometeoroloških razmerah v Sloveniji.

Podatki hidrološkega monitoringa so osnova za umerjanje hidroloških in hidravličnih modelov in za določevanje in kartiranje poplavnih območij, izdelavo poplavnih kart, načrtovanje protipoplavnih gradbenih ukrepov, pripravo načrtov zaščite in reševanja ter dokumentiranje in analiziranje poplavnih dogodkov. Nepogrešljivi so v procesih načrtovanja in upravljanja z vodami ter rabe prostora in graditve objektov, v zadnjih letih pa tudi v zavarovalništvu za zavarovanje premoženja pred poplavami.

S podatki hidrološkega monitoringa zagotavljamo hidrološke podatke za oceno kemijskega in ekološkega stanja vodnih teles površinskih voda za mesta vzorčenja, ki so vključena v monitoring stanja voda. Hidrološki podatki so tudi element hidromorfološkega vrednotenja stanja voda, kar izhaja iz zahtev Okvirne vodne direktive (Direktiva 2000/60/ES).

Nekatere rabe hidroloških podatkov izhajajo direktno iz zakonodajnih predpisov. V postopku izdaje vodnega dovoljenja za rabo vode so izhodišča za določitev ekološko sprejemljivega pretoka podatki o srednjih malih pretokih (sQnp) in srednjih pretokih (sQs), ki jih zagotavlja agencija iz podatkov državnega hidrološkega monitoringa (Uradni list RS, št. 97/09). V kolikor za mesto odvzema ne obstajajo podatki državnega hidrološkega monitoringa, se izdela ocena srednjega malega in srednjega pretoka za mesto odvzema z izračuni na podlagi podatkov o razmerjih pretoka in velikostih prispevnih površin hidrološko podobnega povodja ali porečja. Imetniki vodnih pravic lahko za spremljanje ekološko sprejemljivega pretoka uporabljajo ustrezno mersko mesto državne hidrološke mreže. Ocena srednjega malega pretoka se določa tudi za mesta iztokov odpadnih vod v vodotok za izračun mejnih vrednosti parametrov onesnaženosti (Uradni list RS, št. 64/12).

Zelo narašča tudi uporaba hidroloških podatkov za rekreativne in turistične namene v dejavnostih kot so ribolov, veslanje, rafting, kajakaštvo in drugi vodni športi ter dejavnosti na vodi. Zaradi ugodnih temperatur vode v poletnih mesecih in dobrega stanja voda je v Sloveniji vedno več območij kopalnih voda na rekah in jezerih, kjer je poleg pretoka ali višine vode pomemben podatek tudi o temperaturi vode, ki se meri na večinoma vseh samodejnih postajah.

Z analizo arhivskih podatkov hidrološkega monitoringa ugotavljamo spremembe vodnega režima in časovne spremembe ter trende hidroloških spremenljivk v prostoru (Kobold et al., 2012). Za analize časovnih vrst in razumevanje vpliva podnebnih sprememb so zlasti pomembni dolgoletni zgodovinski nizi podatkov. Variabilnost v hidrologiji je pomembna tema v številnih raziskavah, zlasti v povezavi s podnebnimi spremembami. Dosledno merjeni nepristranski podatki so osnova za modeliranje kompleksnih interakcij med fizikalnimi in naravnimi sistemi. Podatki monitoringa, zgodovinski in sprotni, imajo zato veliko vrednost za študente, raziskovalce in znanstvene organizacije.

4. Zaključki

Naloge državne hidrološke službe so izvajanje in načrtovanje državnega hidrološkega monitoringa, spremljanje, napovedovanje in obveščanje o hidroloških razmerah ter opozarjanje pred izrednimi hidrološkimi pojavi, obdelava in hramba podatkov ter zagotavljanje njihove kakovosti ter dostopnosti do podatkov, preučevanje hidroloških pojavov in razvoj analitskih in prognostičnih metod, priprava hidroloških analiz in ocen količinskega stanja voda, analiza vodne bilance in analize prihodnjih razmer vključujoč podnebne spremembe, ter zagotavljanje informacij za potrebe drugih državnih organov.

Vrednost podatkovnih zapisov s časom narašča. Za analize trendov so pomembni dolgi, neprekinjeni nizi podatkov. Med najstarejše danes delujoče vodomerne postaje na površinskih vodah v Sloveniji sodijo Litija na Savi, Nazarje in Laško na Savinji, Vrhnika na Ljubljani, Hasberg na Unici in Gornja Radgona na Muri (Bat, 2008). Predvsem za analize podnebnih sprememb so močno zaželeni dolge časovne vrste hidroloških podatkov, ki bi omogočale tudi dolgoročno oceno in napoved učinkov naravnih in antropogenih procesov. Vendar je bilo zveznost hidroloških meritev vedno težko zagotavljati. Do prekinitev opazovanj je prihajalo zaradi različnih vzrokov (vojne, regulacije, melioracije, energetska raba voda idr.) ali prestavitve postaje na drugo hidrološko ustreznejšo lokacijo. Kljub temu pa podatkovna zbirka državnega hidrološkega monitoringa nudi bogat in neprecenljiv vir podatkov. Z večanjem vedenja o vremenu in podnebjju lahko zmanjšujemo tveganja in škode, ki jim je v primeru nevarnih in izjemnih vremenskih pojavov izpostavljeno naše celotno okolje.

Za obvladovanje poplavne ogroženosti, kar je zahteva Poplavne direktive (Direktiva 2007/60/ES) je ključno, da je monitoring hidroloških in meteoroloških pojavov čim bolj avtomatiziran in povezan v skupen informacijski sistem, postaje pa na ustreznih lokacijah gorvodno od poplavno ogroženih območij. Bolj gosta mreža ustrezno lociranih samodejnih postaj pride do izraza predvsem v času pred in med poplavnim dogodkom. Z vidika poplavne ogroženosti območij pomembnega vpliva poplav, ki jih je določila država (MOP, 2016), bo potrebno na sedanje stanje po projektu BOBER preveriti, ali je obstoječa hidrološka merilna mreža zadostna. Želje po širitvi hidrološke mreže s strani različnih uporabnikov podatkov v Sloveniji vsekakor obstajajo.

5. Viri

[1] ARSO, 2010. Predstavitev projekta Nadgradnja sistema za spremljanje in analiziranje stanja vodnega okolja v Sloveniji. Predstavitvena publikacija, Agencija RS za okolje, Ljubljana.

[2] ARSO, 2015. Dosežki projekta Nadgradnja sistema za spremljanje in analiziranje stanja vodnega okolja v Sloveniji. Predstavitvena publikacija, Agencija RS za okolje, Ljubljana.

[3] BAT, M., 2008. 60 let slovenske državne hidrološke službe. *Bilten Agencije RS za okolje, letnik XV*. Posebna izdaja, 27-34.

[4] KOBOLD, M., POLAJNAR, J., FRANTAR, P., ANDJELOV, M., TRIŠIČ, N., ULAGA, F., LALIČ, B., BAT, M., VODENIK, B., 2007. Strokovna izhodišča za razširitev in posodobitev merilne mreže hidrološkega monitoringa površinskih voda. Poročilo, Agencija RS za okolje, Ljubljana.

- [5] KOBOLD, M., DOLINAR, M., FRANTAR, P., 2012. Spremembe vodnega režima zaradi podnebnih sprememb in drugih antropogenih vplivov. V: M. Brilly, ur. *1. Kongres o vodah Slovenije*, Zbornik prispevkov, Ljubljana, 7-22.
- [6] MOP, 2016. Poročilo o določitvi območij pomembnega vpliva poplav v Republiki Sloveniji in spremljanju aktivnosti obvladovanja poplavne ogroženosti na območjih pomembnega vpliva poplav. Dostopno na: http://www.mop.gov.si/si/delovna_podrocja/voda/poplavna_direktiva/ [16. december 2016]
- [7] PETAN, S., GOLOB, A., MODERC, M., 2015. Hidrološki prognostični sistem Agencije Republike Slovenije za okolje. *Acta hydrotechnica*, 28/49, 119-131.
- [8] ROŠKAR, J., 2015. BOBER Nadgradnja sistema za spremljanje in analiziranje stanja vodnega okolja v Sloveniji. *Vetrnica*, 08/15, glasilo Slovenskega meteorološkega društva, 38-53.

SLOVENSKA MREŽA OPAZOVANJ IZOTOPSKE SESTAVE PADAVIN (SLONIP) – PREGLED IN MOŽNOST UPORABE PRI UPRAVLJANJU Z VODNIMI VIRI

dr. Polona Vreča¹, dr. Tjaša Kanduč¹, dr. David Kocman¹, dr. Sonja Lojen¹, Johanna Amalia Robinson^{1,2}, dr. Marko Štrok¹

¹Institut Jožef Stefan, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana, ²Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana

POVZETEK

Padavine so pomemben del hidrološkega kroga, saj predstavljajo ključni vir vode na kopnem. Poznavanje njihove izotopske sestave v posameznih porečjih nam omogoča sledenje izvora površinskih in podzemnih vod ter določitev dinamičnih značilnosti znotraj posameznih vodnih teles. V Sloveniji potekajo raziskave izotopske sestave padavin že več kot 40 let. V prispevku predstavljamo razvoj Slovenske mreže opazovanj izotopske sestave padavin (SLONIP) od leta 1972 do danes. Predstavljeni so rezultati pregleda zbranih podatkov o izotopski sestavi padavin (vzorčenju, analiznih metodah, dostopnih rezultatih, obdelavah podatkov) na osnovi katerih smo identificirali pomanjkljivosti predhodnih raziskav in izdelali priporočila za nadaljnje raziskave pri katerih je glavni cilj izdelava kart prostorske porazdelitve izotopske sestave padavin v Sloveniji. Glavna pomanjkljivost je, da SLONIP ni organizirana na nacionalnem nivoju in da potekajo raziskave pretežno v okviru kratkotrajnih raziskovalnih projektov, ki jih izvajajo različne skupine raziskovalcev. Ker so podatki o izotopski sestavi padavin uporabni tako za upravljanje z vodnimi viri, v klimatskih raziskavah in ugotavljanju geografskega porekla hrane, bi bilo smiselno po vzoru razvitih držav (npr. Švica in Nemčija) osnovati tudi v Sloveniji nacionalno mrežo opazovanj, ki bi obsegala sistematično spremljanje izotopske sestave padavin ter površinskih in podzemnih vod na izbranih lokacijah.

Ključne besede:

izotopska sestava, kisik, vodik, padavine, vodni viri

1. Uvod

Za razumevanje kroženja vode in raziskave vodnih virov predstavljajo uporabno sledilo naravni izotopi vodika (^1H , ^2H , ^3H) in kisika (^{16}O , ^{17}O in ^{18}O), ki sestavljajo molekulo vode v različnih kombinacijah (npr. $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$). Med naštetimi izotopi je radioaktiven le tritij (^3H) z razpolovno dobo 12,32 let (Lucas in Unterweger, 2000), vsi drugi izotopi so stabilni. Veda, ki proučuje kroženje vode v naravi s pomočjo poznavanja izotopske sestave posameznih komponent vodnega kroga, je izotopska hidrologija. Padavine so pomemben del vodnega kroga saj predstavljajo ključni vir vode na kopnem. Zato je razumevanje nastanka padavin kot tudi znanje o časovnih in prostorskih spremembah v količini, pogostosti ter izotopski sestavi padavin izredno pomembno za vodno bilanco (Gat, 1996). Podatki o izotopski sestavi padavin so uporabni predvsem v hidroloških in hidrogeoloških raziskavah, pa tudi v klimatskih, paleoklimatskih in ekoloških raziskavah ter pri ugotavljanju geografskega porekla hrane (Terzer in sod., 2013). S pomočjo poznavanja izotopske sestave posameznih komponent vodnega kroga ter meteoroloških, hidroloških in hidrogeoloških lastnosti območja lahko

določimo območje napajanja vodotokov in vodonosnikov, sezonsko odvisnost, zadrževalne čase, hitrost mešanja in kroženje vode (Gat, 1996).

Zaradi razlik v izotopski sestavi posameznih komponent vodnega kroga in pomenu padavin za napajanje vodnih teles je Mednarodna agencija za atomsko energijo (International Atomic Energy Agency – IAEA) ustanovila globalno mrežo za opazovanje izotopske sestave padavin (Global Network of Isotopes in Precipitation – GNIP), ki deluje od leta 1961 dalje. Baza GNIP vsebuje podatke o razmerjih stabilnih izotopov vodika in kisika podanimi z vrednostmi δ ($\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$ izraženo v ‰) ter o aktivnostih tritija (^3H izraženo v tritijevih enotah TU, pri čemer ustreza $1 \text{ TU} = 0,118 \text{ BqL}^{-1}$). Po vzoru GNIP delujejo v Evropi tudi nekatere nacionalne mreže za opazovanje izotopske sestave padavin, npr. v Švici (Schürch in sod., 2003) in Nemčiji (Stumpp et al., 2014), kjer imajo za potrebe nacionalnega upravljanja vodnih virov vzpostavljene tudi mreže opazovanj izotopske sestave površinskih in podzemnih vod.

Podnebje v Sloveniji, ki je zelo raznoliko, določajo številni dejavniki, med katerimi so najpomembnejši geografska lega, razgiban relief, usmerjenost gorskih grebenov in bližina morja. Tako imamo tri prevladujoče tipe podnebja (celinsko, subalpsko oziroma alpsko in submediteransko), na posameznih območjih pa se njihovi vplivi prepletajo (Dolinar in sod., 2008). Porazdelitev padavin v Sloveniji se časovno in prostorsko zelo spreminja, to pa vpliva tako na odtok kot na podzemno vodo, ki se napaja preko padavin in površinskih vod ter je akumulirana pretežno v dobro prepustnih vodonosnikih z medzrnsko, razpoklinsko, kraško in mešano poroznostjo. Glavni vir pitne vode v Sloveniji predstavlja podzemna voda, zato je zelo pomembno poznavanje njenega izvora ter narave infiltracije in zadrževalnih časov vode v vodonosnikih. Zaradi navedenega se izotopsko hidrološke raziskave že več kot 40 let izvajajo tudi v Sloveniji. Del teh raziskav predstavlja spremljanje izotopske sestave padavin, ki pa se ne izvaja v okviru nacionalne mreže opazovanj. Zato tudi ni na voljo enotna baza podatkov za nacionalne potrebe upravljanja vodnih virov ter ostale aplikacije. V prispevku predstavljamo zgodovino razvoja Slovenske mreže opazovanj izotopske sestave padavin (SLONIP), glavne pomanjkljivosti preteklih raziskav in priporočila za nadaljnje delo ter nekaj primerov uporabe obstoječih podatkov v praksi.

2. Zgodovinski pregled raziskav izotopske sestave padavin v Sloveniji

Zgodovinski pregled raziskav izotopske sestave padavin v Sloveniji povzemamo po Vreča in Malenšek (2016), ki sta opravili pregled dostopne literature in podatkov za obdobje 1972–2015. Izotopska sestava padavin je bila v Sloveniji prvič spremljana v času od 1972–1975 v okviru raziskav podzemnih vod v porečju reke Ljubljance, ko so bile opravljene raziskave na meteoroloških postajah v Šmarati, Postojni in Logatcu. Izotopska sestava vod je bila določena v Nemčiji in Avstriji. Z uvedbo merskih tehnik, ki so potrebne za določanje razmerij stabilnih izotopov kisika in vodika v vodi, se je v Sloveniji na Institutu "Jožef Stefan" (IJS) v zgodnjih 1980ih letih pričelo prvo sistematično spremljanje izotopske sestave mesečnega kompozita padavin in sicer leta 1981 na sinoptični postaji Ljubljana–Bežigrad na takratnem Hidrometeorološkem zavodu Slovenije (danes Agencija Republike Slovenije za okolje – ARSO, Tabela 1). Izotopska sestava razmerij stabilnih izotopov kisika in vodika v mesečnih vzorcih padavin je bila določena na IJS, aktivnost tritija pa je bila določana na Institutu Ruđer Bošković (IRB) v Zagrebu. Vzpostavljeno je bilo sodelovanje z IAEA, ki je potekalo v Jugoslaviji preko IRB, kjer so bili zadolženi za skupno poročanje izotopske sestave padavin v Zagrebu in Ljubljani v mednarodno bazo podatkov GNIP do konca leta 2003. V letu 1993 je bilo zbiranje padavin preseljeno iz postaje Ljubljana–Bežigrad na IJS (postaja Ljubljana–IJS, Tabela 1), septembra 2000 pa smo postajo preselili na Rektorski center Podgorica, IJS (postaja Ljubljana–Reaktor, Tabela 1). Podatke smo poročali IAEA in so bili objavljeni v IAEA tehničnih poročilih in v mednarodni bazi podatkov GNIP. V letu 2008 je bil opravljen prvi podroben pregled in obdelava vseh podatkov zbranih v obdobju 1981–2006, v letu 2014 pa so bili zbrani in obdelani še podatki za obdobje 2007–2010 (Vreča in sod., 2008,

2014). Obdelava podatkov zbranih po letu 2011 poteka in bo predvidoma zaključena v letu 2017.

Spremljanje izotopske sestave padavin je izvajal IJS zvezno in sistematično do leta 2000 samo v Ljubljani (Tabela 1). Krajši mesečni monitoring pa je bil izveden v letih 1999 in 2000 tudi na padavinski postaji ARSO Sela na Krasu (Tabela 1). Zaradi geografske raznolikosti Slovenije, ki vpliva na podnebne razmere in uporabnosti izotopov molekule vode v raziskavah kraških vodonosnikov na območju SZ Slovenije, smo mrežo opazovanj izotopske sestave padavin v letu 2000 razširili in pričeli z rednim mesečnim spremljanjem na dveh postajah, in sicer na ARSO sinoptični postaji letališče Portorož in padavinski postaji Kozina (Tabela 1). Zaradi pomanjkanja finančnih sredstev smo nadaljevali z rednim spremljanjem od leta 2004 le na letališču Portorož. Podatki za Kozino so bili objavljeni v mednarodni bazi podatkov GNIP. Podatki za letališče Portorož so bili zbrani in obdelani za obdobji 2000–2006 in 2007–2010 (Vreča in sod., 2011, 2015), v bazi GNIP pa so dostopni le do leta 2006. Obdelava podatkov zbranih po letu 2011 poteka in bo predvidoma zaključena v letu 2017.

Tabela 1 Lokacije vzorčenja znotraj SLONIP, koordinate in nadmorska višina ter obdobje vzorčenja (n.p. – ni poročano). Podatki za lokacije 1 do 24 so povzeti po Vreča in Malenšek (2016).

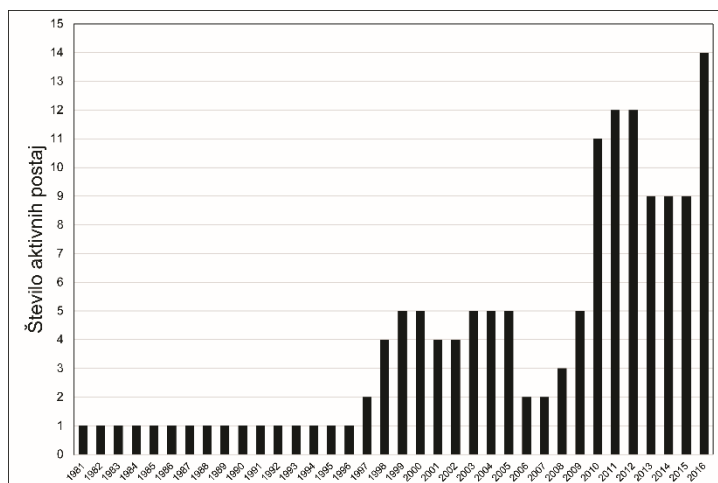
	Lokacija vzorčenja (x... tip postaje)	Koordinate (N, E)		Nadmorska višina (m)	Obdobje vzorčenja
1a	Ljubljana–Bežigrad	46°03'56"	14°30'45"	299	1981–1992
1b	Ljubljana–IJS	46°02'31"	14°29'16"	292	1993–08/2000
1c	Ljubljana–Reaktor	46°05'41"	14°35'50"	282	09/2000–
2	Letališče Portorož	45°28'31"	13°36'58"	2	10/2000–
3	Kozina	45°36'15"	13°55'54"	486	10/2000–12/2003
4	Dvor	45°48'12"	14°57'41"	195	2009–2012
5	Postojna	45°45'58"	14°11'34"	533	2009–
6	Kredarica	46°22'45"	13°50'57"	2514	03/2010–
7	Rateče	46°29'50"	13°42'47"	864	03/2010–
8	Bohinjska Češnjica	46°17'39"	13°56'32"	595	03/2010–06/2014
9	Zgornja Radovna	46°25'42"	13°56'36"	750	04/2010–
10	Podljubelj	46°23'48"	14°17'17"	740	03/2010–06/2014
11	Velenje	46°21'36"	15°07'43"	433	09/2012–05/2015
12	Murska Sobota	46°39'08"	16°11'29"	189	2015–
13	Kleče	n.p.	n.p.	n.p.	1997–1998
14	Blatnik	45°38'40"	15°07'50"	493	1998–1999
15	Ponikve	45°38'20"	15°04'44"	830	1998–1999
16	Sinji vrh	n.p.	n.p.	n.p.	1999–2000
17	Sela na Krasu	45°49'15"	13°37'38"	270	08/1999–10/2000
18	Selniška Dobrava	46°32'	15°28'	295	1/2001–10/2005
19	Pivovarna Union, Ljubljana	n.p.	n.p.	n.p.	07/2003–06/2005
20	Postojnska jama	n.p.	n.p.	n.p.	2004–2005
21	Rogaška Slatina	n.p.	n.p.	n.p.	2008–2010
22	Inštitut za raziskovanje krasa, Postojna	n.p.	n.p.	n.p.	03/2010–02/2011

Slovenska mreža opazovanj izotopske sestave padavin (SLONIP) – pregled in možnost uporabe pri upravljanju z vodnimi viri

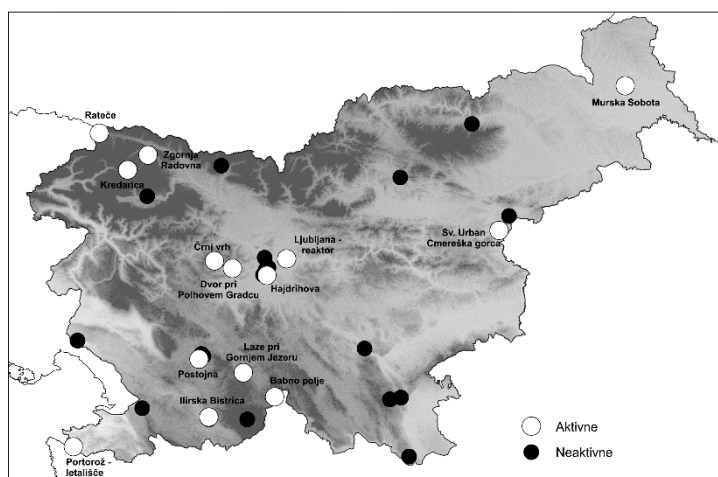
	Lokacija vzorčenja (x... tip postaje)	Koordinate (N, E)		Nadmorska višina (m)	Obdobje vzorčenja
23a	Ilirska Bistrica	n.p.	n.p.	1043	03/2011–02/2012
23b	Ilirska Bistrica	45°34'40"	14°14'26"	439	05/2016 –
24	Snežnik	n.p.	n.p.	1300	03/2011–03/2012
25	Sv. Urban, Cmereška gorca	46°11'11"	15°35'27"	320	10/2015–
26	Hajdrihova, Ljubljana	46°02'30"	14°29'34"	292	05/2016 –
27	Laze pri Gornjem Jezeru	45°43'23"	14°23'56"	594	05/2016 –
28	Babno polje	45°38'43"	14°32'42"	754	05/2016 –
29	Črni vrh	46°05'12"	14°15'35"	785	05/2016 –
30	Dvor pri Polhovem Gradcu	46°03'44"	14°20'42"	346	05/2016 –

Po letu 2008 je pričelo število lokacij vzorčenja hitro naraščati (Slika 1). Raziskovalci IJS smo pričeli s spremljanjem izotopske sestave padavin na ARSO klimatološki postaji Postojna (Tabela 1) in na ARSO padavinski postaji Dvor (Tabela 1). V letu 2010 smo nato mrežo opazovanj razširili še na območje SZ Slovenije, kjer se nahajajo pomembni vodni vir, in sicer na ARSO meteorološke postaje Kredarica, Rateče, Bohinjska Češnjica, Zgornja Radovna in Podljubelj (Tabela 1). Na vseh petih lokacijah smo spremljali izotopsko sestavo do julija 2014, od takrat dalje pa nadaljujemo na postajah Kredarica, Rateče in Zgornja Radovna. V obdobju 2012–2015 smo spremljali izotopsko sestavo padavin tudi v Velenju (Tabela 1). Leta 2015 smo pričeli z monitoringom v SV Sloveniji na ARSO sinoptični postaji Murska Sobota in na Svetem Urbanu pri Podčetrtku, leta 2016 pa v sodelovanju s Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo še v porečju Ljubljanice na lokacijah Ilirska Bistrica, Hajdrihova (Ljubljana), Laze pri Gornjem Jezeru, Babno polje, Črni vrh in Dvor pri Polhovem Gradcu. Na večini naštetih postaj je potekalo oziroma poteka vzorčenje v sodelovanju z osebjem državne meteorološke mreže in skladno s priporočili IAEA. Na vseh naštetih postajah smo določali v zbranih vzorcih vode razmerje stabilnih izotopov kisika in vodika. Analize so potekale na IJS ter tudi v nekaterih drugih laboratorijih (Vreča in Malenšek, 2016). Aktivnost tritija je bila določena v vzorcih padavin iz Ljubljane, Portoroža, Kozine, Kredarice, Rateč, Bohinjske Češnjice, Zgornje Radovne in Podljubelja. Meritve so bile v vzorcih zbranih do leta 2010 opravljene na IRB in delno na IAEA, po letu 2010 pa na Odseku za znanosti o okolju, IJS (Vreča in Malenšek, 2016). Spreminjanje števila aktivnih postaj v obdobju 1981–2016 na katerih smo spremljali izotopsko sestavo padavin sodelavci IJS je prikazano na Sliki 1. Trenutno izvajamo monitoring po priporočilih IAEA za potrebe raziskav kroženja vode in izvora vode v hrani na 14 različnih lokacijah po Sloveniji (Slika 2).

Pregled dosedanjih raziskav je pokazal, da so izotopsko sestavo padavin spremljali tudi številni raziskovalci iz drugih inštitutov, ki so vzorčenje izvajali na lokacijah izven ARSO meteorološke mreže in so pri tem uporabljali različne zbiralnike (Vreča in Malenšek, 2016). Tako so potekale na Sinjem vrhu raziskave od 1999–2000 (Tabela 1), v Selniški Dobravi od 2001–2005 (Tabela 1), na območju Pivovarne Union v Ljubljani od 2003–2005 (Tabela 1), pri Postojnski jami v obdobju od 2004–2005 (Tabela 1), v Rogaški Slatini od 2008–2010 (Tabela 1), v Ilirski Bistrici in Snežniku od 2011–2012 (Tabela 1) ter v Klaričih, Korentanu, Ptuj in na Geološkem Zavodu Slovenije v Ljubljani (Urbanc, ustna informacija).

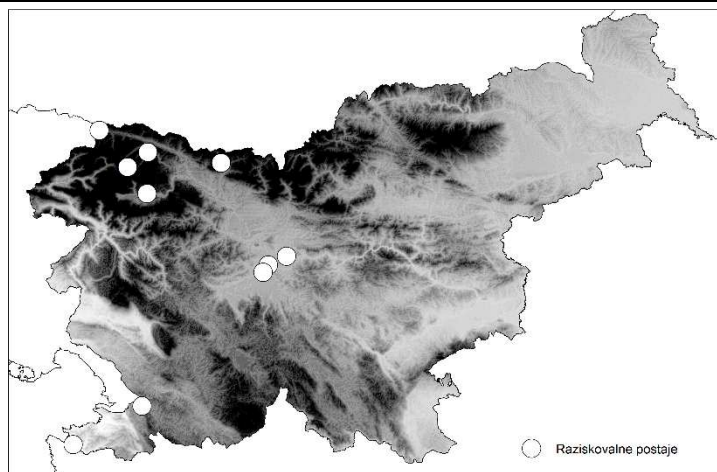


Slika 4 Število aktivnih postaj, kjer smo v posameznem letu izotopsko sestavo padavin spremljali sodelavci IJS

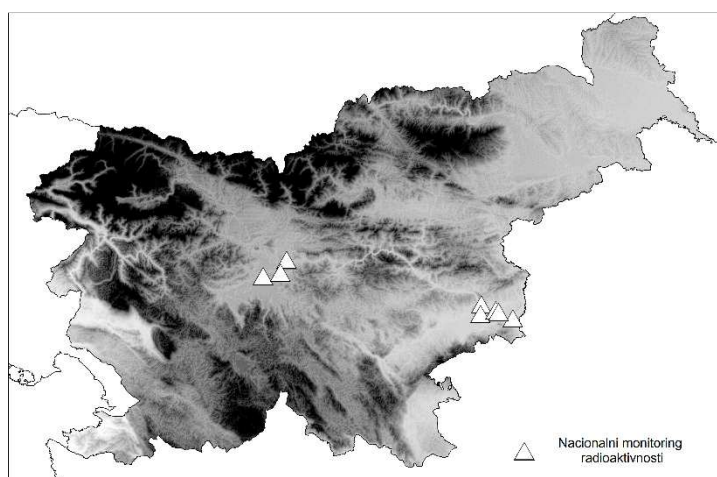


Slika 5 Prostorska razporeditev postaj, kjer se je izotopsko sestavo padavin spremljalo v preteklosti (neaktivne) in kjer izvajamo monitoring sodelavci trenutno (aktivne)

Na vseh navedenih lokacijah je bilo v zbranih vzorcih določeno razmerje stabilnih izotopov kisika in vodika, pri čemer so bile analize vode opravljene v različnih laboratorijih v tujini. Na nekaterih lokacijah je bila v preteklosti spremljana le izotopska sestava kisika, in sicer v Ljubljani (Kleče) od 1997–1998 (Tabela 1), pri Blatniku in Ponikvah od 1998–1999 (Tabela 1) ter na Inštitutu za raziskovanje krasa v Postojni (ZRC SAZU) od junija 2010 do februarja 2011 (Tabela 1). Analize teh vzorcev so bile opravljene ali na IJS ali pa v laboratorijih v tujini.



Slika 6 Prostorska razporeditev raziskovalnih postaj, kjer je bila določena aktivnost tritija v padavinah



Slika 7 Prostorska razporeditev postaj, kjer je bila določena aktivnost tritija v padavinah v okviru programa nacionalnega monitoringa radioaktivnosti

Spremljanje aktivnosti tritija v padavinah smo izvajali v preteklosti v okviru različnih raziskovalnih projektov na 10 lokacijah (Slika 3). Monitoring tritija je potekal v padavinah, površinskih in podzemnih vodah tudi na drugih lokacijah po Sloveniji (Slika 4) v okviru nacionalnih programov, ki jih določa Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost (URSJV) in so namenjene nadzoru radioaktivnosti v okolju. Spremljanje aktivnosti tritija v padavinah v okviru teh programov se je pričelo leta 1982 v okolici Jedrske elektrarne Krško na lokacijah Dobova, Krško in Šentlenart pri Brežicah. Kasneje je potekal monitoring še na lokacijah Brege in Gornji Lenart ter na različnih lokacijah po Ljubljani. Vse analize v okviru monitoringa radioaktivnosti so bile izvajane na IJS. Podatki so javno dostopni v okviru podatkovne baze o radioaktivnosti v okolju imenovani ROKO, ki jo vzdržuje in ureja URSJV.

Glavna pomanjkljivost predhodnih raziskav je, da so potekale pretežno v okviru kratkotrajnih raziskovalnih projektov, ki so jih izvajale različne skupine raziskovalcev, mreža opazovanj pa ni organizirana na nacionalnem nivoju kot npr. v Švici (Schürch in sod., 2003) in Nemčiji (Stumpp in sod., 2014). Pregled dostopne literature in podatkov je pokazal, da v preteklosti pogosto niso bila dosledno upoštevana priporočila IAEA in da niso navedene vse informacije, ki lahko ključno vplivajo na nadaljnjo uporabo podatkov o izotopski sestavi padavin (Vreča in Malenšek, 2016). Tako v literaturi ponekod manjkajo podatki o lokaciji (koordinate), o načinu

vzorčenja (vrsta uporabljenega dežemera, obdobje in frekvenca vzorčenja), o odstranjevanju nečistoč iz vzorcev (filtriranje, ločevanje parafinskega olja), o uporabljeni embalaži za hranjenje vzorcev (npr. polietilenska, steklena), o uporabi analiznih metod, zagotavljanju kakovosti meritev in merilni negotovosti rezultatov. Tehnike določanja izotopske sestave vode so se s časom spreminjale, predvsem za določanje razmerja stabilnih izotopov vodika. Pregled je pokazal, da so bile vrednosti δH v vzorcih padavin določene s štirimi različnimi analiznimi metodami, $\delta^{18}O$ in 3H pa s po dvema različnima metodama. Številni vzorci so bili zaradi omejenih in dragih merilnih tehnik za določanje izotopske sestave vodika in kisika v Sloveniji tekom zadnjih 15 let analizirani v tujini, meritve tritija v padavinah za raziskovalne namene pa so bile do leta 2010 pretežno izvajane na IRB. Za lokacije, ki niso del ARSO meteorološke mreže, manjkajo pogosto tudi meteorološki podatki, ki so nujni za ustrezno ovrednotenje rezultatov glede na količino padavin in izračun tehtanih letnih povprečij. Pomemben pogoj pri računanju letnih povprečij je tudi, da imamo na voljo vsaj osem mesečnih vzorcev, ki predstavljajo najmanj 70 % celotne letne količine padavin. V procesih izhlapevanja in kondenzacije padavin poteka proces izotopske frakcionacije vodikovih izotopov proporcionalno kisikovim izotopom, zato je izotopska sestava kisika in vodika med seboj povezana in korelira. Na osnovi tega je Craig (1961) definiral tako imenovano globalno padavinsko premico (Global Meteoric Water Line – GMWL, $\delta H = 8 \times \delta^{18}O + 10$). Lokalno se zaradi podnebnih in geografskih značilnosti razmerje med vrednostmi δH in $\delta^{18}O$ spreminja, kar opišemo za posamezno lokacijo z lokalno padavinsko premico (Local Meteoric Water Line – LMWL). V pregledu opravljenem 2016 smo zbrali podatke o povprečnih in tehtanih povprečnih vrednostih za posamezno lokacijo ter podatke o LMWL in ugotovili, da so slednje večinoma zelo podobne GMWL ter da se s časom oziroma dolžino opazovanega obdobja spreminjajo. Poleg tega se LMWL med seboj razlikujejo glede na uporabljeno metodo izračuna, v bodoče pa je priporočljivo v izračunih upoštevati tudi količino padavin (Hughes in Crowford, 2012), kar je bilo do sedaj v Sloveniji upoštevano le v dveh primerih (Vreča in sod., 2014, 2015). V nadaljnjih raziskavah površinskih in podzemnih vod nato določimo odstopanje od LMWL in lahko s tem ovrednotimo procese (npr. evaporacijo).

Vzorčenje, analizne metode in način obdelave podatkov vplivajo na nadaljnjo interpretacijo in uporabo rezultatov. Da bi izboljšali delovanje SLONIP izvajamo od leta 2010 raziskave sistematično po priporočilih IAEA na 6 lokacijah (Tabela 1), od leta 2016 pa na 14 lokacijah (Tabela 1, Slika 2), pri čemer vse analize opravljamo na Odseku za znanosti o okolju na IJS.

3. Primeri uporabe podatkov o izotopski sestavi padavin v raziskavah kroženja vode in avtentikacije hrane v Sloveniji

Podatki o izotopski sestavi vodika (δH), kisika ($\delta^{18}O$) in aktivnosti tritija (3H) v padavinah so bili v Sloveniji uporabljeni v številnih raziskavah. Pregled opravljen leta 2016 (Vreča in Malenšek) je pokazal, da se povprečne poročane vrednosti δH gibljejo od -76 do -38 ‰ in $\delta^{18}O$ od $-11,3$ do $-5,8$ ‰, pri čemer so najbolj negativne vrednosti značilne za visokogorje SZ Slovenije (lokacija Kredarica), najbolj pozitivne pa za obalno regijo (lokacija letališče Portorož). Povprečna aktivnost tritija se giblje med 5,6 in 9,3 TU, pri čemer so nižje vrednosti značilne za postaje blizu morja (Kozina, letališče Portorož) in najvišje, zaradi kontinentalnega efekta, za Ljubljano. V preteklosti so bile od pričetka sistematičnih meritev v Ljubljani aktivnosti 3H precej višje in so znašale do 83 TU (Vreča in sod., 2008), še višje aktivnosti (380 TU) pa so bile ugotovljene leta 1974 v Šmarati (Gospodarič in Habič, 1976), zato je tritij v preteklosti predstavljal zelo uporabno sledilo za določanje starosti vod in oceno zadrževalnih časov. V nadaljevanju je navedenih nekaj primerov uporabe podatkov o izotopski sestavi padavin v različnih raziskavah, pri katerih smo v zadnjih letih sodelovali raziskovalci Odseka za znanosti o okolju na IJS.

Spreminjanje izotopske sestave padavin je najbolje raziskano na območju Ljubljane, kjer imamo na voljo najdaljši niz opazovanj. LMWL je zelo podobna GMWL, mesečna izotopska sestava padavin pa sezonsko niha kot je značilno za kontinentalne postaje, kar potrjuje tudi značilna odvisnost izotopske sestave kisika od temperature zraka, ki znaša okrog 0,3 ‰ na °C (Vreča in sod., 2006, 2008, 2014). Podatki iz Ljubljane so vključeni v bazo GNIP in so bili uporabljeni v preteklosti za izračun globalne meteorne premica ter pri izdelavi svetovnih kart porazdelitve izotopske sestave padavin (Terzer in sod., 2013). Podatki so bili uporabljeni za ugotavljanje izvora zračnih mas (Vreča in sod., 2006) ter za določitev odvisnosti med izotopsko sestavo padavin in 41 osnovnimi mehanizmi kroženja zraka (elementary air circulation mechanism - ECM) določenimi na osnovi klasifikacije Dzerdzeevskega (Brenčič in sod., 2015). Tudi ostale LMWL določene v Sloveniji so zelo podobne GMWL, se pa časovno in prostorsko nekoliko spreminjajo (Vreča in Malenšek, 2016).

Poleg klimatskih raziskav so bili uporabljeni podatki o izotopski sestavi kisika v Ljubljani za izračun zadrževalnih časov reke Save in njenih pritokov, ki so bili ocenjeni na 0,4 do 2,1 let (Ogrinc in sod., 2008) ter reke Radovne in njenih pritokov, ki se gibljejo med 0,7 in 3,1 let (Torkar in sod., 2016). Za določevanje virov napajanja ter izračun zadrževalnih časov v rekah so uporabili dostopne podatke o izotopski sestavi padavin tudi Kanduč in sod. (2012) za reke na območju SZ Slovenije in Zavadlav (2013) na reki Krki. Nadalje smo sodelavci IJS podatke uporabili tudi v raziskavah dinamike izvirov (Kanduč et al., 2012, Mori et al., 2015), v raziskavah napajanja in mešanja podzemnih vod s površinskimi vodami v Velenjskem bazenu (Kanduč et al., 2014), v raziskavah dolomitnih kraško-razpoklinskih vodonosnikov v centralni Sloveniji (Verbovšek in Kanduč, 2016) ter pri raziskavah izločanja lehnjaka in vrednotenja lehnjakovega izotopskega odtisa kot paleoekološkega indikatorja na reki Krki (Zavadlav et al. 2017).

Vse pomembnejši pa postajajo podatki o izotopski sestavi padavin v raziskavah geografskega porekla hrane. Tako smo na primer v preteklosti ugotavljali izvor in vpliv procesa polnitve na izotopsko sestavo ustekleničenih vod dostopnih na slovenskem tržišču (Brenčič in Vreča, 2006, 2014), podatki o izotopski sestavi padavin pa so bili uporabljeni tudi pri raziskavah avtentičnosti hrane, kjer je bila npr. določena izotopska sestava kisika v mleku in sokovih, ki se med seboj razlikujejo glede na izvirno regijo (Bat et al., 2016, Nečemer et al., 2016).

4. Zaključki

Spremljanje izotopske sestave mesečnih padavin v Sloveniji se je pričelo leta 1972, ko so se izvajale raziskave na treh lokacijah do leta 1975. Meritve so se izvajale v tujini saj v Sloveniji ni bilo na voljo potrebnih merilnih tehnik. Po letu 1981 so na IJS pričeli s sistematičnim spremljanjem razmerij stabilnih izotopov kisika in vodika v Ljubljani in se v sodelovanju z IRB, kjer so določali aktivnost tritija, vključili v mednarodno mrežo za opazovanje izotopske sestave padavin GNIP. Slovenska mreža opazovanj izotopske sestave padavin (SLONIP) za potrebe raziskav kroženja vode in upravljanja z vodnimi viri se je postopoma razširila in poteka trenutno na več lokacijah po Sloveniji. Pregled, opravljen v letu 2016, je pokazal, da so pridobljeni podatki hranjeni razpršeno, identificirali pa smo tudi pomanjkljivosti predhodnih raziskav in pripravili priporočila za nadaljnje raziskave v Sloveniji. Trenutno poteka priprava slovenske baze podatkov, ki jo bomo uporabili za geostatistične obdelave in pripravo prostorskih kart porazdelitve izotopske sestave padavin v Sloveniji. Priprava baze podatkov, geostatistične obdelave in določitev optimalne prostorske razporeditve vzorčnih mest so tudi glavni cilji potekajočega madžarsko-slovenskega raziskovalnega projekta "Prostorska porazdelitev izotopske sestave padavin v Evropi s poudarkom na območju med Jadranskim morjem in Panonsko nižino" in drugih raziskovalnih projektov.

5. Zahvale

Raziskave izotopske sestave padavin v Sloveniji so potekale v okviru različnih domačih in mednarodnih projektov, prispevek pa je nastal ob finančni podpori ARRS programa P1-0143 in projektov N1-0054, L1-5451 in J2-7322 ter EU projekta ISO-FOOD ERA Chair. Avtorji se zahvaljujemo prof. dr. J. Pezdiču za vzpostavitev prvega sistematičnega spremljanja izotopske sestave padavin v Ljubljani v sodelovanju z IAEA ter vsem sodelavcem, ki so v preteklosti kakorkoli sodelovali pri omenjenih raziskavah.

6. Viri

- BRENČIČ, M., VREČA, P., 2006. Identification of sources and production processes of bottled waters by stable hydrogen and oxygen isotope ratios. *Rapid communications in mass spectrometry*, 20 (21), 3205-3212.
- BRENČIČ, M., VREČA, P., 2014. Applicability study of deuterium excess in bottled water life cycle analyses. *Geologija*, 57(2), 231-243.
- BRENČIČ, M., KONONOVA, N., VREČA, P., 2015. Relation between isotopic composition of precipitation and atmospheric circulation patterns. *Journal of Hydrology*, 529 (3), 1422–1432.
- BAT, K., ELER, K., MAZEJ, D., MOZETIČ VODOPIVEC, B., MULIČ, I., KUMP, P., OGRINC, N., 2016. Isotopic and elemental characterisation of Slovenian apple juice according to geographical origin: preliminary results. *Food chemistry*, 203, 86-94.
- CRAIG, H., 1961. Isotope variations in meteoric waters. *Science*, 133, 1702-1703.
- DOLINAR, M., FRANTAR, P., KURNIK, B., 2008. Značilnosti vodne bilance Slovenije v obdobju 1971-2000. Mišičev vodarski dan 2008, 19-25.
- GAT J.R., 1996. Oxygen and hydrogen isotopes in the hydrologic cycle. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 24, 225-262.
- GOSPODARIČ, R., HABIČ, P., 1976. Underground water tracing; investigations in Slovenia 1972–1975. ZRC SAZU, Postojna, 309 p.
- HUGHES, C.E., CRAWFORD, J., 2012. A new precipitation weighted method for determining the meteoric water line for hydrological applications demonstrated using Australian and global GNIP data. *Journal of Hydrology*, 464–465, 344–351.
- KANDUČ, T., BURNIK ŠTURM, M., ŽIGON, S., MCINTOSH, J., 2012. Tracing biogeochemical processes and pollution sources with stable isotopes in river systems: Kamniška Bistrica, North Slovenia. *Biogeosciences discussions*, 9 (7), 9711-9757.
- KANDUČ, T., MORI, N., KOCMAN, D., STIBILJ, V., GRASSA, F., 2012. Hydrogeochemistry of Alpine springs from North Slovenia: insights from stable isotopes. *Chemical geology*, 300/301 (1), 40-45.
- KANDUČ, T., GRASSA, F., MCINTOSH, J., STIBILJ, V., ULRICH-SUPOVEC, M., SUPOVEC, I., JAMNIKAR, S., 2014. A geochemical and stable isotope investigation of groundwater/surface-water interactions in the Velenje Basin, Slovenia. *Hydrogeology journal*, 22 (4) 971-984.
- LUCAS, L.L., UNTERWEGER, M.P., 2000. Comprehensive review and critical evaluation of the half-life of tritium. *J. Res. Natl. Stand. Technol.*, 105, 541-549.
- MORI, N., KANDUČ, T., OPALIČKI, M., BRANCELJ, A., 2015. Groundwater drift as a tracer for identifying sources of spring discharge. *Ground water*, 53, 123-132.
- NEČEMER, M., POTOČNIK, D., OGRINC, N., 2016. Discrimination between Slovenian cow, goat and sheep milk and cheese according to geographical origin using a combination of elemental content and stable isotope data. *Journal of food composition and analysis*, 52, 16-23.
- OGRINC, N., KANDUČ, T., STICHLER, W., VREČA, P., 2008. Spatial and seasonal variations in $\delta^{18}\text{O}$ and δD values in the river Sava in Slovenia. *Journal of Hydrology*, 359, 3/4, 303-312.
- SCHÜRCH, M., KOZEL, R., SCHOTTERER, U., TRIPET, J. P. 2003: Observation of isotopes in the water cycle – the Swiss National Network (NISOT). *Environmental Geology*, 45, 1-11.
- STUMPP, C., KLAUS, J., STICHLER, W. 2014: Analysis of long-term stable isotopic composition in German precipitation. *Journal of Hydrology*, 517, 351-361.

- TERZER, S., WASSENAAR, L. I., ARAGUAS-ARAGUAS, L., AGGARWAL, P. 2013: Global isoscapes for $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ in precipitation: improved prediction using regionalized climatic regression models. *Hydrology Earth System Sciences*, 17, 4713–4728.
- TORKAR, A., BRENCIČ, M., VREČA, P., 2016. Chemical and isotopic characteristics of groundwater-dominated Radovna River (NW Slovenia). *Environmental earth sciences*, 75 (18), 1–18.
- VERBOVŠEK, T., KANDUČ, T., 2016. Isotope geochemistry of groundwater from fractured Dolomite aquifers in Central Slovenia. *Aquatic geochemistry*, 22 (2), 131–151.
- VREČA, P., KRAJCAR BRONIČ, I., HORVATINČIČ, N., BAREŠIČ, J., 2006. Isotopic characteristics of precipitation in Slovenia and Croatia: Comparison of continental and maritime stations. *Journal of Hydrology*, 330 (3–4), 457–469.
- VREČA, P., KRAJCAR BRONIČ, I., LEIS, A. & BRENCIČ, M., 2008. Isotopic composition of precipitation in Ljubljana (Slovenia). *Geologija*, 51 (2), 169–180.
- VREČA, P., KRAJCAR BRONIČ, I. & LEIS, A. 2011: Isotopic composition of precipitation in Portorož (Slovenia). *Geologija*, 54 (1), 129–138.
- VREČA, P., KRAJCAR BRONIČ, I., LEIS, A., DEMŠAR, M., 2014. Isotopic composition of precipitation at the station Ljubljana (Reaktor), Slovenia – period 2007–2010. *Geologija*, 57 (2), 217–230.
- VREČA, P., KRAJCAR BRONIČ, I., LEIS, A., 2015. Isotopic composition of precipitation at the station Portorož, Slovenia – period 2017–2010. *Geologija*, 58 (2), 233–246.
- VREČA, P., MALENŠEK, N., 2016. Slovenian Network of Isotopes in Precipitation (SLONIP) - a review of activities in the period 1981–2015. *Geologija*, 59 (1), 67–83.
- ZAVADLAV S. 2013: CO₂ dynamics in a river system: mass balance, hydrological, geochemical and biological impacts. *PhD Thesis*, Jožef Stefan International Postgraduate School, Ljubljana, Slovenia, 196 pp.
- ZAVADLAV, S., ROŽIČ, B., DOLENEC, M., LOJEN, S., 2017. Stable isotopic and elemental characteristics of recent tufa from a karstic Krka River (south-east Slovenia): useful environmental proxies? *Sedimentology*, v tisku, 24 pp.

USKLAJENE HIDROGEOLOŠKE PODLAGE ZA UPRAVLJANJE S ČEZMEJNIMI PODZEMNIMI VODAMI MED SLOVENIJO IN HRVAŠKO NA OBMOČJU MED TRŽAŠKIM IN KVARNERSKIM ZALIVOM

Petra Meglič, univ. dipl. inž. geol., mag. Joerg Prestor, univ. dipl. inž. geol., dr. Bogomir Celarc, univ. dipl. inž. geol.

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana

POVZETEK

Na mejnem območju s Hrvaško je bil v okviru projekta ISTR-HIDRO preučevan eden izmed 11-ih pomembnejših vodonosnih sistemov, ki se raztezajo preko slovenskih državnih meja na ozemlja sosednjih držav. Gre za območje med Tržaškim in Kvarnerskim zalivom z izredno pomembnimi čezmejnimi tokovi podzemne vode v karbonatnih masivih kredne in terciarne starosti. Glavni izviri (Rižana, Bulaž, Sv. Ivan, Bistrica, Rječina, Zvir, Gabrijeli in Bužini) so strateškega pomena za oskrbo s pitno vodo v obeh državah. Njihova napajalna območja segajo preko državne meje, a se varujejo le do nje. Napajanje in čezmejni značaj letih prikazuje pet konceptualnih modelov. Največje količine za oskrbo z vodo se odvijajo v poletnih sušnih mesecih, ko se zaradi turizma število potrošnikov večkrat poveča. Takrat je zajeta praktično vsa razpoložljiva količina vode, ki naravno izteka iz izvirov Sv. Ivan, Bulaž, Rižana in Gradole.

Za potrebe čezmejnega upravljanja so usklajene meje vodnih teles ali njihovih delov na območju poteka preko državne meje. Za ta namen so bile pripravljene in usklajene geološke in hidrogeološke karte, karte ranljivosti, karte ogroženosti in informacijski sistem s 17-imi dvojezičnimi podatkovnimi sloji. Aktivnosti so podprte z dvojezično zloženko, predavanji in članki. Določenih je sedem glavnih vodonosnih sistemov, podrobneje 14 območij. Od teh, se jih 12 drenira proti izvirom na hrvaškem ozemlju. Podan je skupni predlog petih potencialnih območij za razvoj novih zajetij podzemne vode in skupni predlog načrta trajnega monitoringa kakovosti in količine podzemne vode. Po primerjavi veljavnih predpisov, strokovnih podlag, kriterijev za določanje ter postopkov sprejemanja vodovarstvenih območij, ki so kljub določenim razlikam podobni v obeh državah, je predlagan postopek za uveljavitev čezmejnih vodovarstvenih območij po pristopu »zadovoljive združljivosti«.

Ključne besede:

upravljanje, ISTR-HIDRO, vodno telo podzemne vode, vodonosni sistem, podzemna voda, čezmejno, vodovarstveno območje

1. Uvod

Sodobno upravljanje čezmejnih vodnih teles podzemne vode zahteva usklajeno delovanje sosednjih držav pri pripravi načrtov upravljanja z vodami v obeh državah. Zato je zelo pomembno uskladiti meje vodonosnih sistemov oziroma podzemnih razvodnic, predvsem v njihovem poteku preko državne meje. Za razumevanje pretakanja podzemnih voda je potrebno za ta namen pripraviti in uskladiti skupno geološko in hidrogeološko karto ter značilne geološke in hidrogeološke prereze. Na podlagi tega se pripravi konceptualni model

pretakanja podzemne vode preko državne meje in s tem največji skupni imenovalac poznavanja in razumevanja naravnega vodonosnega sistema.

Za pomoč pri nadaljnji opredelitvi stanja (količine in kakovosti), ranljivosti in ogroženosti podzemnih vodnih virov kot osnovi za usklajeno upravljanje z njimi, smo v okviru projekta ISTR-HIDRO pripravili zasnovo skupnega informacijskega sistema s 17-imi dvojezičnimi podatkovnimi sloji, s katerimi razpolagajo inštitucije v obeh državah: Geološka karta ISTR-HIDRO 1:100.000 – geološke enote, Geološka karta ISTR-HIDRO 1:100.000 – geološke meje, Geološka karta ISTR-HIDRO 1:100.000 – vpadi, Hidrogeološke enote po IAH 1:100.000, Hidrogeološke meje po IAH 1:100.000, Litologija-geokemija 1:100.000, Hidrogeološka karta po HGI 1:100.000, Razvodnice, Sledilni poskusi, Vodonosni sistemi, Izviri, Vrtine, Ponori, Jame, Karta naravne ranljivosti podzemnih vod, Kemijske analize ISTR-HIDRO in Vodovarstvena območja.

Celoten proces in zaporedje priprave skupnih strokovnih osnov, po katerih je bil projekt ISTR-HIDRO zasnovan, zajema sedem korakov: 1) opredelitev naravnih razmer na čezmejnem območju; 2) opredelitev ogroženosti in stopnje obremenitev na podzemne vode; 3) opredelitev stanja vodnih virov podzemne vode; 4) izdelava enotnega sistema monitoringa podzemnih vod znotraj čezmejnih teles podzemne vode; 5) izdelava skupnega informacijskega sistema za prikaz in spremljavo stanja vodnih virov podzemne vode; 6) zaščita vodnih virov podzemne vode, ki se izkoriščajo v eni državi, prispevno območje pa se nahaja na ozemlju druge države ter 7) izboljšanje osveščenosti o potrebi skupnega delovanja pri varovanju in upravljanju z vodnimi viri v obojestransko korist.

Celotno poročilo projekta ISTR-HIDRO je prosto dostopno na spletni strani www.istra-hidro.eu, vključno z grafičnimi prilogami za pomoč pri upravljanju, širjenju znanja in razumevanja sistema obravnavanih vodnih virov.

2. Opredelitev vodonosnih sistemov

Za obravnavo čezmejnih tokov podzemne vode je bilo obravnavano 2.729 km² veliko ozemlje, na katerem so razviti med seboj bolj ali manj povezani vodonosni sistemi. Večino, to je 61 % tega ozemlja, gradijo karbonatne kamnine oziroma kraški vodonosniki zelo spremenljive izdatnosti. Naslednji največji delež (32 %) zavzemajo klastične kamnine, ki predstavljajo razpoklinske vodonosnike z nizko izdatnostjo in lokalno omejenimi vodnimi viri. Mejno območje med Tržaškim in Kvarnerskim zalivom je geološko dokaj zapleteno, saj je sestavljeno iz treh strukturnih enot [1]:

- 1) Avtohton Istre, ki predstavlja nedeformirani del Jadranske mikroplošče ter obsega območje polotoka Istra južno od Buj in Buzeta,
- 2) Zunanjedinarski imbricirani pas, značilen po antiklinalah, sinklinalah in prelomih z isto smerjo narivanja proti jugozahodu (Bujska antiklinala, sinklinorij Tržaškega paleogenskega bazena, Kraški narivni rob ter Čičarijski antiklinorij in Brkinski (Reški) sinklinorij),
- 3) Zunanjedinarski narivni pas, katerega najnižji del predstavlja Snežniški nariv. Njegova narivna ploskev je zasnovana v jedru sinklinale ali v njenem inverznem krilu ter poteka mimo Ilirske Bistrice in SV od mesta Reka.

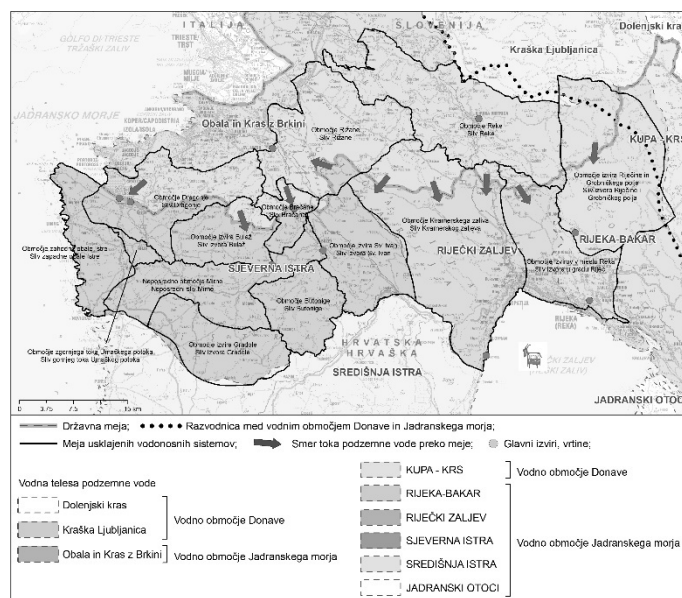
Ker se v obeh državah uporablja različna metodologija za izdelavo hidrogeološke karte, smo za celotno območje izdelali dve usklajeni hidrogeološki karti s pripadajočimi šestimi hidrogeološkimi prerezi. Prva je narejena po Navodilih za izdelavo Osnovne hidrogeološke karte SFRJ [2] in temelji na litološki sestavi, strukturnih in teksturnih značilnostih sedimentov, tipu poroznosti, prepustnosti, stopnji deformacij in zakrasedlosti kamnin na površini, vodnih in morfoloških pojavih ter podatkih in izkušnjah iz številnih raziskovalnih vrtin in podzemnih del na kraškem območju Dinaridov. Druga usklajena hidrogeološka karta je narejena po priporočilih International Association of Hydrogeologists – IAH [3], ki temelji na opredelitvi vodonosnikov po tipu poroznosti, pomenu vodonosnikov glede na njihovo obširnost in

izdatnost ter opredelitvi hidravličnih značilnosti mej med vodonosniki in pretakanju vode med njimi.

Največji in osrednji vodonosni sistem obravnavanega čezmejnega območja predstavlja karbonatni masiv med Rižano in Kvarnerskim zalivom. To je območje Čičarijskega antiklinorija in Kraškega roba. Statistično značilni smeri vpadov plasti sta 23° in 41° . Taka smer in nagib plasti močno vplivata na to, da se podzemne vode na velikem delu Matarskega, oziroma Podgrajskega podolja, raztekajo v obe smeri, to je proti Kvarnerskemu in Tržaškemu zalivu. To dokazujejo sledilni poskusi.

Usklajena karta ranljivosti je bila izdelana po metodi SINTACS [4]. Kot najbolj ranljivo (na slovenski strani) izstopa Matarsko (Podgrajsko) podolje – območje kontaktnega krasa. Na hrvaškem delu so najbolj ranljivi deli v zaledjih Kvarnerskega zaliva in reških izvirov. Poleg tega zelo visoka ranljivost prevladuje na priobalnem območju v okolici Umaga in na območju zahodne obale Istre. Na območju Rječine v Gorskem kotarju so razmeroma velike površine območja visoke ranljivosti vodonosnika.

Hidrogeološke meje med vodonosnimi sistemi smo natančneje opredelili v podrobnejšem merilu topografskih kart 1:25.000 ali 1:5.000 predvsem v njihovem poteku preko državne meje. Skupno je določenih 11 čezmejnih hidrogeoloških mej (Slika 8). Hidrogeološke meje na celotnem obravnavanem območju so opredeljene kot spremenljive ali stacionarne podzemne in površinske razvodnice.



Slika 8 Usklajene meje vodonosnih sistemov in vodnih teles podzemne vode med Slovenijo in Hrvaško na območju med Tržaškim in Kvarnerskim zalivom.

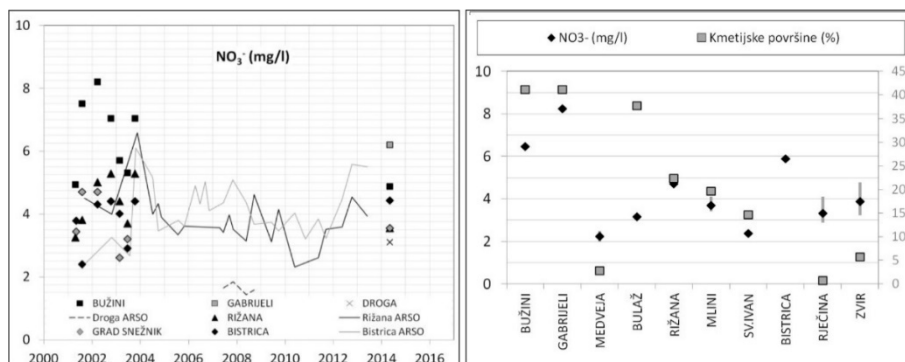
3. Stanje vodnih virov podzemne vode

V skupno oceno stanja kakovosti in trendov podzemne vode je bilo vključenih 14 izvirov ali zajetij: Bužini, Gabrijeli, Droga (vrtina), Gradole, Medveja (vrtina), Bulaž, Rižana, Mlini, Sv. Ivan, Knežak, Bistrica, Grad Snežnik, Rječina in Zvir.

Vse vode so tipične za karbonatne vodonosnike. Najbolj značilna razlika med njimi je v deležu magnezija v vodi zaradi prisotnosti dolomitiziranih apnencev v vodonosniku. Ti so očitno najbolj prisotni na območju Snežnika v zaledju Rječine, nekoliko manj pa na zahodni in severni strani Snežnika (Knežak, Bistrica, Grad Snežnik). Značilne razlike vidimo tudi v odvisnosti

deleža flišnih plasti v napajalnem zaledju vodonosnikov. To kaže presežek natrijevih in kalijevih ionov v vodah Rižane, Bulaža, Sv. Ivana in Bužinov.

V napajalnih zaledjih istrskih izvirov je kmetijstvo nekoliko bolj razvito, odvajanje odpadnih vod pa še ni primerno rešeno. To sta najverjetnejša vzroka večjih koncentracij nitrata (do največ 10 mg/l) v teh izviroh (Slika 9). Ugotavljamo sicer, da se kažejo trendi zmanjševanja koncentracij nitrata (obdobje 2000 - 2015), razen na izviru Mlini. Čeprav je vsebnost nitrata v splošnem petkrat do desetkrat nižja od dovoljenih mej, je potrebno imeti nadzor nad stanjem ter ugotoviti vzrok vsakega morebitnega naraščanja trenda.



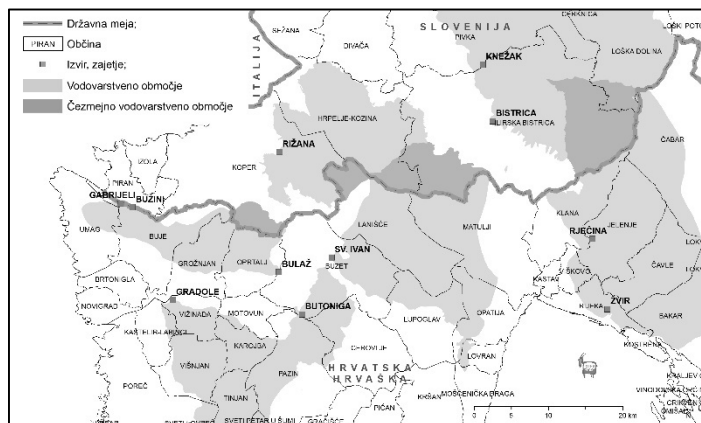
Slika 9 Koncentracije nitrata na merilnih mestih na slovenski strani ter primerjava koncentracij na merilnih mestih na obeh straneh meje v primerjavi z deležem kmetijskih površin [5].

Koncentracije kovin so v podzemni vodi preiskovanih vodnih virov zelo nizke. Večinoma so pod dovoljenimi mejami za pitno vodo in tudi pod spodnjo mejo določanja. Statistika dobljenih rezultatov 14-ih vzorčnih mest kaže, da na opazovanih izviroh iz čezmejnih vodonosnikov ni značilnih vplivov onesnaženj s kovinami. Koncentracije kovin so v glavnem na ravni naravnih vrednosti ozadja, vendarle lahko za kovine Cr, Fe, Mo, Ni in Zn ugotovimo rahlo povišane vrednosti glede na naravno ozadje [5].

Na slovenskem in hrvaškem ozemlju se že vrsto let spremlja količino in kakovost podzemne vode. Državni monitoring Agencije RS za okolje (ARSO) v Sloveniji spremlja količino vode na Rižani in Bistrici. Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ) na Hrvaškem spremlja količino na izviroh Rječina, Sv. Ivan, Bulaž in Gradole. Omenjeni izviri v obeh državah se uporabljajo tudi za oskrbo s pitno vodo. Trend količine vode pada le na izviru Rižana. Odvzete količine nimajo negativnih posledic na letno vodno bilanco. Vendar pa se največje količine vode odvzemajo v poletnih sušnih mesecih, ko se število prebivalcev poveča in takrat je za oskrbo z vodo zajeta vsa razpoložljiva količina vode, ki naravno izteka iz izvirov Sv. Ivan, Bulaž, Rižana in Gradole [6].

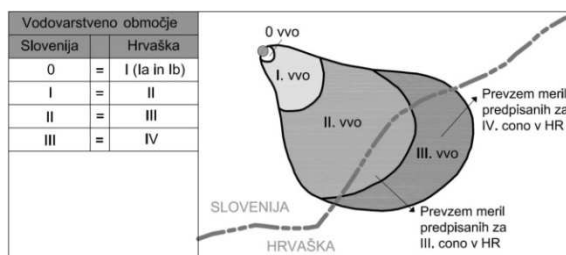
4. Zaščita vodnih virov s prispevnim območjem na ozemlju druge države

Strokovne podlage in kriteriji za določanje vodovarstvenih območij ter postopek sprejemanja vodovarstvenih območij so načeloma zelo podobni v obeh državah, vendar kljub temu obstajajo določene razlike. Pomembno je, da predpisi v obeh državah sledijo Vodni direktivi in odražajo visoko stopnjo zavesti o potrebi varovanja vodnih virov.



Slika 10 Vodovarstvena območja in občine na območju med Tržaškim in Kvarnerskim zalivom [5].

Za uveljavitev čezmejnih vodovarstvenih območij (Slika 10) je predlagan pristop »zadovoljive združljivosti« [6]. Gre za primer, ko je na primer izvir na slovenski strani in njegova vodovarstvena območja z režimom varovanja II in III segajo na ozemlje Hrvaške. Strokovno določeni režim varovanja II v Sloveniji bi se tako na Hrvaškem varoval z ukrepi, ki so veljavni za III režim na Hrvaškem. III režim na slovenski strani pa bi se na hrvaškem ozemlju varoval z ukrepi, ki so veljavni za IV režim na Hrvaškem (Slika 11).



Slika 11 Skladnost vodovarstvenih območij in shematski prikaz pristopa »zadovoljive združljivosti« na primeru izvira v Republiki Sloveniji [5].

5. Zaključki

Za potrebe čezmejnega upravljanja vodnih virov podzemne vode je pomemben sistematičen in skupni pristop k pripravi strokovnih podlag. Uskladiti je potrebno opredelitev naravnih razmer, ogroženosti in stopnje obremenitev na podzemno vodo, stanje vodnih virov podzemne vode in skupni informacijski sistem z dvojezičnimi podatkovnimi sloji, ki so osnova za določitev usklajenih meja vodnih teles ali njihovih delov, predvsem v njihovem poteku preko državne meje. Usklajene meje vodnih teles so lahko osnova za določitev čezmejnih vodnih teles, ki se lahko določijo le, če se izkaže interes obeh držav. Bolj pomembno pa je, da usklajene meje bistveno olajšajo usklajevanje pri ocenah stanja in tveganja, ki so predmet načrtov upravljanja z vodami obeh držav. Še zlasti je taka uskladitev pomembna pri pripravi varovanja čezmejnih virov pitne vode, ki jih država sicer varuje le na svojem ozemlju.

Za območje med Tržaškim in Kvarnerskim zalivom so pripravljene usklajene in skupne strokovne podlage, ki bodo omogočile učinkovitejše usklajevanje načrtovanja upravljanja s podzemnimi vodami obeh držav. Kakovost podzemne vode vodonosnikov, ki segajo preko državne meje, je blizu naravnemu stanju. Vplivi nekdanjih onesnaženj s sulfatom, kloridom in nitratom se v splošnem zmanjšujejo. Današnji vplivi na kakovost so v večji meri posledica urbanizacije in manj kmetijstva. Vplivi iz prometa in poselitve so pretežno zaznavni le v

sledovih ali občasno. Z nadaljnjim monitoringom je potrebno natančno zasledovati pojave vseh onesnaževal in njihove trende, čeprav se koncentracije anorganskih onesnaževal gibljejo le rahlo nad koncentracijami značilnimi za naravno okolje ("naravno ozadje").

Še posebej je za obravnavano območje pomembno količinsko stanje vodnih virov, saj so v konicah turističnih sezon razpoložljive količine že v celoti izkoriščene ali celo preizkoriščene. Nujna je identifikacija in razvoj novih vodnih virov za zagotavljanje zadostnih količin vode v prihodnosti.

Vzdolž meje med Slovenijo in Hrvaško so štiri pomembna čezmejna vodovarstvena območja, Bulaž, Rižana, Sv. Ivan in Riječina-Zvir, za katera je potrebno pripraviti protokol za vzpostavitev varovanja na obeh straneh meje po pristopu »zadovoljive združljivosti«.

6. Zahvala

Projekt ISTR-HIDRO je bil financiran s strani programa Evropskega teritorialnega sodelovanja Slovenija – Hrvaška 2007-2013 (»Interreg IV-A« Slovenija - Hrvaška). Operacijo je delno sofinancirala Evropska Unija - Evropski sklad za regionalni razvoj. Za uspešno sodelovanje v projektu se zahvalujemo tudi slovenskemu partnerju Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano Koper, hrvaškemu partnerju Hrvatske vode ter raziskovalnemu zavodu Hrvatski geološki institut.

7. Viri

- [1] PLACER, L., VRABEC, M., & CELARC, B., 2010. The bases for understanding of the NW Dinarides nad Istria Peninsula tectonics. *Geologija*, 53/1, 55-86.
- [2] ŠARIN, A., 1988. Upute za izradu Osnovne hidrogeološke karte Jugoslavije, M 1:100.000. Savezni geološki zavod, Beograd, 134 p.
- [3] STRUCKMEIER, W.F. & MARGAT, J. (ed.), 1995. Hydrogeological maps. A Guide and a Standard Legend. International Association of Hydrogeologists. Volume 17, 193 p.
- [4] CIVITA, M. & DE MAIO, M. 1997: SINTACS. Un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. Metodologia & automatizzazione. Pitagora Editrice, 191 pp., Bologna.
- [5] PRESTOR, J., PEKAŠ, Ž., KUHTA, M., KOŽELJ, A., JANŽA, M., BRKIĆ, Ž., CELARC, B., LARVA, O., MEGLIĆ, P., DOLIĆ, M., URBANČ, J., SIMIĆ, B., TOT, I., PODBOJ, M., MALDINI, K., LEVIČNIK, L., MATIĆ, N., FERJAN STANIČ, T., BRUN, C., ŠRAM, D., MRMOJLA, N., MAVC, M., PESTOTNIK S., 2015. Projekt ISTR-HIDRO. Trajnostno upravljanje s čezmejnimi podzemnimi vodami med Tržaškim in Kvarnerskim zalivom / Održivo upravljanje prekograničnim podzemnim vodama između Tršćanskog i Kvarnerskog zaljeva. Rezultati projekta. Evropsko teritorialno sodelovanje SI – HR / Europska teritorijalna suradnja SI – HR. Ljubljana, Zagreb, Koper. 10 pril., 175 str.
- [6] KUHTA, M., BRKIĆ, Ž., LARVA, O., & DOLIĆ, M., 2015. Održivo upravljanje prekograničnim podzemnim vodama između Tršćanskog i Kvarnerskog zaljeva, Završno izvješće. Sustainable Transboundary groundwater resources management between gulfs of Trieste and Kvarner, Final Report. Hrvatski geološki institut, 45/15, Zagreb.

POMEN STALNEGA SPREMLJANJA FIZIKALNO-KEMIJSKIH PARAMETROV VODE ZA RAZUMEVANJE DELOVANJA KRAŠKIH VODONOSNIKOV

Blaž Kogovšek, Matej Blatnik, dr. Metka Petrič, dr. Nataša Ravbar, dr. Franci Gabrovšek

Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Titov trg 2, 6230 Postojna

POVZETEK

Zaradi izrazito heterogene zgradbe kraških vodonosnikov se narava toka vode in prenosa snovi znotraj njih razlikuje od tistih v medzrnskih in razpoklinskih vodonosnikih. Značilna je tudi velika spremenljivost teh lastnosti v prostoru in času. Kljub temu, da poznavanje dinamike in razsežnosti hidrološke spremenljivosti nudita dodano vrednost pri razumevanju delovanja vodonosnika, sta redko predmet podrobnejših raziskav, saj terjata ustrezno prilagojene načine in metode proučevanja. Spremljanje fizikalnih in kemijskih značilnosti vode sodi med učinkovite in pogosto uporabljene hidrogeološke metode. V kraških vodonosnikih se v procesu odzivanja na posamezne padavinske dogodke lastnosti vode spreminjajo v celotnem razponu časovnih intervalov, tudi v zelo kratkem času. Za boljše razumevanje delovanja kraških vodonosnikov je tako zelo primerno merjenje teh parametrov v kratkih intervalih (npr. urnih ali še krajših) in v različnih točkah kraškega sistema (padavine, ponikalnice, vodni tokovi v jamah, izviri). V članku so predstavljene izkušnje pri načrtovanju in vzpostavitvi tovrstnega študijskega poligona v zaledju kraških izvirov na obrobju Planinskega polja v jugozahodni Sloveniji. Poleg dveh glavnih izvirov so bili s samodejnimi merilniki podatkov o nivojih, temperaturi in električni prevodnosti vode opremljeni še trije manjši izviri, štiri ponikalnice, en površinski vodotok in pet jam z vodnim tokom, v enakih intervalih pa so bile merjene tudi padavine na dveh padavinskih postajah. Kjer je bilo tehnično mogoče, so bile opravljene hidrometrične meritve za preračun izmerjenih vodostajev v pretoke. Razprava vključuje oceno težav pri postavitvi naprav v zahtevnem okolju in potreb po njihovem stalnem vzdrževanju, opis izkušenj z načini in pogostostjo beleženja in odčitavanja podatkov ter analizo primernosti in uporabnosti obsežne baze zbranih podatkov.

Ključne besede:

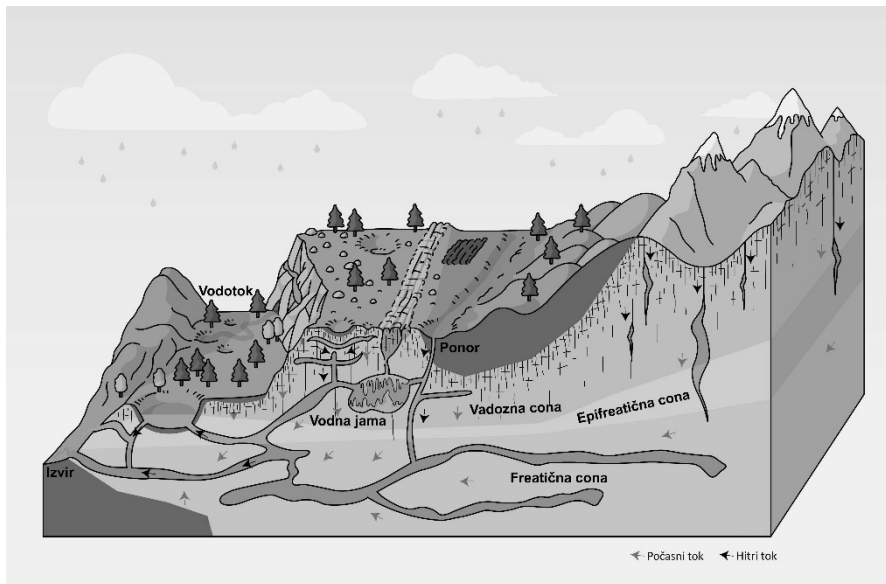
kras, vodonosnik, monitoring, fizikalno-kemijski parametri, Slovenija.

1. Uvod

Kraške kamnine pokrivajo okrog 20 % Zemljinega kopna brez pokrajin pod ledeniki (White et al., 1995), v Sloveniji pa je delež še višji, približno 43 % (Gams, 2003). Kraški vodonosniki, ki ležijo na območjih karbonatnih kamnin (predvsem apnenec in dolomit), zagotavljajo vodo polovici slovenskega (Gams, 2003) in četrtini svetovnega prebivalstva (Ford in Williams, 2007). V današnjih časih je zato zelo pomembna njihova zaščita in trajnostno koriščenje, za kar pa je potrebno podrobno poznavanje njihovega delovanja.

Padavinska voda na krasu zaradi pretrtosti in zakrasedlosti kamnin hitro pronica v podzemlje, prav tako pa površinski vodotoki na stiku s krasom poniknejo v globino. Skozi vadozno cono infiltrirana voda potuje večinoma v navpični smeri po razpokah in kanalih proti gladini podzemne vode. Pod to je z vodo stalno zapolnjena freatična cona, v kateri pretakanje poteka sub-horizontalno po kanalih in razpokani osnovi proti kraškim izvirov (slika 1). Kraške

vodonosnike določa visoka prepustnost, velika hitrost pretakanja vode v podzemlju, raznolikost načina pretakanja in splošno slabše poznana smer odtekanja vode.

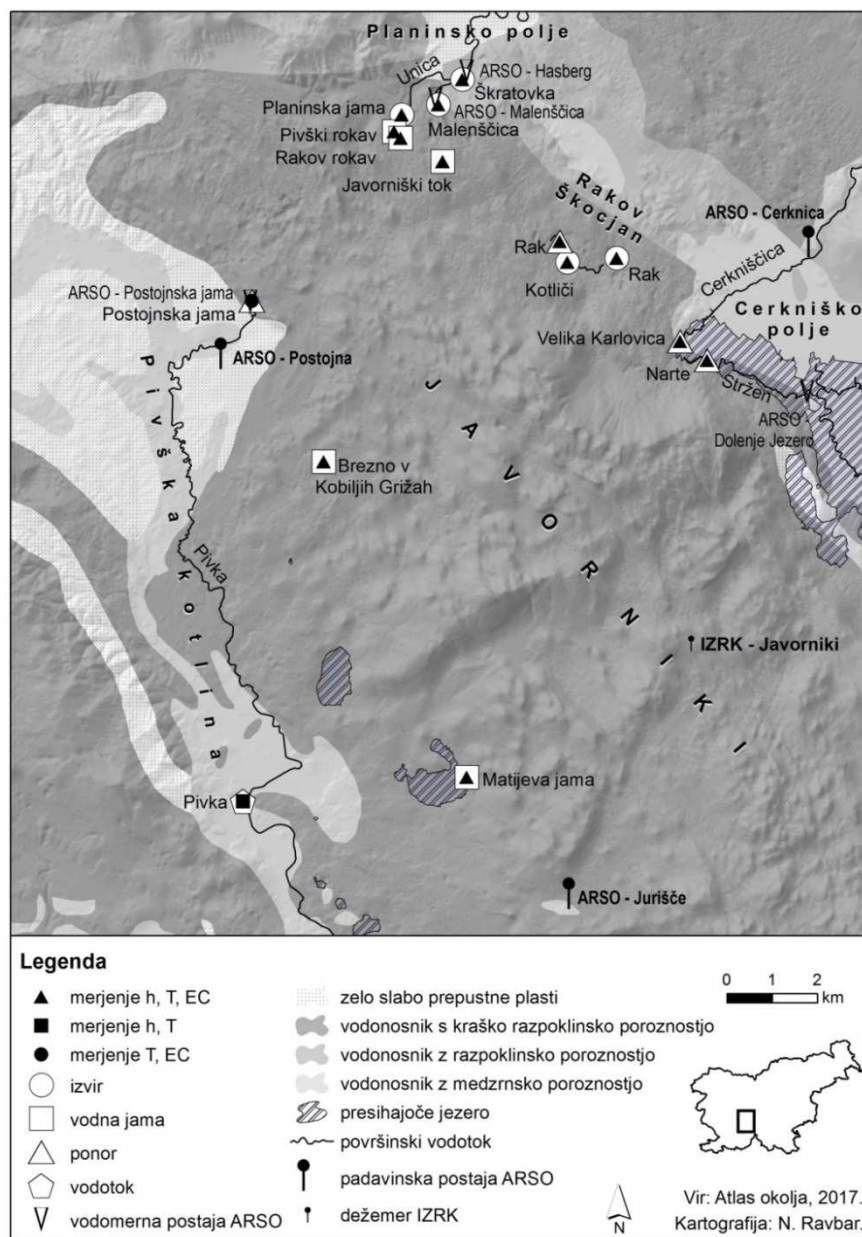


Slika 1. Model kraškega vodonosnika in možna mesta zajemanja podatkov ob robu in znotraj vodonosnika (Ravbar in Šebela, 2015)

Zaradi pomanjkanja podatkov o zgradbi ter razporeditvi kanalov in razpok se kraške vodonosnike pogosto obravnava kot sisteme črne skrinjice (black-box model) in značilnosti njihovega hidrodinamičnega delovanja navede z razmerjem polnjenje – praznjenje. Bolj natančen je model sive skrinjice (grey-box model), ki delovanje kraških vodonosnikov razloži s kombinacijo vseh dostopnih podatkov o sistemu (Ford in Williams, 2007). Spremljanje značilnosti in toka vode je vezano na izvire, ponore, jame in vrtine, učinkovita in pogosto uporabljana hidrogeološka metoda je merjenje fizikalnih in kemijskih lastnosti vode. Med padavinskim dogodkom se te lastnosti stalno spreminjajo, odzivi pa so lahko zelo hitri. Zato je za boljše razumevanje delovanja kraškega vodonosnika zelo primerno merjenje parametrov vode v kratkih časovnih intervalih (npr. urnih ali še krajših) in v različnih točkah kraškega sistema (padavine, ponikalnice, vodni tokovi v jamah, izviri).

Opisane metode bodo uporabljene na študijskem poligonu v kraškem zaledju Ljubljane, kjer bodo s pomočjo samodejnih merilnikov potekale meritve v 15 izbranih točkah. Z obdelavo zbranih podatkov bo analiziran odziv kraškega vodonosnika na padavinske dogodke. Predstavljena študija je trenutno v začetni fazi, zato bo v prispevku pozornost namenjena predvsem pomenu in posebnostim vzpostavitve tovrstne mreže meritev v krasu.

2. Območje proučevanja



Slika 2. Obravnavano območje z merilnimi mesti

Izbrano študijsko območje kraškega zaledja izvirov na Planinskem polju se nahaja v JZ delu Slovenije. Vode, ki napajajo izvire, se stekajo iz treh različnih, a hidrološko povezanih območij: Cerknjskega polja, Javornikov in Pivške kotline. Voda v javorniskem delu je večinoma podzemna, medtem ko je na preostalih dveh prisoten tudi površinski tok vode.

Osrednji del zaledja predstavlja kraška planota Javornikov, ki se dviga do nadmorske višine 1270 m. Zgrajena je iz krednih karbonatnih kamnin, večinoma apnencev. Na zahodni strani meji na dolino reke Pivke z nadmorsko višino okoli 550 m. V zgornjem toku ima Pivka kraško porečje, dolvodno pa teče po podlagi iz zelo slabo prepustnih kvartarnih naplavin in eocenskega fliša. Na stiku s kraškimi kamninami ponikne v Postojnsko jamo. Na V in S strani je kraški masiv omejen s Cerknjskim in Planinskim kraškim poljem, ki se nahajata v širši coni Idrijskega preloma. Cerknjsko polje je na nadmorski višini približno 550 m, Planinsko polje pa

na okoli 450 m nadmorske višine. Območje med obema gradi zgornjetriasni dolomit, na SV strani se nahaja jurski apnenec in lokalno tudi jurski dolomit. Dna polj prekrivajo kvartarne naplavine (glina, melj, pesek, prod), ob visokih vodah pa na poljih nastaneta presihajoči jezera (povzeto po Buser et al., 1967; Čar, 1982).

Ponori na SZ strani Cerkniskega polja odvajajo vodo proti izviru reke Rak v Rakovem Škocjanu. Ta se nahaja na območju krednih apnencev, dno kraške doline pa je pokrito s kvartarnimi naplavinami. Levi pritok Raka je izvir Kotlič, le nekaj sto metrov pod sotočjem pa Rak ponika v Tkalci jami in teče podzemno proti izvirom na jugu Planinskega polja, Unici in Malenščici. Planinska jama predstavlja stičišče dveh rek, Raka in Pivke. Vsaka priteče po svojem kraku, Pivka po levem in Rak po desnem. V Pivski krak dotekajo predvsem vode iz ponora Pivke v Postojnsko jamo. Iz Planinske jame izvira Unica. Po dobrem kilometru in pol se ji dolvodno z desne strani priključi Malenščica, ki je pomemben vir pitne vode za občini Postojna in Pivka. Je stalen izvir, ki ima tudi ob daljši suši pretok 1,1 m³/s, medtem ko lahko pretok Unice v sušnem obdobju upade na okrog 400 l/s. Maksimalni pretoki Malenščice dosegajo vrednosti okoli 11 m³/s, Unice pa prek 90 m³/s (Kovačič, 2009).

3. Metode dela

3.1 Zbiranje podatkov

Začetek dela je predstavljalo zbiranje podatkov o dosedanjih raziskavah na izbranem območju. Eno od najpomembnejših del so raziskave o sledenju voda, izvedene v 70. letih prejšnjega stoletja (Gospodarič in Habič, 1976), dopolnili so jih nekateri novejši sledilni poskusi (Kogovšek, 1999; Gabrovšek et al., 2010; Ravbar et al., 2012). Obsežne so bile raziskave pri načrtovanju oskrbe s pitno vodo (npr. Habič, 1987), v novejšem obdobju je potrebno izpostaviti dve doktorski deli (Kovačič, 2009; Turk, 2010).

V raziskavi bodo uporabljene različne vrste podatkov, kot so geološki (npr. Buser et al., 1967; Čar in Gospodarič, 1984) ali speleološki podatki (Kataster jam JZS in IZRK). Vir večine meteoroloških in hidroloških podatkov bo Agencija RS za okolje (ARSO, 2017).

3.2 Terenske metode

Na izviri, ponorih, vodotoku in v vodnih jamah je bila poleti 2016 vzpostavljena merilna mreža (slika 2). Za merjenje temperature (T), specifične električne prevodnosti (EC) in nivojev vode (h) so uporabljeni samodejni merilniki (tipala s programiranim merjenjem in shranjevanjem podatkov) znamk Onset in Eijkelkamp. Gre za avtonomne naprave z merilno sondo in avtomatskim beleženjem podatkov. Lokacije so prikazane na sliki 2: izviri Malenščica, Unica in Škratovka na Planinskem polju ter Rak in Kotlič v Rakovem Škocjanu, vodni tokovi v Planinski jami (Pivski in Rakov rokav ter Javorniški tok), Breznu v Kobiljih Grižah in Matijevi jami, ponikalnice Cerknishčica v jamo Velika Karlovica, Stržen v Nartah, Rak pred Tkalca jamo in Pivka v Postojnsko jamo ter površinski tok Pivke pred območjem ponikanja pri Trnju. Na vzhodnem robu Javornikov in na območju Planinskega polja sta bila postavljena dežmera znamke Onset. Dodatne podatke bo možno pridobiti s treh padavinskih in šestih hidroloških postaj, s katerimi upravlja ARSO.

Zaradi umerjanja in preverjanja podatkov se občasno izvajajo ročne meritve T in EC s konduktometerom znamke WTW. Za vzpostavitev pretočne krivulje bodo tam, kjer bo tehnično izvedljivo, opravljene hidrometrične meritve z akustičnim Dopplerjevim merilcem pretoka znamke SonTek, oziroma s pomočjo metode razredčenja.



Slika 3. Levo: Merilnik temperature in električne prevodnosti ter merilnik nivojev; desno: nameščen merilnik na terenu (Foto: Blaž Kogovšek)

3.3 Obdelava podatkov

Projekt je trenutno v fazi vzpostavitve mreže meritev in začetnega preverjenja rezultatov meritev. Po pridobitvi in ureditvi podatkov bodo za njihovo obdelavo uporabljene različne metode analiz časovnih serij.

4. Razprava in zaključek

Na izbranem študijskem območju je sedaj petnajst samodejnih merilnih mest. Dobra pokritost sistema bo omogočila pridobitev velike količine podatkov, njihova ustrezna obdelava pa izboljšanje razumevanja delovanja kraškega vodonosnika.

Merilniki so nameščeni na izvirih, ponorih, površinskemu toku in kar je v tem primeru nadgradnja, tudi v podzemnem toku petih kraških jam. Jame predstavljajo okolje, ki je ponavadi težko dostopno, daje pa dober pogled na hidravlične in hidrogeološke procese v kraškem vodonosniku.

Sonde morajo biti postavljene dovolj nizko v vodnem stolpcu, da so stalno v vodi in so časovne serije podatkov neprekinjene. To pomeni, da jih je potrebno na izbrano lokacijo postaviti v času zelo nizkih vodostajev. Predvsem za kraške jame velja, da bo potem tudi odčitavanje podatkov možno le ob takih izjemnih pogojih.

Merilni interval je zaradi hitrega spreminjanja parametrov v kraških vodonosnikih nastavljen na pol ure, torej je pridobivanje podatkov praktično zvezno. V preteklosti tehnologija tega ni omogočala in so raziskovalci le občasno izvajali t.i. ročne meritve na terenu. Tovrstni podatki so imeli številne pomanjkljivosti pri zaznavanju dinamike pretakanja vode v krasu.

Spomin merilnikov T, EC in h ob merilnem intervalu pol ure zadošča za shranjevanje podatkov v obdobju približno enega leta. Enkrat letno je torej najmanjša možna pogostnost odčitavanja podatkov, zaradi preverjanja podatkov in zaznavanja morebitnih težav pa je priporočljivo to izvajati dosti bolj pogosto. Tako so bili podatki na nekaterih lokacijah že odčitani večkrat, na nekaterih enkrat v obdobju nizkih vodostajev v začetku januarja 2017, na ostalih pa bo to izvedeno v kratkem.

Pridobljene izkušnje z vzpostavitvijo merilne mreže fizikalno-kemijskih lastnosti vode in uporabo samodejnih merilnikov so povzete v spodnji preglednici:

Preglednica 1. Ocena primernosti in uporabnosti stalnega spremljanja fizikalno-kemijskih parametrov vode v kraških vodonosnikih

Prednosti	zvezne meritve kratak časovni interval ogromne količine podatkov spomin avtonomnost	Slabosti	možnost okvare, poškodbe, kraje – izguba podatkov zahtevnost urejanja obsežne baze podatkov ni stika s terenom
Priložnosti	karakterizacija interpretacija napovedovanje upravljanje	Omejitve	tehnične težave fizičen napor težak dostop (jame)

5. Viri

- [1] AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE (ARSO), 2017. Hidrološki in meteorološki podatki [online]. Ljubljana: arhiv Agencije Republike Slovenije za okolje. Dostopno na: <http://www.arso.gov.si/> [dostop 10. januar 2017].
- [2] ATLAS OKOLJA, 2017. Kartografski podatki Geoportal ARSO [online]. Ljubljana: ARSO. Dostopno na: http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXI@Arso [dostop 10. januar 2017].
- [3] BUSER, S., GRAD, K., PLENIČAR, M., 1967. Osnovna geološka karta SFRJ, list Postojna 1:100000. Beograd: Zvezni geološki zavod.
- [4] ČAR, J., 1982. Geološka zgradba požiralnega obrobja Planinskega polja. Acta Carsologica, 10, 75-104.
- [5] ČAR, J., GOSPODARIČ, R., 1984. O geologiji krasa med Postojno, Planino in Cerknico. Acta Carsologica, 12, 91-106.
- [6] FORD, D.C., WILLIAMS, P.W., 2007. Karst Hydrogeology and Geomorphology. Chichester: John Wiley & Sons.
- [7] GABROVŠEK, F., KOGOVŠEK, J., KOVAČIČ, G., PETRIČ, M., RAVBAR, N., TURK, J., 2010. Recent results of tracer tests in the catchment of the Unica River (SW Slovenia). Acta Carsologica, 39 (1), 27-38.
- [8] GAMS, I., 2003. Kras v Sloveniji v prostoru in času. Ljubljana: Založba ZRC.
- [9] GOSPODARIČ, R., HABIČ, P., ur., 1976. Underground water tracing – Investigations in Slovenia 1972-1975. Postojna: Institute for Karst Research SAZU.
- [10] HABIČ, P., 1987. Raziskave kraških izvirov v Malnih pri Planini in zaledja vodnih virov v občini Postojna. Poročilo. Postojna: Arhiv IZRK.
- [11] KOGOVŠEK, J., 1999. Nova spoznanja o podzemnem pretakanju vode v severnem delu Javornikov (Visoki kras). Acta carsologica, 28 (1), 161–200.
- [12] KOVAČIČ, G., 2009. Hidrologija kraškega izvira Malenščica in njegovega hidrografskega zaledja. Doktorska disertacija. Koper: G. Kovačič.
- [13] RAVBAR, N., BARBERÁ, J.A., PETRIČ, M., KOGOVŠEK, J., ANDREO NAVARRO, B., 2012. The study of hydrodynamic behaviour of a complex karst system under low-flow conditions using natural and artificial tracers (the catchment of the Unica River, SW Slovenia). Environmental earth sciences, 65 (8), 2259-2272.
- [14] RAVBAR, N., ŠEBELA, S., 2015. The effectiveness of protection policies and legislative framework with special regard to karst landscapes: insights from Slovenia. Environmental Science & Policy, 51, 106-116.
- [15] TURK, J., 2010. Dinamika podzemne vode v kraškem zaledju izvirov Ljubljani/Dynamics of underground water in the karst catchment area of the Ljubljana springs. Ljubljana: Založba ZRC.
- [16] WHITE, W.B., CULVER, D.C., HERMAN, J.S., KANE, T.C., MYLROIE, J.E., 1995. Karst lands: the dissolution of carbonate rock produces unique landscapes and poses significant hydrological and environmental concerns. American Scientist, 83 (5), 450-459.

UPORABA SLEDILNIH POSKUSOV V PROCESU UPRAVLJANJA S KRAŠKIMI VODNIMI VIRI V SLOVENIJI

dr. Metka Petrič, dr. Nataša Ravbar, dr. Janja Kogovšek

Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Titov trg 2, 6230 Postojna

POVZETEK

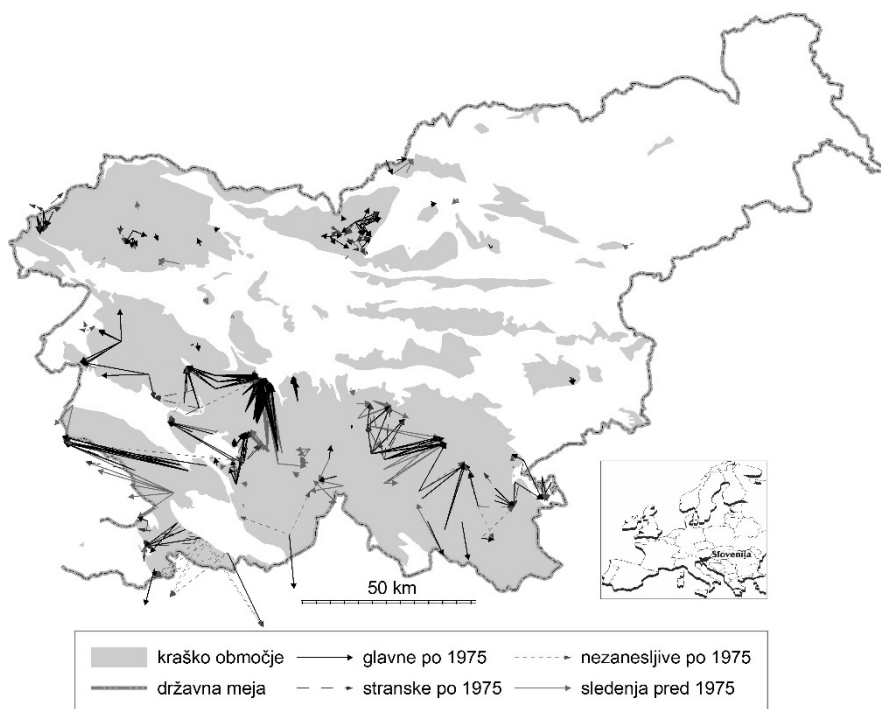
Sledenje toka podzemne vode z umetnimi snovmi (»sledili«) je ena izmed raziskovalnih metod, ki so se uveljavile na področju kraške hidrogeologije. Prve omembe tovrstnih poskusov za ugotavljanje podzemnih vodnih povezav na slovenskem krasu segajo daleč v zgodovino, začetki njihove rabe v procesu upravljanja z vodnimi viri pa v prva leta 20. stoletja. V dobrih sto letih je bilo tako opravljeno več kot 250 sledilnih poskusov, ki se razlikujejo glede na namen izvedbe, vrste in načina injiciranja sledila, njegovega zaznavanja ter uporabnosti dobljenih rezultatov. Glavni namen je običajno določitev smeri in hitrosti podzemnega pretakanja ter omejitev zaledja kraških izvirov. Ob skrbnem načrtovanju poskusa ter dovolj dolgem in natančnem vzorčenju pojava sledila je možna tudi podrobna študija značilnosti pretakanja podzemnih vod, prenosa v njih raztopljenih snovi ter značilnosti njihovega iztekanja iz sistema (koncentracija, trajanje). Posebej v zadnjih letih je ta metoda pogosto uporabljena za reševanje okoljskih ali inženirskih problemov. Njeno pomembno vlogo priznavajo tudi administrativna in upravljalvska telesa. V članku so podane osnovne značilnosti kraških vodonosnikov in sledilnih poskusov. Na izbranih primerih je opisana uporabnost rezultatov in izkušnji pri sledilnih poskusih na področju upravljanja s kraškimi vodnimi viri. Izpostavljena je problematika sistemskega nadzora nad izvajanjem tovrstnih raziskav, ki naj bi preprečil, da več izvajalcev istočasno izvede sledenje z enakim sledilom v zaledju nekega izvira. Podana je tudi pobuda po vzpostavitvi in vzdrževanju enotne slovenske baze rezultatov sledenj kot pomembnem elementu pri celostnem upravljanju s kraškimi vodnimi viri.

Ključne besede:

kras, sledilni poskus, umetna sledila, upravljanje z vodnimi viri, Slovenija.

1. Kraški vodni viri in sledilni poskusi

V Sloveniji kras pokriva 43 % površja in približno polovica prebivalcev se oskrbuje z vodo iz kraških vodonosnikov. Ti so izjemno ranljivi na onesneženje zaradi posebnih značilnosti: odsotnosti varovalne plasti (prst, sedimenti), hitre infiltracije vode v podzemlje (ponikalnice, zakraselo površje), hitrega podzemnega pretakanja skozi kraške kanale in posledično tudi hitrega širjenja onesnaženja v različne smeri. Pri načrtovanju njihovega varovanja pred onesnaženjem je treba poznati te značilnosti in jih ustrezno upoštevati. Uporabljamo različne raziskovalne metode, med katerimi se je sledenje z umetnimi snovmi, sledili, pokazalo kot še posebej primerno za določanje obsega prispevnih zaledij kraških izvirov ter ugotavljanje značilnosti pretakanja vode in prenosa snovi. Pogosto je ta metoda v rabi tudi na slovenskem krasu in pri pregledu literature smo zbrali podatke o več kot 250 opravljenih sledilnih poskusih (slika 1).



Slika 12 S sledinimi poskusi dokazane podzemne vodne zveze na območju krasa v Sloveniji.

Pri sledilnem poskusu spremljamo prenos injiciranega sledila skozi vodonosnik. Sledilo je v vodi topna, okolju neškodljiva snov, ki jo je z ustreznimi napravami možno zaznati v že zelo nizkih koncentracijah. Ugotovljene smeri in hitrosti pretakanja ter delež povrnjenega sledila v posameznih točkah vzorčenja (izviri, vodni tokovi v jamah, vrtine), daje pomembne informacije o značilnostih pretakanja vode skozi kras ob določenih hidroloških razmerah in posredno tudi o značilnosti prenosa morebitnih onesnaževal. Prednost uporabe umetnih sledil je v tem, da lahko nadzorujemo pogoje vnosa sledila (npr. hidrološke razmere, izbira točke in načina vnosa).

Za uspešno izvedbo sledilnega poskusa so potrebne predhodne raziskave (hidrološke, geološke, speleološke, hidrokemijske, ipd.), ki pomagajo pri izbiri najbolj primernega tipa sledila in njegove količine. Ugotovljene značilnosti upoštevamo tudi pri pripravi natančnega programa sledenja z načrtom izvedbe injiciranja in vzorčenja, ki ga med samim poskusom sproti prilagajamo hidrološkim razmeram in rezultatom sprotne analize pojava sledila v točkah opazovanja. Ker je lahko zadrževanje sledila v krasu tudi dolgotrajno, je potrebno poskus izvajati dovolj dolgo, tudi v obdobju enega leta ali več. Na opazovanih točkah si namreč prizadevamo ujeti (»dobiti povrnjeno«) večino injiciranega sledila. Za oceno količine povrnjenega sledila je potrebno vzpostaviti tudi merjenje pretoka na teh točkah.

Na kraških območjih v Sloveniji so bila v kar 80 % sledenj uporabljena fluorescentna sledila, večinoma uranin (ali z drugim imenom natrijev fluorescein). To so organske snovi, ki se zaradi absorpcije svetlobe iz UV dela spektra vzbudijo na molekularnem nivoju in nato oddajajo svetlobo v območju daljših valovnih dolžin (Käss, 1998). V manjši meri so v rabi druge vrste sledil, predvsem soli, bakteriofagi in obarvani trosi, ki se največkrat uporabijo pri kombiniranih poskusih z istočasnim injiciranjem več različnih sledil. Količina uporabljenega sledila se bistveno razlikuje glede na tip sledila, za isto sledilo pa glede na hidrološke razmere, način injiciranja in izdatnost izvirov, v katerih naj bi se po predhodnih ocenah pojavilo.

V veliki večini poskusov je bilo sledilo injicirano v ponikalnico. Predvsem v zadnjih letih pa se sledilni poskusi vedno bolj uveljavljajo kot primerna metoda za študij značilnosti toka vode in prenosa snovi v vadozni (nezasičeni) coni z injiciranjem sledila razpršeno ali v razpoko na

površju in spremljanje njihovega pojava na izviri ali v kraških jamah. Poleg naravnih objektov lahko kot točke vzorčenja ali injiciranja uporabljamo tudi vrtine.

V preteklosti je bilo treba za izvedbo sledenja pridobiti dovoljenje, sedaj pa te zahteve ni več. Brez čakanja na ustrezna dovoljenja je načrtovanje poskusa bolj enostavno. Pokazala pa se je tudi velika slabost take ureditve, saj je sedaj možno, da več izvajalcev istočasno izvede sledenje z enakim sledilom v zaledju nekega izvira. V takem primeru bodo rezultati sledenja nezanesljivi in zato verjetno neuporabni. Obstaja torej potreba po sistemskem nadzoru nad izvajanjem tovrstnih raziskav, ki bi preprečila njihovo morebitno navzkrižno izvedbo.

2. Primeri rabe sledilnih poskusov pri upravljanju s kraškimi vodnimi viri v Sloveniji

Osnovni pogoj za učinkovito varovanje kraških vodnih virov je dobro poznavanje značilnosti in razumevanje njihovega delovanja. Zagotovljen mora biti tudi ustrezen zakonodajni okvir, ki določa pravila za omejevanje aktivnosti s škodljivimi učinki in narekuje ukrepe za preprečitev oz. omejitev njihovih negativnih posledic. Slovenska okoljska zakonodaja temelji na zakonih in direktivah Evropske unije. Ker v teh kraški vodonosniki niso ustrezno obravnavani, še manj prepoznani kot izjemno občutljivo območje, tudi v slovenskih zakonih o varovanju voda najprej niso bili posebej izpostavljeni. Tekom let so se zaradi tega pojavljale številne težave pri reševanju praktičnih problemov upravljanja z vodnimi viri in onesnaževanja v krasu, na katere se je zakonodajalec odzival s postopnim uvajanjem sprememb in dopolnitev. Še vedno pa ostajajo nekateri nerešeni problemi.

S stališča varovanja kakovosti voda sta pomembna dva pravilnika: Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (PKVO, 2004) in Pravilnik o obratovalnem monitoringu stanja podzemne vode (POM, 2015). V obeh so sledilni poskusi navedeni kot ena izmed možnih raziskovalnih metod pri izdelavi strokovnih podlag za določitev vodovarstvenih območij ali programa monitoringa. Ker pa njihova uporaba ni obvezna, v večini raziskav zaradi zahtevne in zamudne izvedbe ter visokih stroškov niso izvedeni. Bolj izjema kot pravilo so posamezni primeri, kjer je bila njihova uporaba izrecno zahtevana s strani Ministrstva za okolje in prostor, ki vodi postopke sprejemanja uredb za varovanje vodnih virov in potrjuje programe obratovalnih monitoringov. Izbrani primeri uporabe sledilnih poskusov v procesu upravljanja s kraškimi vodnimi viri v Sloveniji so bolj podrobno predstavljeni v nadaljevanju.

2.1 Določitev vodovarstvenih območij in kartiranje ranljivosti

Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (PKVO, 2004) postavlja različne kriterije za različne tipe vodonosnikov. Za kraške je za določitev mej vodovarstvenih območij potrebno pridobiti podatke o hitrostih in smereh toka ter geološko-kemijskih lastnostih podzemne vode, njeni piezometrični gladini, razredčenju dejanskih in morebitnih onesnaževal, velikosti in zakraselosti napajalnega območja. Predvidena je možnost uporabe ene izmed šestih navedenih raziskovalnih metod, med njimi so tudi sledilni poskusi. Če uporaba rezultatov samo ene od metod ne zagotavlja zanesljive in učinkovite določitve mej, je treba uporabiti rezultate več metod. Glede na naše izkušnje je zaradi kompleksne zgradbe in delovanja kraških vodonosnikov uporaba več vzporednih metod nujna in bi jo bilo smiselno predpisati. V procesu določanja vodovarstvenih pasov za kraške vodne vire v Sloveniji so bili rezultati sledilnih poskusov, ki so bili opravljeni v različnih predhodnih projektih, tudi uporabljeni za oceno teh parametrov. Niso pa bila načrtno izvedena nova sledenja v sklopu priprave strokovnih podlag za določitev vodovarstvenih območij.

V nekaterih evropskih državah (npr. v Nemčiji in Švici) so za določevanje vodovarstvenih območij v zakonodajo uvedli metodo kartiranja ranljivosti. Na slovenskem krasu so bile sicer izvedene posamezne študije, kjer so bile te metode uporabljene (Janža & Prestor, 2002; Marin et al., 2014), v raziskovalnem projektu je bil razvit tudi značilnostim slovenskega krasa

prilagojen »Slovenski pristop« (Ravbar, 2007), a izdelane karte ranljivosti niso bile uporabljene v procesu sprejemanja uredb o varovanju vodnih virov. Bi pa bile v prihodnje smiselne primerjalne raziskave z uporabo in validacijo različnih tovrstnih metod, ki bi omogočile oblikovanje predloga skupne metode kartiranja ranljivosti kot osnove za določevanje vodovarstvenih območij in režima varovanja znotraj njih. V tem oziru je pomembno izpostaviti tudi sledilne poskuse, ki so zelo pomembna raziskovalna metoda pri izdelavi kart ranljivosti, še posebej pa pri njihovi validaciji. Ravbar in Goldscheider (2007) sta predlagala dva kriterija, ki ju je možno pridobiti s sledilnimi poskusi: čas prvega pojava sledila in normaliziran delež povrnjenega sledila (delež deljen s pretokom izvira). Kratki potovalni časi in visok delež povrnjenega sledila kažejo na visoko ranljivost, zapoznili pojav sledila v bistveno zmanjšanem deležu pa na nizko ranljivost.

2.2 Program monitoringa vpliva odlagališča odpadkov na kraške vode

V letu 2000 je bilo sprejetih več pravilnikov, ki so urejali upravljanje s škodljivimi snovmi in načrtovanje monitoringa podzemnih vod v njihovem vplivnem območju. V naslednjih letih je potekal proces vzpostavitve monitoringa podzemne vode v vplivnem območju odlagališč odpadkov, za katerega so bili odgovorni upravljavci, program monitoringa pa je moral biti potrjen s strani Ministrstva za okolje in prostor. V tem procesu so se posebej v primerih odlagališč na krasu pojavile številne težave, ki v pravilnikih niso bile predvidene. Po zahtevah Ministrstva in s financiranjem upravljavcev je bilo tako opravljenih več sledilnih poskusov (Kogovšek & Petrič, 2006, 2007, 2010), ki so pripomogli k bolj smiselno načrtovanem monitoringu, pa tudi k določenim popravkom obstoječih pravilnikov.

Izpostavile bi primer odlagališča odpadkov Mozelj pri Kočevju, ki je bilo odprto leta 1973. Pri izbiri lokacije ni bilo upoštevano, da gre za zakraselo in zelo dobro prepustno območje, kjer voda in v njej raztopljene snovi neovirano ponikajo v podzemlje in se po dobro prepustnih kraških kanalih hitro pretakajo proti izvirom v dolinah Kolpe in Krke. Tudi tehnična ureditev odlagališča ni zadovoljivo omejila odtekanja izcednih vod. Za potrebe obratovalnega monitoringa so bile v neposredni bližini odlagališča izvrtane tri vrtine, vendar pa je bila zaradi heterogene zgradbe krasa njihova reprezentativnost vprašljiva. V procesu izdelave programa monitoringa kakovosti podzemne vode v vplivnem območju odlagališča je bila tako v letu 2006 izvedena hidrogeološka raziskava z uporabo kombiniranega sledilnega poskusa (Kogovšek & Petrič, 2010). Flourescenčni sledili uranin in eozin sta bili injicirani v dve dobro prepustni razpoki na površju na jugozahodnem in severnem robu odlagališča, vzorčenje vode pa je potekalo v vseh treh vrtinah in na več izviri. Ugotovljene so bile smeri in hitrosti odtoka voda z odlagališča ter odvisnost dinamike transporta snovi od padavinskih razmer. Dodatni namen sledenja je bilo testiranje primernosti 3 vrtin kot objektov za monitoring.

V eni vrtini se je pojavilo eno, v drugi pa obe sledili v koncentracijah le malo nad mejo določljivosti. V tretji vrtini sledil nismo zaznali. Večji del injiciranih sledil je torej odtekel skozi dobro prepustne razpoke in kanale, ki jih vrtine niso dosegle, proti izvirom. Zaključimo lahko, da te vrtine niso primerne za monitoring vpliva odlagališča na podzemne vode.

Dokazan je bil glavni tok proti izviru Bilpa v dolini Kolpe z dominantno navidezno hitrostjo 48 m/h (izračunana na osnovi primerjave med zračno razdaljo od točke injiciranja do točke pojava sledila in časom med trenutkom injiciranja in pojavom maksimalne koncentracije sledila). Hiter tok, visoka koncentracija in delež povrnjenega sledila (92 % uranina, oz. 78 % eozina) kažejo na zelo veliko ranljivost in nevarnost onesnaženja s škodljivimi snovi z odlagališča in potrjujejo, da je izvir Bilpa najbolj primerna točka za monitoring kakovosti vode v vplivnem območju odlagališča. Zaradi večje verjetnosti zaznavanja morebitnega onesnaženja je priporočljivo vzorčenje za monitoring izvajati pri hidroloških razmerah, pri katerih so bile zaznane najvišje koncentracije sledila. Ker se razmere v kraških vodonosnikih zelo hitro spreminjajo in posamezni vzorci pogosto ne prikažejo dejanskega stanja kakovosti, je bolj smiselno odvzem zaporednih vzorcev v času vodnega vala: od začetka naraščanja pretoka, preko viška in recesije do vrnitve v začetno stanje.

Predstavljene ugotovitve so pripomogle k spremembi pravilnikov o monitoringu z upoštevanjem posebnih značilnosti kraških sistemov. Ne samo za odlagališča, ampak nasploh za monitoring v vplivnih območjih virov onesnaževanja na krasu je predvidena individualna obravnava. Ni več predpisana izgradnja vrtin za monitoring, ampak ima prednost monitoring v naravnih objektih, ki so izbrani glede na ugotovljene smeri in hitrosti toka podzemne vode. Še vedno pa so sledilni poskusi omenjeni le kot ena izmed možnih metod za določitev teh parametrov.

2.3 Ocena vpliva načrtovanih prometnic na kraške vodne vire

Načrtovani drugi tir železniške proge Koper-Divača, ki v delu med Črnim Kalom in Divačo večinoma poteka skozi dva tunela, seka ranljiv kraški vodonosnik z dvema pomembnima vodnima viroma. Kraški izvir Rižana je zajet za oskrbo obalnih občin, manjši izvir Boljunec v Italiji pa napaja ribogojnico. Zaradi izjemnega pomena Rižane kot vodnega vira in ocene morebitnega čezmejnega vpliva na izvir Boljunec je bila opravljena podrobna krasoslovna in hidrogeološka študija, ki je vključevala tudi izvedbo treh sledilnih poskusov z območja načrtovane trase (Gabrovšek et al., 2015).

Štiri lokacije na območju načrtovane trase so bile izbrane kot točke injiciranja. V marcu 2001 je bil uranin injiciran v ponikalnico v Beško-Ocizeljski jamski sistem (Kogovšek & Petrič, 2004), v decembru 2009 pa v dobro prepustno razpoko v bližini črnotiškega kamnoloma. V novembru 2010 je bil uranin injiciran v vrtino T2-12 na območju med Beka in Črnotiči, eozin pa v vrtino T1-8 pri Krvavem Potoku (Gabrovšek et al., 2015). Vzorčenje je potekalo v izviri Rižana, Osapska Reka in Boljunec.

Rezultati sledenj so omogočili dokaj natančno razmejitev prispevnih območij Rižane in Boljunca na območju trase, pri načrtovanju monitoringa in morebitnih ukrepov v primeru nesreč pa je treba upoštevati tudi posebno značilnost krasa, da se smeri pretakanja lahko spreminjajo ob različnih hidroloških razmerah. Že pred začetkom gradnje bo treba z osnovnim monitoringom količine in kakovosti vode ob različnih hidroloških razmerah določiti t.i. ničelno stanje, ocena morebitnih vplivov izgradnje in potem obratovanja proge pa bo morala temeljiti na bolj podrobnem monitoringu obeh vodnih virov. Pri njegovem načrtovanju bo treba upoštevati posebne značilnosti kraških vodonosnikov, ki po eni strani omogočajo zelo hitro pretakanje vode in prenos snovi po dobro prepustnih razpokah in kanalih, po drugi strani pa se v slabše prepustnih delih v bolj sušnih obdobjih onesnaževala lahko uskladiščijo za dalj časa. Proti izlivom jih potisnejo šele intenzivne padavine. Program vzorčenj v monitoringu je zato pomembno prilagoditi padavinskim in hidrološkim razmeram.

3. Zaključki

Uporaba sledilnih poskusov pomembno prispeva k bolj učinkovitemu varovanju vodnih virov in načrtovanju monitoringa vplivov različnih aktivnosti nanje. Ker je lahko izvedba sledenj dolgotrajna in povezana z relativno visokimi stroški, je pomembno, da jih čim bolj natančno načrtujemo in s tem zagotovimo čim boljše kakovost dobljenih rezultatov.

Rezultati bi morali biti dostopni vsem, ki raziskujejo kraške vodonosne sisteme ali jih upravljajo. Zato je bila podana pobuda po vzpostavitvi in vzdrževanju enotne slovenske baze rezultatov sledenj kot pomembnem elementu pri pripravi celostnega procesa upravljanja s kraškimi vodnimi viri.

4. Viri

GABROVŠEK, F., KNEZ, M., KOGOVŠEK, J., MIHEVC, A., MULEC, J., OTONIČAR, B., PERNE, M., PETRIČ, M., PIPAN, T., PRELOVŠEK, M., SLABE, T., ŠEBELA, S., TURK, J., ZUPAN HAJNA, N., 2015. The Beka-Ocizla cave system: karstological railway planning in Slovenia. Cham: Springer.

- JANŽA, M. AND PRESTOR, J., 2002. Ocena naravne ranljivosti vodonosnika v zaledju izvira Rižane po metodi SINTACS. *Geologija*, 45 (2), 401-406.
- KÄSS, W., 1998. Tracing techniques in hydrogeology. Rotterdam: AA Balkema.
- KOGOVŠEK, J. AND PETRIČ, M., 2006. Tracer test on the Mala gora landfill near Ribnica in south-eastern Slovenia. *Acta carsologica*, 35 (2), 91-101.
- KOGOVŠEK, J. AND PETRIČ, M., 2007. Directions and dynamics of flow and transport of contaminants from the landfill near Sežana (SW Slovenia). *Acta carsologica*, 36 (3), 413-424.
- KOGOVŠEK, J. AND PETRIČ, M., 2010. Tracer tests as a tool for planning the monitoring of negative impacts of the Mozelj landfill (SE Slovenia) on karst waters. *Acta carsologica*, 39 (2), 301-311.
- MARÍN, A.I., RAVBAR, N., KOVAČIČ, G., ANDREO, B. AND PETRIČ, M., 2014. Application of Methods for Resource and Source Vulnerability Mapping in the Orehek Karst Aquifer, SW Slovenia. V: C. BERTRAND, ur. *Proceedings of the 9th Conference on Limestone Hydrogeology, 1-3 September 2011 Besançon, France*. Springer International Publishing, 327-330.
- PKVO, 2004. Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja. UL RS, št. 64/04.
- POM, 2015. Pravilnik o obratovalnem monitoringu stanja podzemne vode. UL RS, št. 53/15.
- RAVBAR, N. AND GOLDSCHIEDER, N., 2007. Proposed methodology of vulnerability and contamination risk mapping for the protection of karst aquifers in Slovenia. *Acta carsologica*, 36 (6), 397-411.
- RAVBAR, N., 2007. The protection of karst waters: a comprehensive Slovene approach to vulnerability and contamination risk mapping. Ljubljana: Založba ZRC.

UPORABA NUMERIČNIH MODELOV TOKA PODZEMNE VODE PRI UPRAVLJANJU S PODZEMNIMI VODAMI

doc. dr. Barbara Čenčur Curk¹, doc. dr. Goran Vižintin², Sašo Celarc³, dr. Petra Souvent⁴

¹Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, Privoz 11, 1000 Ljubljana, ²Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za rudarstvo, geotehnologijo in okolje, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana, ³BRON d.o.o., Litostrojska 44, 1000 Ljubljana, ⁴Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, 1000 Ljubljana

POVZETEK

Odgovorno upravljanje s podzemno vodo pomeni usklajevanje interesov in pravic tistih, ki ta naravni vir že izkoriščajo, kot tudi tistih, ki bodo podzemno vodo izkoriščali v prihodnosti. Regulatorni organ je Ministrstvo za okolje in prostor, ki z Direkcijo za vode izdaja vodne pravice (koncesije in vodna dovoljenja). Kot pomoč pri podeljevanju vodnih pravic za podzemne vode smo razvili ekspertni sistem (sistem ENS) na aluvialnih vodonosnikih, ki upravljavcem pomaga pri oceni vodnih količin na danem vodonosniku in nudi informacijo o modelski izhodiščni količini podzemne vode za potrebe izdaje vodnih pravic. Sistem ENS tako omogoča nadzorovano in trajnostno rabo podzemne vode.

Ključne besede:

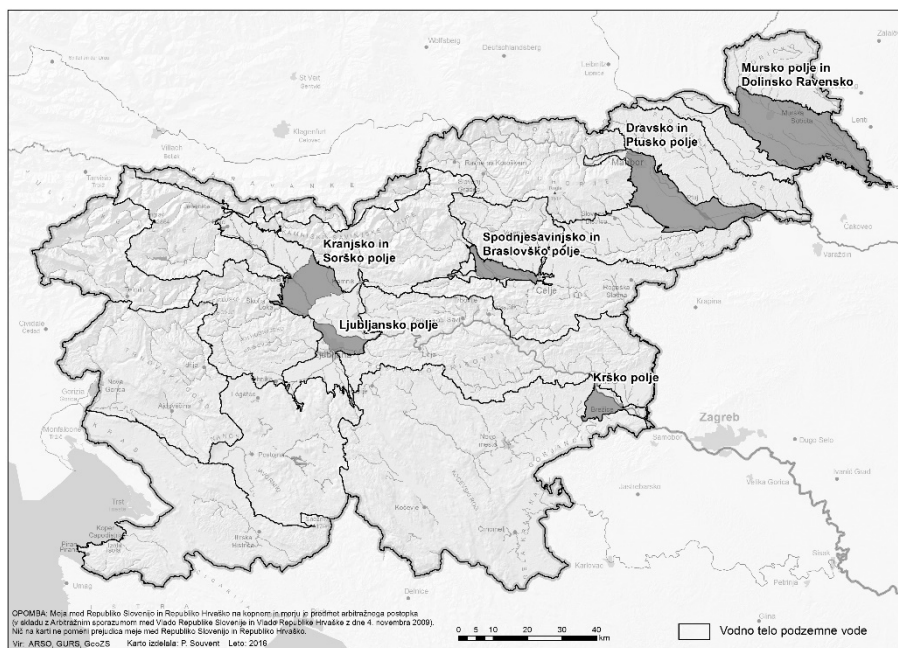
numerični modeli, podzemne vode, upravljanje z vodami, vodne pravice, aluvialni vodonosniki

1. Uvod

Slovenija pridobi iz podzemnih vodnih virov večino pitne vode. Največji pritiski na podzemne vodne vire so v ravninskih območjih vzdolž večjih slovenskih rek. Tu je tudi največja koncentracija prebivalstva, zato se potrebi po oskrbi s pitno vodo pridružujejo še druge rabe podzemne vode. Z vidika količin sta pomembni predvsem industrijska in kmetijska raba vode (Andjelov in sod., 2015). Zaradi velikega števila deležnikov na takih rečnih ravninah, je potrebna premišljena in nadzorovana raba podzemnih voda. Upravljanje z viri podzemnih voda ter spremljanje in ocenjevanje stanja podzemnih voda tako zahteva dobro razumevanje vodonosnih sistemov in procesov. Šele to lahko zagotovi optimalno rabo vodnih virov, ki zadosti tudi ekološke potrebe mokrišč, izvirov in rek ter podpira ohranjanje kakovosti voda. Sistem, ki smo ga poimenovali "Ekspertno numerični sistem za podporo odločanju na aluvialnih telesih podzemnih voda Slovenije" (ENS), podpira integracijo, validiacijo in kvantifikacijo hidrogeoloških informacij, ki so potrebne za razvoj strategij trajnostne rabe strateških podzemnih vodnih virov. Sistem povezuje numerične modele toka podzemne vode s podatkovno bazo vodnih dovoljenj in koncesij, kar omogoča, da podatke iz omenjenih baz uporabimo v postopku pridobitve informacije o količini vode na določeni lokaciji. Sistem ENS zagotavlja tudi kontrolne mehanizme, s katerimi se preverja, ali je na določeni lokaciji mogoče podeliti pravico za odvzem določene količine vode. V sistem ENS je vključenih šest regionalnih modelov toka podzemne vode na aluvialnih vodonosnikih, ki so najbolj obremenjeni z odvzemi: Mursko polje in Dolinsko Ravensko, Dravsko in Ptujsko polje, Spodnjesavinjsko in Braslovško polje, Krško polje, Kranjsko in Sorško polje ter Ljubljansko polje.

2. Numerični modeli toka podzemne vode

Za hidrogeološko regionalno modeliranje toka podzemne vode smo izbrali vodonosnike z medzrnsko poroznostjo in rečnimi sedimenti kvartarne in pleistocenske starosti: Mursko polje in Dolinsko Ravensko, Dravsko in Ptujsko polje, Spodnje Savinjsko polje, Krško polje, Kranjsko in Sorško polje ter Ljubljansko polje (Slika 1). Debelina sedimentov je od nekaj metrov (Spodnjesavinjsko in Braslovško polje) do nekaj deset metrov (Mursko polje in Dolinsko Ravensko, Dravsko polje, Krško polje). Na Ljubljanskem polju debelina doseže 100 m, na Kranjskem in Sorškem polju pa več kot 150 m. Sedimenti, dobro prepustni peski in prodi, so v osrednjih delih vodonosnikov in na območjih starih rečnih strug zelo dobro prepustni. Ponekod, zlasti na območjih debelejših aluvialnih nanosov, so v spodnjih delih prisotni konglomerati, ki se lahko pojavijo tudi na območju nihanja proste gladine podzemne vode. Vrednosti koeficienta prepustnosti večje od 10^{-2} m/s niso redke, v glavnem pa se gibljejo med 10^{-3} m/s in 3×10^{-2} m/s. Občasno se lahko tudi na osrednjih delih plitvejših aluvialnih nanosov pojavljajo manj prepustni glinasto meljasti peščeni sedimenti, katerih prepustnost je lahko občutno manjša (okrog 10^{-5} m/s) (Vižintin in sod., 2012, Petauer in sod., 2014A; Petauer in sod., 2014B; Vižintin in sod., 2014A, Vižintin in sod., 2014B, Vižintin in sod., 2014C).



Slika 13 Aluvijalnih vodonosniki (vodonosni sistemi), vključeni v sistem ENS

Kot modelsko orodje smo uporabili program Visual ModFlow 2011.1 (ver.164), ki kot programsko kodo oziroma model za modeliranje toka podzemne vode uporablja MODFLOW (USGS). MODFLOW temelji na reševanju diferencialne parcialne enačbe toka skozi porozni prostor na osnovi metode končnih razlik. Modeli so izdelani za stacionarni režim podzemne vode. Za umerjanje modelov smo uporabili podatke simultanih meritev gladin podzemne vode in vodotokov (podatki ARSO), ki so bile izvedene ob srednje nizkih hidroloških razmerah. Zanje smo predpostavili, da odražajo obdobje največje porabe podzemne vode in najmanjšega količinskega obnavljanja podzemne vode v danih vodonosnikih. Po končani optimizaciji modela, ki je bila opravljena z metodo PEST (Doherty, 2015) in delno ročnim umerjanjem, je bila opravljena ocena kakovosti modela. To smo izvedli z oceno parametra NORM RMS (Normalizirana standardna deviacija). Manjša vrednost parametra NORM RMS pomeni boljše ujemanje modela s stanjem v naravi. V praksi se

uporablja 5% kot sprejemljivo najvišjo mejno vrednost, ki zagotavlja dovolj dobro kakovost modela. Modeli toka podzemne vode znotraj sistema ENS imajo parameter NORM RMS manjši kot 2,5%, kar kaže na zelo dobro ujemanje modelov z merjenimi podatki. Poleg ocene NORM RMS smo si pri oceni kakovosti modela pomagali tudi s podatki ARSO regionalnega vodnobilančnega modela GROWA-SI (Andjelov in sod., 2016). Ti podatki so nam služili za okvirno oceno površinskega napajanja na celotnem območju modela in za okvirno oceno dotokov z robov modela. Ker model GROWA-SI podaja vrednosti podzemnega in površinskega odtoka na osnovi poznavanja reliefa terena, rabe tal, geologije območja, sestave tal, padavin, evapotranspiracije itd., bo izboljšan sistem GROWA-SI v bodočnosti lahko predstavljal še pomembnejši modelski vhod za ENS. GROWA-SI bo v prihodnosti namreč omogočal tudi mesečne izračune, medtem ko sedanji izračuni predstavljajo letne bilance podzemnega in površinskega odtoka. S pomočjo matematičnega modeliranja toka podzemne vode smo poleg določitve smeri toka podzemne vode in izračunanih gladin za srednje nizko hidrološko stanje določili tudi količino podzemne vode, ki jo upravljavci uporabljajo za podeljevanje vodnih pravic (Tabela 1). S temi količinami zagotavljamo odgovorno upravljanje podzemne vode in v sistemu puščamo zadostne količine podzemne vode za ohranjanje kopenskih ekosistemov odvisnih od podzemnih voda ter za ohranjanje ekološkega stanja površinskih voda.

Tabela 1 Upravljske količine podzemne vode v sistemu ENS ter % že podeljenih vodnih pravic za nepovratne odvzeme (stanje januar 2014)

	Območje	Količina podzemne vode v sistemu ENS (m ³ /s)	Že podeljene vodne pravice za nepovratne odvzeme (%)
1	Dravsko in Ptujsko polje	2,97	36
2	Kranjsko in Sorško polje	2,67	20
3	Ljubljansko polje	2,55	75
4	Mursko polje in Dolinsko Ravensko	1,75	32
5	Spodnjesavinjsko in Braslovško polje	0,63	45
6	Krško polje	0,55	12

Glede na določene upravljske količine podzemne vode je odstotek že podeljenih vodnih pravic za nepovratne odvzeme (stanje januar 2014) največji na Ljubljanskem polju (75%), najmanjši pa na Krškem polju (12%) (Tabela 1).

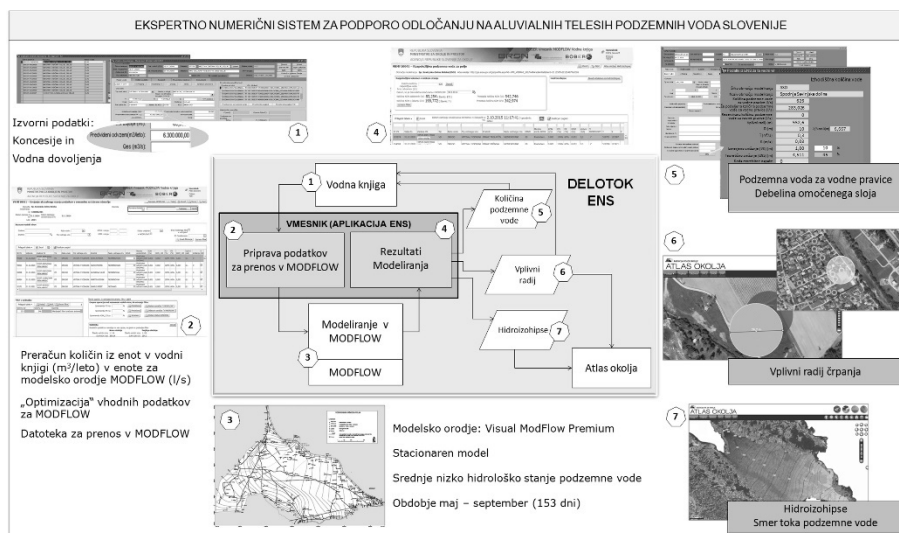
3. Sistem ENS

V sistemu ENS podatke o že podeljeni količini podzemne vode na dani lokaciji (aplikaciji Vodna dovoljenja in Koncesije (Vodna knjiga)) uporabimo kot vhodne podatke. Sistem zagotavlja tudi kontrolo znižanja gladine podzemne vode na želeni izbrani lokaciji ter kontrolo poseganja v vplivno območje črpanja, kar je vgrajeno v prikazovalnik prostorskih podatkov - Atlas okolja. ENS tako omogoča medsebojno izmenjavo podatkov med aplikacijami: Vodna knjiga, Atlas okolja in modelskim orodjem VisualModFlow.

Osnova sistemu ENS je 6 regionalnih hidrogeoloških modelov toka podzemne vode (Slika 1), s katerimi smo določili izhodiščno količino podzemne vode. Celoten sistem pa deluje tako, da se v prvem koraku v sistem ENS iz Vodne knjige prenesejo podatki o količini podzemne vode (1; Slika 2). Sledi pregled in urejanje količinskih podatkov (2; Slika 2) in prenos podatkov v modelsko okolje MODFLOW (3; Slika 2). Rezultati izračunov se prenesejo preko vmesnika (4; Slika 2) nazaj v Vodno knjigo ter tudi na prikazovalnik prostorskih podatkov Atlas okolja (5, 6, 7; Slika 2).

Rezultati sistema ENS so (Souvent in sod., 2014):

- za vsak obravnavani aluvialni vodonosnik je določena množica vodnih dovoljenj in koncesij, ki se po določenih kriterijih prenesejo v MODFLOW in upoštevajo pri modeliranju;
- definirani so parametri za preračun izvornih količin podeljene vode iz Vodne knjige (običajno m³/leto) v enote, ki jih upošteva MODFLOW (l/s) in s katerimi po mnenju eksperta dosežemo najboljši izračunljiv približek realnemu stanju;
- vzpostavljeni in umerjeni so numerični modeli toka podzemne vode, ki dajejo najboljše rezultate glede na upoštevane podatke vodnih dovoljenj in koncesij;
- podan je predlog količine podzemne vode v vodonosniku, ki lahko predstavlja eno od upravljskih izhodišč za politiko podeljevanja vodnih pravic;
- definirani so parametri za izračun vplivnega radija posameznega odjemalca, ki so rezultat umerjanja modela in
- pripravljen je mehanizem za nadzorovano rabo podzemne vode in spremljanje vplivnih radijev ter kontrolo znižanja gladine podzemne vode na želeni izbrani lokaciji ob podeljevanju novih pravic.



Slika 2 Delotok sistema ENS (razlaga posameznih oštevilčenih korakov je v tekstu)

4. Sistem ENS kot podpora odločanju pri podeljevanju vodnih pravic

Z vpeljavo ENS je omogočeno sprotno spremljanje količin podzemne vode za podeljevanje pravic in morebitne medsebojne vplive med različnimi porabniki podzemne vode. Tako imajo uporabniki sistema ob vnosu vodnih dovoljenj in koncesij v svojih obstoječih aplikacijah vpogled v naslednje podatkovne informacije:

- izhodiščno količino podzemne vode za vodne pravice za posamezni aluvialni vodonosnik (modelsko območje);
- količino podzemne vode, ki je že odobrena (in porabljena) z veljavnimi vodnimi pravicami;
- količino podzemne vode, ki bo potencialno porabljena s strani novih prosilcev za vodno pravico (vloge v reševanju);

- izhodiščno količinsko shemo upravljanja z upoštevanjem količin, ki so že podeljene in pa tistih, ki so še v reševanju;
- seznam tistih prosilcev, ki imajo vloge v reševanju in bodo ob potencialni izdaji dovoljenja odvezemali podzemno vodo;
- vplivne radije obstoječih odvzemov in vlog, ki so v reševanju;
- s črpalnim poskusom izmerjeno znižanje gladine podzemne vode na dani novi lokaciji (podatek iz hidrogeološkega poročila, ki je priloga vlogi za vodno pravico) kot tudi teoretično znižanje gladine podzemne vode in
- sistem opozoril, ko odvzemi dosežajo ali presegajo izhodiščno količino podzemne vode za vodne pravice.

Sistem odločanja je postavljen ob zasledovanju petih načel, ki upravljavcu pomagajo pri sprejemanju odločitev v postopku podeljevanja vodne pravice za črpanje podzemne vode:

- Načelo trajnostne rabe podzemne vode in s tem ohranjanja dobrega količinskega stanja podzemne vode (Ali je na razpolago zadostna količina podzemne vode?)
- Načelo upoštevanja dosedanjih kriterijev podeljevanja vodne pravice z možnostjo dodatne modelske simulacije (Kolikšen je predviden odvzem podzemne vode?)
- Načelo neovirane rabe podzemne vode (Ali obstaja so-vpliv uporabnikov?)
- Načelo preprečitve lokalne količinske preobremenjenosti vodonosnika (Ali bo črpanje povzročilo znižanje gladine podzemne vode za več kot 2/3 omočenega dela vodonosnika?)
- Načelo sodelovanja stranke v postopku pridobitve vodne pravice (Ali prosilec soglaša z vodno pravico z omejitvijo količine?)

5. Zaključki

Sistem ENS je orodje za pomoč pri upravljanju s podzemnimi vodami, konkretno pri odločanju o podeljevanju vodnih pravic za podzemne vode. V procesu odločanja ENS upravljavcu omogoča uporabo določnih informacij, vendar ga v nobenem koraku ne omejuje pri odločanju. Podatki, uporabljeni v ENS, temeljijo na numeričnih modelih toka podzemne vode za posamezen aluvialni vodonosnik (ocena količin podzemne vode, prostorski prikaz hidroizohips in smeri toka, ocena vplivnih radijev črpanja).

6. Zahvala

Sistem ENS je bil postavljen v okviru projekta Agencije RS za okolje: Nadgradnja sistema za spremljanje in analiziranje stanja vodnega okolja v Sloveniji, bolj znanega pod akronimom BOBER (Boljše Opazovanje za Boljše Ekološke Rešitve), ki je del evropskega Operativnega programa za razvoj okoljske in prometne infrastrukture v obdobju 2007-2013. Kohezijski sklad Evropske unije je prispeval 85 %, slovenski državni proračun pa 15 % ocenjene vrednosti projekta.

7. Viri

ANDJELOV, M., MIKULIČ, Z., TETZLAFF, B., UHAN, J. & WENDLAND, F., 2016. Groundwater recharge in Slovenia. Results of a bilateral German-Slovenian Research project. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Energie & Umwelt, Vol 339, 138 p.

ANDJELOV, M., FRANTAR, P., MIKULIČ, Z., PAVLIČ, U., SAVIČ, V., SOUVENT, P., TRIŠIČ, N. & UHAN, J., 2015. Količinsko stanje podzemnih voda v Sloveniji. Osnove za NIV II. Agencija RS za okolje, Ljubljana, 65 str.

DOHERTY, J., 2015. Calibration and Uncertainty Analysis for Complex Environmental Models. PEST: complete theory and what it means for modelling the real world. Watermark Numerical Computing, Brisbane, Australia, 224 str..

PETAUER, D., HITI, T., VIŽINTIN, G. & ČENČUR CURK, B. 2014A. Ekspertno numerični sistem za podporo odločanju na aluvijalnih telesih podzemnih voda Slovenije, Mejniki 8/1, Poročilo P4B: Izvedba nadgradnje numeričnega modela toka podzemne vode za Ljubljansko polje za ekspertno numerični sistem, Končno poročilo, GEORAZ d.o.o., 32 str., arhiv ARSO, Ljubljana.

PETAUER, D., HITI, T., VIŽINTIN, G. & ČENČUR CURK, B. 2014B. Ekspertno numerični sistem za podporo odločanju na aluvijalnih telesih podzemnih voda Slovenije, Mejniki 8/1, Poročilo P4B: Izvedba nadgradnje numeričnega modela toka podzemne vode za Krško polje za ekspertno numerični sistem, Končno poročilo, GEORAZ d.o.o., 31 str., arhiv ARSO, Ljubljana.

SOUVENT, P., VIŽINTIN, G., CELARC, S. & ČENČUR CURK, B. 2014. Ekspertni sistem za podporo odločanju na aluvijalnih telesih podzemnih voda Slovenije. Geologija 57/2, 245-252

VIŽINTIN, G., SUPOVEC, I., TANCAR, M., CELARC, S. & ČENČUR CURK, B. 2012. Ekspertno numerični sistem za podporo odločanju na aluvijalnih telesih podzemnih voda Slovenije, Mejniki 8/1, Poročilo P4B: Izvedba nadgradnje numeričnega modela toka podzemne vode za Spodnje Savinjsko dolino za ekspertno numerični sistem, Končno poročilo, HGEM in NTF, 27 str., arhiv ARSO, Ljubljana.

VIŽINTIN, G., BRILLY, M., VIDMAR, A. & ČENČUR CURK, B. 2014A. Ekspertno numerični sistem za podporo odločanju na aluvijalnih telesih podzemnih voda Slovenije, Mejniki 8/1, Poročilo P4B: Izvedba nadgradnje numeričnega modela toka podzemne vode za Dravsko in Ptujsko polje za ekspertno numerični sistem, Končno poročilo, HGEM in NTF, 27 str., arhiv ARSO, Ljubljana.

VIŽINTIN, G., SUPOVEC, I., TANCAR, M., CELARC, S. & ČENČUR CURK, B. 2014B. Ekspertno numerični sistem za podporo odločanju na aluvijalnih telesih podzemnih voda Slovenije, Mejniki 8/1, Poročilo P4B: Izvedba nadgradnje numeričnega modela toka podzemne vode za Mursko in Prekmursko polje za ekspertno numerični sistem, Končno poročilo, HGEM in NTF, 28 str., arhiv ARSO, Ljubljana.

VIŽINTIN, G., SUPOVEC, I., TANCAR, M., CELARC, S. & ČENČUR CURK, B. 2014C. Ekspertno numerični sistem za podporo odločanju na aluvijalnih telesih podzemnih voda Slovenije, Mejniki 8/1, Poročilo P4B: Izvedba nadgradnje numeričnega modela toka podzemne vode za Kranjsko in Sorško polje za ekspertno numerični sistem, Končno poročilo, HGEM in NTF, 28 str., arhiv ARSO, Ljubljana.

ANALIZA NIZKIH PRETOKOV NA KRAŠKIH IZVIRIH - PRIMER VIPAVE

dr. URŠKA, PAVLIČ¹, izr. prof. dr. MIHAEL, BRENČIČ²

¹Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, 1000 Ljubljana, ²Oddelek za geologijo, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Aškerčeva cesta 12, 1000 Ljubljana; Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana

POVZETEK

Podzemna voda predstavlja stabilen vodni vir, ki pride do izraza zlasti v obdobju nizkih voda. Izviri Vipave predstavljajo pomemben potencialni vir pitne vode v jugozahodni Sloveniji. Z namenom, da bi ugotovili, kakšne so značilnosti tega vodnega vira v obdobju nizkih vod, smo opravili podrobno analizo pretokov izvirov Vipave. Na podlagi razpoložljivih hidroloških in meteoroloških podatkov, s katerimi razpolaga Agencija RS za okolje, so bile poleg klasičnih hidroloških metod uporabljene tudi metode strojnega učenja s poudarkom na nevronske mrežah. Rezultati so poudarili kompleksnost dinamike odtoka podzemne vode iz kraškega vodonosnika ter potrebo po ločeni in prilagojeni obravnavi le tega v času nizkih voda. Pri modeliranju z umetnimi nevronske mrežami nizkih pretokov kraških izvirov je bistvena optimalna opredelitev vhodnih in izhodnih parametrov modela, prilagojena obravnavanim razmeram. Z modelom odtoka podzemne vode iz prispevnega zaledja izvirov Vipave je bil za čas nizkih voda ugotovljen znaten prispevek napajanja vodonosnika iz širšega prispevnega zaledja izvirov Vipave, kamor sodi območje Javornikov.

Ključne besede

kraški izviri, kraško razpoklinski vodonosnik, analiza nizkih voda

1. Uvod

Skoraj polovico ozemlja Slovenije tvorijo kraške kamnine, za katere je značilna specifična dinamika toka podzemne vode. V teh vodonosnikih padavinska voda, ki se infiltrira, hitro odteče skozi večje kanale in razpoke, manjše količine vode pa se daljši čas zadržijo v slabše prepustnem matriksu razpoklinske poroznosti in v epikraški coni vodonosnika. Ta del podzemne vode predstavlja pomembne količine vode v času nizkih hidroloških stanj, ki se pojavijo predvsem v poletnem času, ko so pogosti primanjkljaj padavin, povečana potreba po pitni vodi in vodi za kmetijstvo. Pogosto smo v kraških vodonosnikih iz istega napajalnega območja priča odtoku vode proti različnim vodnim virom, pojav je navadno pogojen s hidrološkimi razmerami v vodonosniku. To dodatno otežuje izračun vodnih količin v teh vodonosnikih.

Kraški izviri so koncentrirani iztoki podzemne vode iz kraškega zaledja in so pomembni pri preučevanju režima in dinamike odtoka podzemne vode. Eni izmed izdatnejših vodnih virov Trnovsko - Banjske planote so izviri Vipave. Cilji raziskav so bili usmerjeni k preučevanju dinamike odtoka podzemne vode iz vodonosnika v zaledju izvirov Vipave v času nizkega vodnega stanja, pri čemer smo preizkusili metode strojnega učenja oziroma umetnih nevronske mrež. Z modeliranjem odtoka podzemne vode v času nizkih vodnih razmer smo poskušali potrditi konceptualni model toka podzemne vode, dokazan s predhodnimi hidrogeološkimi raziskavami ozemlja ter opredeliti optimalen nabor vhodnih parametrov

modela, preko katerih bi bilo mogoče sklepati na značilnosti napajanja kraškega vodonosnika v času brez oziroma z omejeno količino padavin.

2. Metode dela

Umetne nevronske mreže so matematičen model, ki temelji na strukturi in funkcionalnosti bioloških nevronskih mrež. Potencial uporabe umetnih nevronskih mrež pri modeliranju iztoka podzemne vode iz kraškega vodonosnika smo prepoznali predvsem zaradi zmožnosti metode za reševanje nelinearnih problemov ter zaradi principa delovanja modela črne skrinjice, pri čemer ni potrebno poznavanje fizikalnih značilnosti sistema.

Osnoven gradnik nevronskih mrež predstavlja umetni nevron, ki je zasnovan po podobi biološkega nevrona. Dendrite pri biološkem nevronu nadomestijo vhodi (x_i), ki imajo vsak svojo utež (w_i). Če imamo v obravnavi več nevronov, potem se uteži povezav nevrona k zapišejo kot w_{ki} . Kadar vhodni signal preseže vrednost praga, se sproži izhodni signal, sicer pa ne. S to bistveno preprosto preklopno funkcijo in s spremembo uteži, je možno obdelovati velike količine podatkov in prilagajati sistem novim razmeram – ga učiti.

Izhod nevrona k , ki predstavlja vsoto vhodov, pomnoženih z ustreznimi utežmi, imenujemo aktivacija (u_k). Aktivacija nevrona je vhod v aktivacijsko funkcijo, včasih imenovano tudi funkcija stiskanja, ki omeji amplitudo izhoda nevrona. Nevron lahko opišemo z naslednjim parom enačb (Principe in sod., 2000):

$$u_k = \sum_{j=1}^s w_{kj} x_j \quad y_k = \varphi(u_k - \theta_k)$$

pri čemer so $x_1, x_2, \dots, x_s$ vhodni signali, $w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{ks}$ sinaptične uteži nevrona, u_k je aktivacija, θ_k je pristranskost signala, φ je aktivacijska funkcija in y_k je izhodni signal nevrona.

Topologija nevronskih mrež predstavlja vzorec povezav med nevroni (Kononenko, 1997). Glede na topologijo ločimo umetno nevronske mreže brez plasti, z eno plastjo in večplastno umetno nevronske mreže s katero lahko rešujemo tudi nelinearne probleme. Slednje smo uporabili tudi za modeliranje kraškega vodonosnika izvirov Vipave.

Za modeliranje iztoka podzemne vode iz kraškega vodonosnika izvirov Vipave je bil uporabljen nadzorovan način učenja večplastne usmerjene nevronske mreže, pri katerem poleg vhodnih poznamo tudi izhodne vektorje, ki predstavljajo željen rezultat modela. Nevronske mreže učimo tako, da ji za vsak vhodni vektor podamo želeni izhodni vektor. Mreža z uporabo algoritma za učenje spremeni uteži tako, da se rezultat nevronske mreže približa želenemu delovanju. Večplastna umetna nevronska mreža ima širok spekter uporabe, ker je univerzalni aproksimator (Hornik in sod., 1989).

V splošnem nevronske mreže večslojnega perceptrona z enim skritim slojem zapišemo kot funkcijo:

$$f: R^D \rightarrow R^L,$$

kjer D predstavlja velikost vhodnega vektorja x , L pa velikost izhodnega vektorja $f(x)$, ki ga ponazorimo z matriko:

$$f(x) = G(g^{(2)} + W^{(2)}(s(b^{(1)} + W^{(1)}x))),$$

pri čemer $b^{(1)}$ in $b^{(2)}$ predstavljata vektorja pristranskosti, $W^{(1)}$ in $W^{(2)}$ matriki uteži, G in s pa aktivacijski funkciji skritega oziroma izhodnega sloja nevronske mreže.

Pomembna naloga skritega nevrona je, da poda uteženo vsoto vhodnega podatka skozi logistično funkcijo. Med učenjem vsak od nevronov prestane transformacijo s spreminjanjem pripadajočih uteži, kar daje nevronskim mrežam večplastnega perceptrona moč nelinearnega

procesiranja za približevanje kateri koli funkciji z želeno stopnjo natančnosti. Učenje umetne nevronske mreže poteka z iskanjem najmanjših komponent izpeljav napak v točkah površine napake modela glede na posamezno utež, ki definira to površino. Zmanjševanje gradienta napake poteka z iskanjem smeri najbolj strmega negativnega naklona površine napake, ki je podana s predhodno izračunanimi gradienti. Da bi dosegli napredovanje prilagajanja vseh uteži, se mora ta proces dogajati simultano z vsakim gradientom.

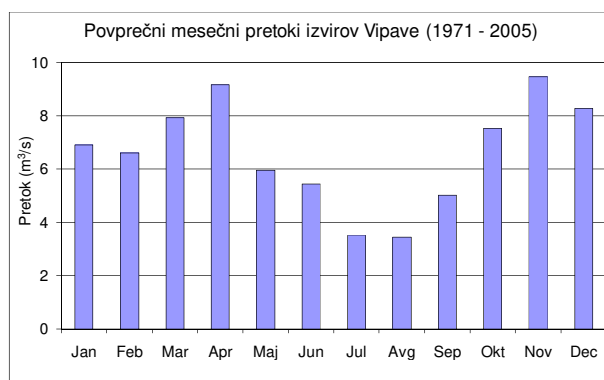
Pri delu smo izhajali iz analiz razpoložljivih hidroloških in meteoroloških podatkov, s katerimi razpolaga Agencija RS za okolje. Pri podatkih zelo nizkih pretokov pogosto prihaja do napak, ki nastanejo že pri samih meritvah pretokov, povezanih z merskim profilom, v katerem zaradi toka deleža vode v prodnem zasipu vodotoka, pogosto ni mogoče zajeti vse vode vodotoka. Drugi vir napake v podatkih o nizkih pretokih izvirov Vipave pripisujemo manipulaciji vodne zapornice obeh skupin izvirov Vipave, ki je bil nekajkrat zabeležen tudi v času izvajanja projekta 7. SWT (Kranjc in sodelavci, 1997).

Z nevronskimi mrežami dnevnih časovnih vrst hidrometeoroloških parametrov (srednji dnevni pretok izvirov Vipave, vsota dnevnih padavin v Podkrajju in Juriščah, povprečna dnevna temperatura v Postojni) je bil vzpostavljen model napajanja in praznjenja kraškega vodonosnika v prispevnem zaledju izvirov Vipave v času nizkih voda. Za mejnika zelo nizkega vodnega in nizkega vodnega stanja sta bila izbrana najnižja začetna pretoka izvirov Vipave ob lomu glavne krivulje recesije ($1,586 \text{ m}^3/\text{s}$ in $2,639 \text{ m}^3/\text{s}$) (Pavlič, 2016).

3. Hidrogeološke razmere območja

Raziskovano ozemlje zajema jugovzhodni del Visokega krasa, kamor sodijo vzpetine Javornikov, Nanosa in Hrušice. Sistem izvirov Vipave se nahaja na zahodnem vznožju masiva Nanos, ki se dviga iz flišnega obrobja Vipavske doline. Izviri Vipave so eden izmed najpomembnejših izvirnih območij ob vznožju visokega dinarskega krasa in z izjemo Idrijce predstavlja največji pritok Soče, ki se izliva v Jadransko morje (Petrič, 2000). Najnižji povprečni dnevni pretok je v obdobju 1971 – 2005 znašal $0,727 \text{ m}^3/\text{s}$, najvišji $69,806 \text{ m}^3/\text{s}$, povprečni pa $6,366 \text{ m}^3/\text{s}$. Razmerje med nizkimi, srednjimi in visokimi pretoki tako znaša približno 1:10:100.

Strukturno geološko zgradbo raziskovanega ozemlja tvorijo številni in obsežni narivi, prerežani z gostim sistemom navpičnih prelomov. Neposredno prispevno zaledje izvirov Vipave z Nanosom in Hrušico strukturno tvori enota Hrušiškega pokrova, pod katero leži Snežniška narivna gruda. Javorniki, Pivška kotlina in ozek pas eocenskih flišnih kamnin, ki se mimo južnega roba Nanosa vlečejo v Vipavsko dolino, pripadajo Snežniški narivni grudi. Na Hrušiškem pokrovu se pojavljajo kamnine mezozojske karbonatne platforme, na katere so odložene paleogenske plasti karbonatne laporaste in flišne sestave (Buser, 1973).



Slika 14: Povprečni mesečni pretoki izvirov Vipave v obdobju meritev 1971 - 2005

Kraški vodonosnik, ki se drenira skozi izvire Vipave, zajema pretežno območje Nanosa in del Hrušice, sega pa tudi na območje Javornikov (Kogovšek, 1999). Velikost zaledja je bila na osnovi vodne bilance ocenjena na približno 150 km² (Petrič, 2000a, Trišić, 1997). Količina in smer odtoka podzemne vode proti izvirom sta odvisna od hidroloških razmer v vodonosniku, kar je na obravnavanem območju potrdilo več rezultatov sledilnih poskusov (Kranjc in sod., 1997, Baker, 2001, Petrič, 2000, Habič, 1989). Večina podzemne vode se iz obravnavanega kraškega vodonosnika drenira skozi sedem stalnih izvirov Vipave na razdalji okrog 300 metrov v naselju Vipava. V severozahodnem delu Pivške kotline potoki Lokva, Belščica, Ribnik, Mrzlenk ter vode v Stranskih in Šmikelskih ponikvah po krajšem toku na flišnem površju ponikajo v kraški vodonosnik Nanosa. Potok Bela na severozahodnem robu Nanosa med Sanaborjem in Vrhpoljem v času nizkih in srednjih voda ponika in napaja stalne izvire Vipave (Baker in sod., 2001).

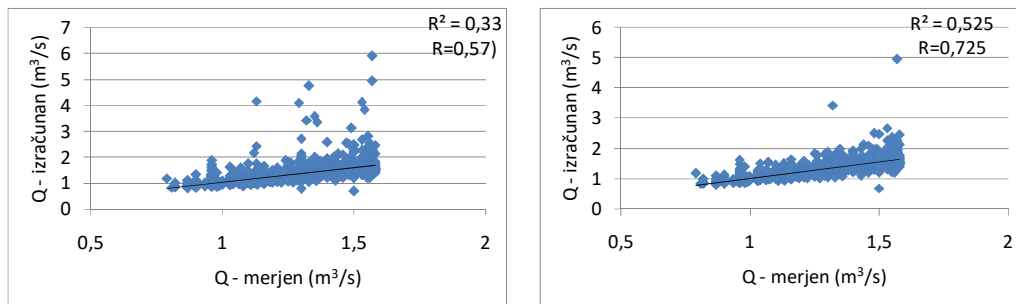
4. Rezultati in diskusija

Model praznjenja kraškega vodonosnika je bil ovrednoten za nizke vodne razmere s časovno omejitvijo uporabljenih časovnih vrst na letni čas med junijem in septembrom dolgoletnega obdobja med leti 1971 in 2007, ko so za izvire Vipave značilni najmanjši pretoki koledarskega leta (slika 1). Z namenom natančnejšega definiranja nizkih vodnih razmer je bil izhodiščnemu naboru vhodnih parametrov modela (srednji dnevni pretok izvirov Vipave preteklega dne, dnevna vsota padavin v Podkraju in srednja dnevna temperatura zraka v Postojni) dodan nabor parametrov, ki opisuje število zaporednih dni brez padavin oziroma z zanemarljivo količino padavin v neposrednem prispevnem zaledju izvirov (merilno mesto Podkraj) ter parameter z nominalnim opisom vodnega stanja izvirov Vipave preteklega dne. Vrednost koeficienta determinacije (R^2) predhodno navedenega modela pretokov med junijem in septembrom dolgoletnega niza meritev je znašala 0,851 ($R=0,922$), pri čemer je dosežena končna vrednost koeficienta determinacije (R^2) za zelo nizke pretoke izvirov Vipave znašala 0,188 ($R=0,434$), za nizke pretoke pa 0,205 ($R=0,453$).

Z modelom prilagajanja funkciji z metodo umetnih nevronske mreže smo v nadaljevanju s ponovitvami in spreminjanjem nabora vhodnih podatkov potrdili odtok proti izvirom Vipave tako iz neposrednega prispevnega zaledja, ki ga predstavlja strukturna enota Hruškega pokrova, kot tudi iz širšega prispevnega zaledja Snežniške narivne grude. Optimalen nabor vhodnih parametrov modela je vseboval dnevno vsoto padavin v Podkraju in v Juriščah, povprečno dnevno temperaturo zraka v Postojni, srednji dnevni pretok izvirov Vipave preteklega dne, opis hidrološkega stanja pretokov izvirov Vipave preteklega dne, število zaporednih dni brez padavin višjih od 20 mm na merilni postaji v Juriščah in število zaporednih dni brez padavin višjih od 5 oziroma 10 mm na merilnem mestu v Podkraju. Na ta način je bilo ugotovljeno, da ob zelo nizkem in nizkem vodnem stanju na pretok izvirov Vipave vpliva že manjša količina padavin iz neposrednega prispevnega zaledja Hruškega pokrova, medtem ko iz območja Snežniške narivne grude na zelo nizke in nizke pretoke izvirov Vipave vpliva le napajanje z dnevno vsoto padavin nad 20 mm.

Koeficient determinacije (R^2) med merjenimi in izračunanimi pretoki izvirov Vipave za zelo nizka vodna stanja ($Q < 1,586 \text{ m}^3/\text{s}$) se je z vpeljavo vhodnih parametrov napajanja iz območja Javornikov v primerjavi z osnovnim modelom povečal iz 0,188 na 0,330 ($R=0,574$).

Po podrobnejši analizi ujemanja med merjenimi in modelsko izračunanimi pretoki izvirov Vipave je bilo ugotovljeno, da do največjih napak modela prihaja v dnevih s sočasno izmero nizkih oziroma zelo nizkih dnevnih pretokov izvirov Vipave in dni z zabeleženimi padavinami v neposrednem prispevnem zaledju izvirov. Ko smo iz analize ujemanja odstranili dnevne podatke z več kot 10 mm padavin, se je ujemanje med merjenimi in izračunanimi vrednostmi nizkih in zelo nizkih pretokov izvirov Vipave znatno povečalo (slika 2), kar nam daje slutiti, da na napako modela znatno vpliva frekvenca uporabljenih meteoroloških in hidroloških količin.



Slika 15 Ujemanje med izračunanimi in merjenimi vrednostmi pretoka izvirov Vipave za zelo nizke pretoke ($Q < 1,586 \text{ m}^3/\text{s}$) pred (levo) in po (desno) izločitvi dni s padavinami večjimi od 10 mm

5. Zaključek

Model praznjenja vodonosnika z uporabo metode umetnih nevronske mreže, ki je osnovan na dnevni vhodni in izhodni podatkih hidroloških in meteoroloških časovnih vrst, predstavlja učinkovito orodje za prilagajanje nelinearnih odnosov med napajanjem in praznjenjem kraškega vodonosnika. Najmanjša natančnost modela je značilna za nizke pretoke, k čemur poleg specifične režime odtoka in napake meritev prispeva tudi količinsko omejena podatkovna baza.

Učinkovitost modela v času nizkih vodnih razmer znatno izboljšamo z ločeno obravnavo podatkov za posamezne letne sezone, za katere so značilni nizki pretoki ter z ustreznim izborom vhodnih parametrov, kot so opredelitev nominalnega opisa vodnega stanja izvirov Vipave preteklega dne (nizke, zelo nizke, nadpovprečne vodne razmere) in dolžina strnjene obdobja brez oziroma z omejenim napajanjem iz padavin. Z modelom praznjenja kraškega vodonosnika v prispevnem zaledju izvirov Vipave v času nizkih vodnih razmer smo z modelom umetnih nevronske mreže potrdili smeri toka podzemne vode tako iz območja neposrednega prispevnega zaledja izvirov kot tudi iz območja Javornikov. Poleg same smeri toka podzemne vode v času nizkih vodnih razmer je model podal tudi količino padavin, potrebno za dvig pretoka izvirov Vipave, ki mora v času zelo nizkih vodnih razmer iz neposrednega prispevnega zaledja znašati vsaj 5 mm/dan, medtem ko mora iz širšega prispevnega zaledja izvirov znašati vsaj 20 mm/dan. V času raziskav je bil ugotovljen tudi velika odvisnost med kvaliteto rezultatov modela in frekvenco uporabljenih parametrov modela.

Strojno učenje z umetnimi nevronske mrežami pri modeliranju iztoka iz kraškega vodonosnika v času nizkih vodnih razmer se je izkazalo za uporabno iz več razlogov. Samo preučevanje dinamike toka podzemne vode v kraških vodonosnikih je specifično zaradi heterogenosti v poroznosti in s tem k težavni fizikalni opredelitvi hidrodinamskih procesov v vodonosniku. Model umetnih nevronske mreže, ki deluje na principu delovanja črne skrinjice, za ustrezen izračun ne potrebuje opredelitve teh procesov, pogoj pa je zadostna in kakovostna baza optimalnega nabora vhodnih in izhodnih parametrov ter primerna definicija parametrov in topologije modela. Ob tem se je potrebno zavedati morebitnih napak v podatkih, ki nastanejo v času meritev pretokov nizkih voda.

6. Viri

BAKER, G., PETRIČ, M., PRARKIN, G., KOGOVŠEK, J., 2001. Surface and groundwater interaction of the Bela stream and Vipava springs in southwestern Slovenia. *Acta Carsologica*, 30, 217-238.

BUSER, S., 1973. Osnovna geološka karta SFRJ. 1:100.000. Tolmač lista Gorica. Beograd: L33-76, Zvezni geološki zavod.

- HABIČ, P., 1989. Kraška bifurkacija Pivke na jadransko črnomoškem razvodju. *Acta Carsologica*, 18, 233-261.
- HORNIK, K., STICCOMBE, M., WHITE, H., 1989. Multilayer feedforward networks are universal approximators. *Neural Networks*, 2, 259-272.
- KOGOVŠEK, J., 1999. Nova spoznanja o podzemnem pretakanju v severnem delu Javornikov (Visoki kras). *Acta Carsologica*, 28/1, 161-200.
- KONONENKO, I., 1997. Strojno učenje. Ljubljana : Fakulteta za računalništvo in informatiko.
- KRANJC, A., KOGOVŠEK, J., BENISCHKE, R., REICHERT, B., ZUPAN, M., HEINZ-ARVAND, M., 1997. Karst hydrogeological investigations in South-Western Slovenia: Tracing Experiments - Organisation, Injection and Sampling. *Acta Carsologica*, 26/1, 260-273.
- PAVLIČ, U., 2016. Ocena zalog podzemne vode v kraškem vodonosniku na podlagi analize pretokov izvirov ob nizkem vodnem stanju: doktorska disertacija. Ljubljana
- PETRIČ, M., 2000. Značilnosti napajanja in praznjenja kraškega vodonosnika v zaledju Vipave: doktorska disertacija. Ljubljana.
- PRINCIPE, J.C., EULIANO, N.R., LEFEBVRE, W.C., 2000. Neural and Adaptive Systems. Fundamentals Through Simulations. New York : Wiley.
- TRIŠIĆ, N., 1997. Karst hydrogeological investigations in South - Western Slovenia: Hydrology. *Acta Carsologica*, 26/1, 19-30.

ZNAČILNOSTI PODZEMNE VODE V ZALEDJU IZVIROV LJUBLJANICE

Matej Blatnik, dr. Franci Gabrovšek

Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Titov trg 2, 6230 Postojna

POVZETEK

Porečje Ljubljane meri 1884 km², kjer okoli 60 % predstavlja kraško površje. Zaradi v vodi topne karbonatne kamnine (apnenec, dolomit) se je na tem območju oblikovalo svojstveno in v večini podzemno pretakanje vode. Podzemlje se na padavinske dogodke odzove na različne načine, zato smo si želeli bolj spoznati obnašanje vode v njem. V raziskavi smo obravnavali kraško porečje Ljubljane med Planinskim poljem in izviri Ljubljane na robu Ljubljanske kotline. Na obravnavanem območju smo vzpostavili sistem samodejnih meritev in beleženja vodostaja, temperature in specifične električne prevodnosti v ponorih Planinskega polja, v vseh jamah z dostopom do podzemne vode in na izviri Ljubljane. Do zdaj zbrani podatki kažejo na hidravlično povezanost med različnimi opazovalnimi mesti in na vpliv znanih in neznanih geoloških struktur na dinamiko pretakanja. V času padavinskih dogodkov se gladina podzemne vode dvigne relativno hitro (nekaj ur do nekaj dni), medtem ko praznjenje podzemlja poteka počasi (po več tednov). Na vseh merilnih mestih so opazna tudi dnevna temperaturna nihanja, s pomočjo katerih je mogoče preračunati hitrost pretakanja podzemne vode.

Ključne besede:

kraški izvir, ponor, jama, podzemna voda, dinamika, Ljubljana, Unica, Planinsko polje

1. Uvod

Zaledje Ljubljane in značilnosti pretakanja vode v njem so predmet proučevanja že od začetka raziskav krasa. V 17. stoletju je z raziskavami pričel Valvasor, od takrat naprej pa so bile raziskave zaradi različnih razlogov vse bolj pogoste. Največ raziskav se je nanašalo na poplavljanje kraških polj, na regulacijo strug in ponorov ter iskanje podzemnih vodnih zvez (Putick, 1899; Gospodarič & Habič, 1976; Gabrovšek et al., 2010; Frantar & Ulaga, 2015).

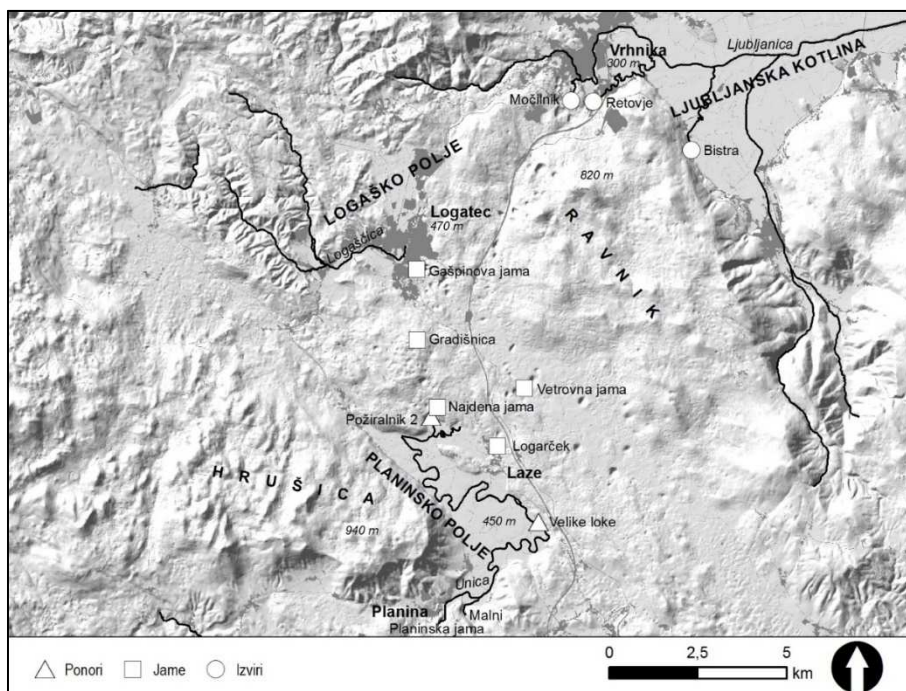
Ta prispevek opisuje dinamiko podzemne vode v severnem delu porečja Ljubljane, natančneje med Planinskim in Logaškim poljem na jugu in zahodu ter Ljubljansko kotlino na severovzhodu. Na obravnavanem območju je vzpostavljena mreža samodejnih meritev in beleženja vodostaja, temperature in specifične električne prevodnosti. Merilna mesta se nahajajo v ponorih Planinskega polja, na izviri Ljubljane in vmesnih jamah z dostopom do podzemne vode. Glavni namen raziskave je prepoznati in ovrednotiti mehanizme podzemnega toka vode v izbranem kraškem vodonosniku, cilj pa je tudi določiti vlogo padavin, geoloških struktur in enot ter drugih dejavnikov na obnašanje vode v podzemlju.

2. Območje proučevanja

Območje proučevanja je severni del porečja Ljubljane. Osrednji del območja predstavlja Logaški ravniki, kraška planota s 500 do 800 m nadmorske višine, preoblikovana s številnimi vrtačami, udornicami in jamami. Ravniki obdajajo tri uravnave: na jugu je Planinsko polje (450

m nadmorske višine) z reko Unico, ki ponika na vzhodnem in severnem robu polja, na zahodu je Logaško polje (470 m) z Logaščico, ki ponika v ponorih Jačka, na severovzhodu pa Ljubljanske kotlina (290 m). Tu, v bližini Vrhnike, na številnih mestih voda izvira kot Ljubljanka (Gams, 2004). Po tektonski razdelitvi območje pripada Zunanjim Dinaridom (Placer 2008). Večina pripada eni geološki enoti, ki je na jugu omejena z Idrijsko prelomno cono, na severu z Borovniškim (Ravenskim) prelomom, na jugozahodu in zahodu s Hrušiškim in Trnovskim narivom. Najpomembnejša prelomna struktura je Idrijska prelomna cona s smerjo SZ–JV. Gre za 0.5 km široko cono z več vzporednimi prelomi, ki se razteza od doline Soče prek Idrije, Planinskega in Cerkniskega polja do doline Kolpe (Gospodarič & Habič, 1976). Območje je preprejeno še s številnimi drugimi manjšimi prelomi, razpokami in zdrobljenimi conami, ki imajo pomembno vlogo pri delovanju podzemnega toka vode (Gospodarič & Habič, 1976).

Večina območja sestavljajo debeli skladi triasnih, jurskih in krednih apnencev in dolomitov. Triasni dolomit se pojavlja na jugozahodnem robu Planinskega polja in delno na Planinski gori. Dolomit se razteza tudi med Planinskim in Cerkniskim poljem, med Hotedršico in Idrijo ter med Logatcem in Zaplano. Jurske kamnine večinoma zastopa apnenec, nahaja pa se v pasu med Ljubljanskim barjem in Cerkniskim poljem. Kredni apnenci se nahajajo na območju med Planinskim in Logaškim poljem (Pleničar, 1970). Kraška polja in Ljubljanska kotlina so prekrita s pleistocenskimi naplavinami (Ravnik, 1976).



Slika 1. Proučevano območje med Planinskim poljem in Ljubljansko kotlino (Vir podatkov: GURS, 2016)

Proučevano območje je hidrološko del porečja Ljubljanice. Glavni tok vode sledi nizu kraških polj, ki se nahajajo na območju Idrijske prelomne cone. (Gospodarič & Habič, 1976) V smeri JV–SZ si sledijo Babno polje, Loško polje z reko Obrh, Cerknisko polje z reko Stržen in Rakov Škocjan z reko Rak. Sledi Planinsko polje, kjer na južnem robu polja izvirata Malenščica in Unica. Slednja priteče iz Planinske jame, v kateri se Raku pridruži reka Pivka. Ta sicer priteče iz Pivške kotline in ponikne v Postojnski jami.

Voda prek Planinskega polja teče s skupnim imenom Unica, ki na 10 km² velikem polju napravi 17 km dolgo pot. Reka izvira iz Planinske jame, v kateri je sotočje Raka in Pivke. En kilometer vzhodno od Planinske jame se nahaja izvir Malenščice, ki se po enem kilometru toka pridruži

Unici. Povprečen letni pretok Unice znaša $21 \text{ m}^3/\text{s}$ ($Q_{\min} = 1,1 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{\max} = \text{prek } 100 \text{ m}^3/\text{s}$) (Frantar, 2008). Do poplavljanja Planinskega polja pride ob pretoku nad $60 \text{ m}^3/\text{s}$. To je namreč ocena ponorne sposobnosti vseh ponorov na Planinskem polju (Jenko, 1959; Šušteršič, 2002). Na Logaškem polju teče reka Logaščica s porečjem v velikosti 19 km^2 . Srednji letni pretok znaša $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$, poplavlja pa prične pri pretoku nad $30 \text{ m}^3/\text{s}$. To je pretočna sposobnost ponorov Jačka (Mihevc et al., 2010). Vsa voda s Planinskega in Logaškega polja teče skozi podzemlje Logaškega ravnika, nato pa izvira v številnih izviri Ljubljane v bližini Vrhnike na južnem obrobju Ljubljanske kotline. Najpomembnejši izviri so Mali Močilnik, Veliki Močilnik, Malo okence, Veliko okence, Pod skalo, Pod orehom in Maroltov izvir. Srednji letni pretok Ljubljane je $38,6 \text{ m}^3$. Dva kilometra vzhodno se nahajajo izviri Bistra, ki se v Ljubljano združijo po 3 km toka (Mihevc et al., 2010).

3. Metode dela

Eno od izhodišč raziskave so predstavljale pretekle sorodne raziskave na proučevanju območju. Zelo obširno proučevanje podzemnega in površinskega vodnega toka je bilo povezano s 3. simpozijem o sledenju podzemne vode (Gospodarič & Habič, 1976). V letu 2007 je bil vzpostavljen prvi sistem samodejnih meritev v štirih jamah med Planinskim poljem in Logatecem (Turk, 2010; Gabrovšek & Turk, 2010).

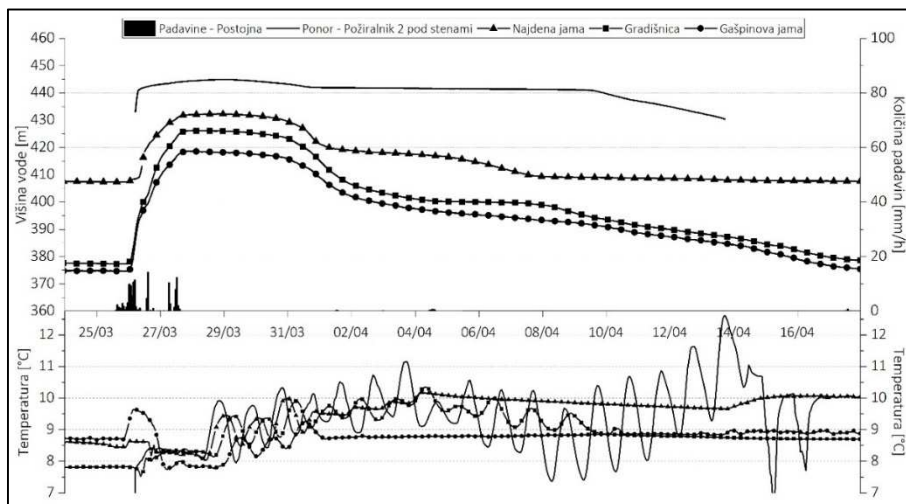
V pričujoči raziskavi je bila za merjenje fizikalnih značilnosti podzemne vode vzpostavljena merilna mreža na ponorih, izviri in v jamah z dostopom do podzemne vode. Sestavljajo jo samodejni merilci temperature, pritiska (globine) in specifične električne prevodnosti vode. Meritve podzemne vode so bile vzpostavljene v naslednjih jamah: Logarček, Vetrovna jama pri Laški kukavi, Najdena jama, Gradišnica in Gašpinova jama. Dodatni dve merilni mesti sta bili vzpostavljeni na ponorih Planinskega polja (Velike loke na vzhodu in Požiralnik 2 pod stenami na severu), dodatne tri pa na izviri (Veliki Močilnik, Retovje in Bistra). Merilni interval na ponorih in v jamah znaša 1 uro, na izviri Ljubljane pa 0,5 ure. Poleg samodejnih so bile opravljene tudi nekatere ročne meritve. Te so bile potrebne zaradi boljšega pokrivanja merilne mreže in umerjanja samodejnih merilcev.

Zbrani podatki so analizirani z različnimi hevrističnimi in statističnimi metodami. Sem spada proučevanje smeri in gradienta vodnega toka, dinamiko nihanj višine in temperature vode, določanje potencialnih geoloških struktur in podzemnih kanalov ter ugotavljanje vpliva padavin. Za ugotavljanje vpliva geoloških struktur so bili vključeni podatki o geološki sestavi (vir Geološki zavod Slovenije), za ugotavljanje vpliva količine in razporeditve padavin pa meteorološki in hidrološki podatki (vir Agencija RS za okolje).

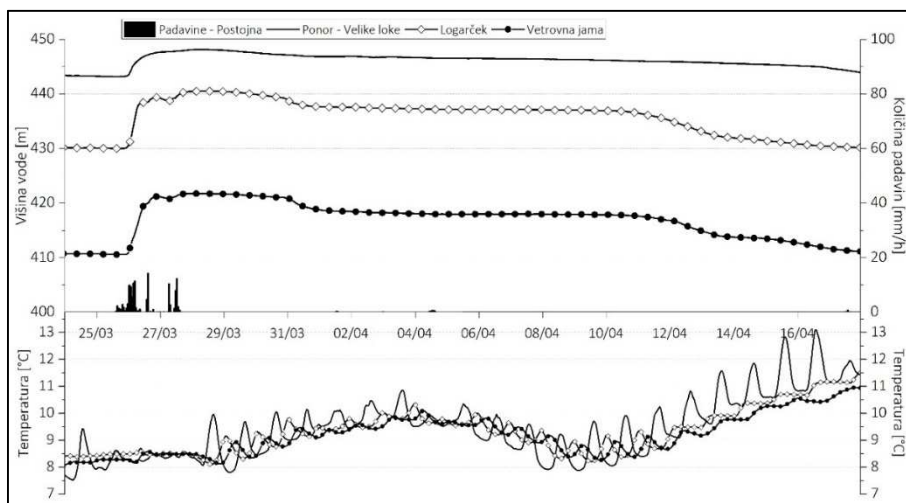
4. Rezultati in razprava

V raziskavi je opisan dogodek s konca marca in začetka aprila 2015. Pred padavinskim dogodkom sta bila višina vode v podzemlju in pretok vode na površju nizka, in sicer $8,5 \text{ m}^3/\text{s}$ na hidrološki postaji Ljubljana – Vrhnika (ARSO, 2016b). Ob padavinskem dogodku je med 25. 03. in 27. 03. padlo okoli 100 mm padavin (meteorološka postaja Postojna 121 mm, Cerknica 97 mm, Logatec 103 mm in Ljubljana 88 mm) (ARSO, 2016a), kar je vplivalo na izdatno povečanje pretokov (do $90 \text{ m}^3/\text{s}$ na hidrološki postaji Ljubljana – Vrhnika) in gladine vode v podzemlju. Planinsko polje je bilo tudi delno poplavljen.

Meritve so prikazane v dveh grafikonih glede na predvideno smer toka. Pretekle raziskave namreč predpostavljajo dva glavna tokova vode med Planinskim poljem in izviri Ljubljane. Zahodni tok predstavlja niz ponorov in jam: Požiralnik 2 po stenami – Najdena jama – Gradišnica – Gašpinova jama, pri vzhodnem toku pa si sledijo Velike loke – Logarček – Vetrovna jama (Gospodarič & Habič, 1976; Turk, 2010).



Slika 2. Višina in temperatura vode v nižu Požiralnik 2 po stenami – Najdena jama – Gradišnica – Gašpinova jama in količina padavin na meteorološki postaji Postojna v času visoke vode v marcu in aprilu 2015



Slika 3. Višina in temperatura vode v nižu Velike loke – Logarček – Vetrovna jama in količina padavin na meteorološki postaji Postojna v času visoke vode v marcu in aprilu 2015

Za proučevano območje je značilno, da višina vode najbolj naraste na območjih, ki so najbolj oddaljena od izvirov ali ponorov. Na merilnih mestih v jamah, kot so Najdena jama, Logarček in Vetrovna jama, gladina vode naraste 10 – 25 m. Te jame se nahajajo v bližini ponorov na Planinskem polju. V bolj oddaljenih jamah, kot sta Gradišnica in Gašpinova jama, gladina vode lahko naraste tudi prek 50 m. Poleg tega je hitrost polnjenja in praznjenja vodonosnika zelo različna. Naraščanje vodne gladine je sicer najbolj odvisno od razporeditve in trajanja padavin, a običajno traja med 12 in 48 urami. Upadanje traja mnogo dlje, in sicer od 14 do 21 dni. Oba dejavnika sta povezana z oblikovanostjo vodonosnika. Ta ima sicer precej dobro razvite podzemne kanale, saj so hitrosti vodnega toka v njem visoke. Je pa pritok mnogo večji od odtoka, zaradi česar vodna gladina hitro naraste, praznjenje pa poteka počasi. Velik porast vodne gladine v središču vodonosnika pomeni izbočeno gladino podzemne vode. To je lahko posledica geoloških struktur (prelomov), ki lahko vsebujejo zdrobljeno cono, ta pa s slabšo prepustnostjo zajezi in upočasni tok vode (Šušteršič, 2002).

Krivulje višine vode vsebujejo prevoje z upočasnim naraščanjem ali upadanjem vodne gladine. Ker se prevoji ob polnjenju in praznjenju vodonosnika nahajajo na isti višini, ti

nakazujejo na večje podzemne prostore, v katerih se lahko skladišči poplavna voda. Dober primer je Najdena jama, kjer je odkritih več nivojev rogov, njihove višine pa povsem ustrezajo prevojem in najvišjim delom na krivulji.

Ob naraščanju vodne gladine se v jamah, kjer so merilci nameščeni v sifonih (Najdena jama, Gradišnica in Gašpinova jama), začnejo pojavljati dnevna temperaturna nihanja. Do teh pride, ko voda doseže največjo višino in tik preden začne upadati. Dnevna temperaturna nihanja so se ob izbranem dogodku začela pojavljati tri dni po začetku naraščanja vodne gladine (29. 03. 2015), do prenehanja pa je v različnih jamah prišlo v različnem času. V Gašpinovi jami so dnevna temperaturna nihanja trajala tri dni in do višine vode 33 m, v Gradišnici enajst dni in do višine vode 16 m, v Najdeni jami pa sedem dni in do višine 10 m. Ta višina se ujema z višinami vstopnih točk rogov, skozi katere se preliva voda.

Ob vstopu vode v podzemlje se njena temperatura kmalu začne prilagajati temperaturi okolice. Dnevna nihanja so sicer opazna, se pa temperaturni razpon zmanjša. Od ponorov do Najdene jame je okoli 400 m zračne razdalje oz. štiri ure pretakanja vode, a se do nje voda že ohladi (podnevi) oz. segreje (ponoči) za 0,5 °C. V nadaljevanju se do Gradišnice in Gašpinove jame temperatura vode le še malenkost spremeni, in sicer do 0,1 °C.

Prava dolžina kanalov med posameznimi merilnimi mesti žal ni poznana, zato je pri izračunih upoštevana zračna razdalja, izračuni pa predstavljajo navidezno hitrost pretakanja vode. Zračna razdalja med Požiralnikom 2 pod stenami in Najdeno jamo (Preglednica 1) je bistveno krajša kot tista med Najdeno jamo in Gradišnico ali Gradišnico in Gašpinovo jamo, vseeno pa voda med temi merilnimi mesti potuje približno enako časa (4 – 6 ur). Navidezna hitrost pretakanja vode med požiralniki in Najdeno jamo je torej 100 m/h, med Najdeno jamo, Gradišnico in Gašpinovo jamo pa okoli 300 m/h. Za zadnji odsek je očitno značilna dobra razvitost kanalov, se pa hitrost pretakanja vode proti koncu dogodka zmanjšuje. Časovni zamik med Požiralnikom 2 pod stenami in Gradišnico je ob začetku dogodka znašal 16 ur, ob koncu dogodka pa skoraj 30 ur.

Podoben razpon hitrosti pretakanja vode je tudi med ponori na vzhodni strani Planinskega polja (Velike loke) in merilnimi mesti v Logarčku in Vetrovni jami. Med ponori in Logarčkom je navidezna hitrost vodnega toka okoli 150 m/h, med Logarčkom in Vetrovno jamo pa se poveča na 250 m/h, kar kaže na boljšo razvitost kanalov. Podobno kot pri toku med severnimi ponori in Gašpinovo jamo se potovalni čas proti koncu dogodka povečuje. V začetku je časovni zamik med ponori in Vetrovno jamo okoli 17 ur, proti koncu pa okoli 35 ur. Do sprememb pride tudi v temperaturi vode. Od ponorov do merilnega mesta v Logarčku se dnevna amplituda temperature zmanjša za 0,5 °C, do Vetrovne jame pa še nadaljnjih 0,2 °C.

Odsek	Zračna razdalja (m)	Gradient ob visoki vodi (m)	Potovalni čas (h)	Navidezna hitrost (m/h)
Požiralnik 2 pod stenami – Najdena jama	400	13	4	100
Najdena jama – Gradišnica	2000	6	6	350
Gradišnica – Gašpinova jama	2000	9	6	350
Požiralnik Velike loke – Logarček	1500	8	10	150
Logarček – Vetrovna jama	2000	18	8	250

Preglednica 1. Navidezna hitrost pretakanja vode v nizu Požiralnik 2 po stenami – Najdena jama – Gradišnica – Gašpinova jama in nizu Velike loke – Logarček – Vetrovna jama v času visoke vode v marcu in aprilu 2015

Ob koncu dogodka je v Logarčku in Vetrovni jami prišlo do precejšnjega porasta temperature (z 8,5 na 11,5 °C), dlje časa so se obdržala tudi dnevna temperaturna nihanja. To verjetno sledi porastu temperature zunaj v času pomladi. Na merilnih mestih v preostalih jamah je

temperatura ostala pri okoli 8,7 °C. To bi lahko bilo posledica merilnih mest v sifonih, v katerih je pretok vode manjši, zaradi tega pa se temperatura voda lažje ustali na jamski temperaturi.

Vodi v Gašpinovi jami se je ob začetku dogodka nekoliko zvišala temperatura, nato pa je ta upadla na takšno, kot jo ima poplavna voda. Začetno povišanje temperature je najverjetneje posledica zaloge stare ulete vode, katero naprej potisne poplavna voda. Ujeta voda ima namreč višjo temperaturo od vode v sifonu, ki ima sicer skromen, a stalen dotok vode.

Pri izvirih Ljubljane so bile meritve opravljene na treh merilnih mestih, in sicer na izvirih Veliki Močilnik, Retovje in Bistra. Veliki Močilnik in Retovje sta si po temperaturnih značilnih zelo podobna, saj so vrednosti in nihanja zelo složna. Pri izviru Bistra so vrednosti in nihanja pri temperaturah prav tako zelo podobna, a prihaja do časovnih zamikov okoli 4 dni. To bi lahko bila posledica daljšega toka skozi podzemlje, saj se velik del izvira napaja neposredno iz 20 km oddaljenega Cerkniškega jezera.

5. Zaključki

Sistem samodejnih meritev v požiralnikih, izvirih in vmesnih jamah z dostopom do podzemne vode je zelo uporaben za spremljanje dinamike vode v času poplavnega dogodka. Meritve višine vode so pokazale precej različno hitrost naraščanja in upadanja gladine vode v podzemlju. Najbolj izrazit in zelo слоžen dvig podzemne vode je v Gradišnici in Gašpinovi jami, kar kaže na hidrološko pregrado dolvodno od njiju. Na vseh merilnih mestih so prisotna vmesna obdobja s počasnejšim naraščanjem in upadanje gladine vode, ta pa nakazujejo na večje prostore v zaledju izbranih merilnih mest.

Zelo uporabne so meritve temperature vode, ki z dnevnimi temperaturnimi nihanji veliko povedo o zamikih in hitrostih pretakanja vode. Navidezne hitrosti pretakanja vode (150 – 300 m/s) sicer kažejo na dobro razvite kanale v vodonosniku, a je pritok vode vanj tako velik, da sprotno odvodnjavanje ni mogoče. Rezultat je naraščanje vodne gladine v podzemlju in poplavljanje Planinskega polja. To ima na svojem obrobju številne požiralnike, ki so v želji po bolj učinkovitem odvodnjavanju na različne načine preoblikovani. Pogosto so razširjeni in obzidani, nekateri tudi opremljeni z rešetkami za zadrževanje plavja. Ti ukrepi do neke mere izboljšajo pretok vode v podzemlje, ko pa je pretok prevelik (večji od 60 m³/s), pa se omejitve pokažejo tako v kapaciteti požiralnikov kot tudi v pretočnosti kanalov v nadaljnjem toku. Posledica so dvig vodne gladine in poplavljanje.

6. Viri

- [1] ARSO, 2016a: Arhiv - opazovani in merjeni meteorološki podatki po Sloveniji. Dostopno na: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/> [dostop 13. januar 2017]
- [2] ARSO, 2016b: Arhiv hidroloških podatkov. Dostopno na: <http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/> [dostop 13. januar 2017]
- [3] FRANTAR, P., (ur) 2008: Water balance of Slovenia 1971–2000. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana.
- [4] FRANTAR, P. & ULAGA, F., 2015: Visoke vode Planinskega polja leta 2014.- *Ujma*, 29, 66–73.
- [5] GAMS, I., 2004: Kras v Sloveniji v prostoru in času. Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Ljubljana.
- [6] GABROVŠEK, F., KOGOVŠEK, J., KOVAČIČ, G., PETRIČ, M., RAVBAR, N. & TURK, J., 2010: Recent results of tracer tests in the catchment of the Unica River (SN Slovenia). *Acta carsologica*, 39, 1, 27–38.
- [7] GABROVŠEK, F. & TURK, J., 2010: Observations of stage and temperature dynamics in the epiphreatic caves within the catchment area of the Ljubljana river. *Geologia Croatica*, 63, 2, 187–193.
- [8] GOSPODARIČ, R. & P. HABIČ, (ur), 1976: Underground water tracing: Investigations in Slovenia 1972–1975.- Third International Symposium of Underground Water Tracing (3. SUWT), Ljubljana, Bled.
- [9] JENKO, F., 1959: Hidrogeologija in vodno gospodarstvo krasa. Državna založba Slovenije, Ljubljana.

- [10] MIHEVC, A., PRELOVŠEK, M., ZUPAN HAJNA, N., 2010: Introduction to Dinaric Karst. Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna.
- [11] PLACER, L., 2008: Principles of the tectonic subdivision of Slovenia = Osnove tektonske razčlenitve Slovenije. *Geologija*, 51, 2, 205–217.
- [12] PLENIČAR, M., 1970: Tolmač osnovne geološke karte 1:100.000, List Postojna.- Zvezni geološki zavod, Beograd.
- [13] PUTICK, V., 1889: Die hydrologischen Geheimnisse des Karstes und seine unterirdischen Wasserläufe : auf Grundlage der neuesten hydrotechnischen Forschungen. Himmel und Erde, Berlin.
- [14] RAVNIK, D., 1976: Kameninska podlaga Planinskega polja. *Geologija*, 19, 291–315.
- ŠUŠTERŠIČ, F., 2002: Where does Underground Ljubljana Flow? *RMZ Materials and Geoenvironment*, 49, 1, 61–84.
- [15] TURK, J., 2010: Dinamika podzemne vode v kraškem zaledju izvirov Ljubljane – Dynamics of underground water in the karst catchment area of the Ljubljana springs. Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Ljubljana.

IZOTOPSKA SESTAVA TERMALNIH VOD – POMEN IZBORA ANALIZNIH TEHNIK ZA NADZOR IN UPRAVLJANJE

dr. Nina Rman¹, dr. Polona Vreča², mag. Andrej Lapanje³

^{1,3} Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, ² Institut Jožef Stefan, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana

POVZETEK

Podatki o izotopski sestavi kisika in vodika v podzemni vodi so zelo uporabni za ugotavljanje izvora vode in procesov, katerim je le ta podvržena. V geotermalnih vodonosnikih, v katerih je zadrževalni čas termalne vode običajno ocenjen na (več) tisoč let, znatne spremembe v izotopski sestavi niso pričakovane. Letno spremljanje izotopske sestave kisika in vodika je predpisano s koncesijskimi uredbami za rabo termalne vode in je namenjeno ugotavljanju količinskega in kakovostnega stanja geotermalnega vodonosnika. Spremembe v izotopski sestavi podzemne vode lahko kažejo na poslabšanje tehničnih lastnosti vrtin (npr. razpoke v cevovodu in vdori druge vode), vdore drugačne vode v vodonosnik (pričakovano predvsem v plitvejših in razpoklinjskih vodonosnikih), lahko pa so posledica načina vzorčenja ali različnih analiznih tehnik (npr. masna spektrometrija, laserska spektroskopija). Da bi izboljšali monitoring termalnih vod v Sloveniji in zagotovili za dolgoročni nadzor ustrezne in primerljive podatke o izotopski sestavi vod, smo izvedli podrobnejše analize, s katerimi smo ugotavljali nihanje sestave v obdobju enega leta pri različnem režimu črpanja ter primerljivost in uporabnost posameznih analiznih tehnik tako, da so bili zbrani vzorci vod analizirani v različnih laboratorijih z različnimi analiznimi tehnikami. Zbrane informacije so pomembne za nadaljni nadzor in upravljanje z viri podzemne termalne vode. Izbor primerljivih analiznih tehnik lahko pripomore v prihodnosti k izboljšanju kakovosti rezultatov ter omogoči boljše interpretacijo podatkov zbranih v okviru izvajanja monitoringa termalnih vod.

Ključne besede:

termalna voda, stabilni izotopi, kisik, vodik, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$, analizne tehnike

1. Uvod

Podatki o izotopski sestavi kisika in vodika v podzemni vodi se uporabljajo za ugotavljanje izvora vode in procesov v njej, tudi v geotermiji (Arnorsson, 2000). Časovne serije izotopskih podatkov v Sloveniji so na voljo predvsem za padavine, in sicer daljši nizi za npr. Ljubljano (Vreča in sod., 2008, 2014) ter krajši nizi za različne lokacije po Sloveniji (Vreča & Malenšek, 2016), medtem ko so za podzemne vode (Mezga in sod., 2014) in termalne vode (Rman, 2016) redke. Zadrževalni čas termalne vode je običajno nekaj deset do več tisoč let (Szöcs in sod., 2013), zato lahko spremembe v izotopski sestavi kažejo spremembo tehničnih lastnosti vrtin, vdore drugačne vode, ali pa so posledica vzorčenja ali analiznih tehnik.

Razvoj na področju analitike izotopske sestave vod in uporabe laserske spektroskopije (LS), ki vse bolj nadomešča masno spektrometrijo (MS) za določanje razmerij stabilnih izotopov, je v zadnjem desetletju omogočil, da se izotopska sestava kisika in vodika določa rutinsko v številnih laboratorijih. Laserska spektroskopija je v osnovi hitrejša in cenejša, uporaba instrumentov pa enostavnejša, vendar so pri obdelavi potrebni številni koraki, ki lahko vplivajo

na končni rezultat. Zaradi možnih interferenc je potrebna posebna pozornost v primeru analiz visokomineraliziranih vod ter vod, ki vsebujejo H₂S ali organske spojine (Wassenaar in sod. 2014). Primerljivosti različnih tehnik so bile predstavljene tudi v poročilu o medlaboratorijski primerjavi WICO2011 (Ahmad in sod. 2012), obdelava podatkov primerjave WICO2016 pa še poteka. Raziskave so pokazale, da so rezultati analiz, pridobljenih z različnimi tehnikami, večinoma primerljivi in se statistično ne razlikujejo (Penna in sod., 2010), lahko pa se tudi znatno razlikujejo (Singleton in sod., 2009) in vodijo nadalje v napačno interpretacijo hidroloških procesov. Ker so na Ameriškem Geološkem Zavodu (USGS) ugotovili, da lahko z LS pridobimo anomalne rezultate, uporabljajo kot referenčno metodo za določanje izotopske sestave vseh USGS vod masno spektrometrijo z dvojnimi uvajalnimi sistemom (<https://isotopes.usgs.gov/>, dostop 30.1.2017).

Cena analiz je pogosto povezana tudi s kakovostjo rezultatov, ki morajo biti med seboj primerljivi, ne glede na to kateri laboratorij jih opravi in kakšne analize tehnike za določitev posameznih parametrov uporabi. V splošnem velja, da laboratorij, ki je ustrezno akreditiran za določeno dejavnost, s podeljeno akreditacijo formalno dokazuje, da je usposobljen za njeno izvajanje v določenem obsegu, pod določenimi pogoji in za določeno vrsto vzorcev.

V Sloveniji so bile analize zmogljivosti za izvajanje izotopskih meritev kisika in vodika v vodi do leta 2016 omejene, zato je bilo veliko vzorcev analiziranih v tujini. V letih 2015-16 je bila infrastruktura nadgrajena in sedaj je na GeoZS na voljo LS, na IJS pa MS z dvojnimi uvajalnimi sistemom, vendar dejavnosti nista akreditirani.

Da bi ugotovili primerljivost različnih analiznih tehnik, ki se uporabljajo za določanje izotopske sestave kisika in vodika v vzorcih termalnih vod, smo v preteklih letih opravili nekaj neodvisnih primerjav, ki jih predstavljamo v prispevku.

2. Metode dela

2.1 Preizkušeni laboratoriji

V okviru več raziskav termalnih in mineralnih voda v SV in JV Sloveniji v obdobju 2014-2016 (Szöcs in sod. 2013, Rman, 2016, idr.) smo vzorce za analize izotopske sestave poslali v šest laboratorijev (Preglednica 1), med katerimi delujeta dva v Sloveniji, ostali pa v tujini. Za ugotavljanje primerljivosti njihovih merilnih zmogljivosti ter različnih analiznih tehnik, smo uporabili duplikate in skupno zbrali rezultate 60 analiz 13 različnih vod. V večini primerov smo vzorce za medlaboratorijske primerjave odvzeli iz vrtin le enkrat (številke 1 do 11). V dveh primerih (številki 12 in 13) so bila vzorčenja opravljena letno (za lab. A) in mesečno (za lab. B), slednje da bi pridobili podatke o nihanju izotopske sestave vode znotraj enega leta. Vendar vzorcev termalne vode za primerjavo nismo odvzeli sočasno, ampak le v istem mesecu.

Za določitev izotopske sestave kisika in vodika so bile uporabljene različne metode, tako MS kot LS, tudi znotraj istega laboratorija (Preglednica 1). Rezultati analiz so podani z vrednostjo δ (enačba 1), ki predstavlja relativno razliko izotopske sestave vzorca (vz) glede na izbrani standard (st) in jo izražamo v promilih (‰):

$$\delta^Y X (\text{‰}) = \left(\frac{R_{\text{vz}}}{R_{\text{st}}} - 1 \right) \times 1000 \quad (\text{enačba 1})$$

kjer je $^Y X$ ¹⁸O oziroma ²H, R razmerje med izotopi ¹⁸O/¹⁶O oziroma ²H/¹H. Pri analizah se uporabijo za normalizacijo podatkov laboratorijski referenčni materiali, ki so umerjeni na mednarodno VSMOW-SLAP skalo.

Preglednica 1: Podatki o laboratorijih; AS=aritmetična sredina, σ=standardni odklon

Oznaka laboratorija	Akreditacija	Uporabljena metoda	Podajanje rezultatov	Merilna negotovost
A	Ne	Masna spektrometrija (MS)	AS±σ (3 paralelne meritve in 2-4 neodvisni vzorci)	δ18O ±0,1 ‰, δ2H ±1,0 ‰
B	Da	Laserska spektrometrija (LS) Masna spektrometrija	x x	δ18O ±0,10 ‰, δ2H ±1,0 ‰ Ni podatka
C	Ni podatka	Ni podatka	x	Ni podatka
D	Da	Masna spektrometrija (MS)	x	Ni podatka
E	Ne	Laserska spektrometrija (LS)	AS±σ (6 zaporednih meritev na 2 neodvisnih vzorcih)	Ni podatka
F	Ne	Laserska spektrometrija (LS)	AS±σ (3 zaporedne meritve na istem vzorcu)	Ni podatka

Ker merilne negotovosti niso bile podane za vse laboratorije, smo primerljivost rezultatov ocenili z uporabo z-testa (enačba 2 za δ¹⁸O in 3 za δ²H), iz absolutne razlike vrednosti lab. 1 in lab. 2, ki ju delimo s standardnim odklonom, ocenjenim za primerjave ustrezne za izotopsko-hidrološke raziskave. Upoštevali smo standardne odklone, uporabljene v zadnji IAEA medlaboratorijski primerjavi (WICO2016, Evaluation Criteria), in sicer 0,2 ‰ za δ¹⁸O in 1,5 ‰ za δ²H. Izračunana absolutna vrednost »z« ≤ 2 pomeni, da je rezultat sprejemljiv oziroma primerljiv, 2–3, da je vprašljiv, in ≥3, da je nesprejemljiv. Ob tem metoda ne poda odgovora, kateri rezultat je bolj pravilen, saj noben od laboratorijev ni obravnavan kot »referenčni«.

$$z_{\delta^{18}O} = \frac{|rez lab1 - rez lab 2|}{0,2} \quad (\text{enačba 2})$$

$$z_{\delta^{2}H} = \frac{|rez lab1 - rez lab 2|}{1,5} \quad (\text{enačba 3})$$

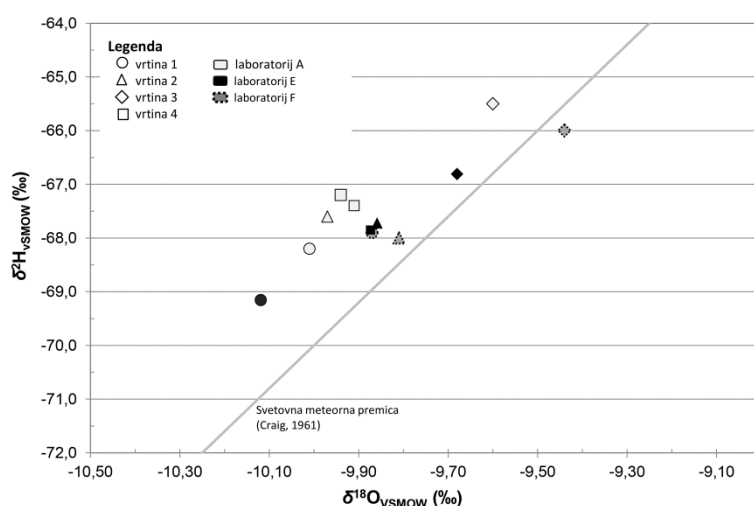
3. Rezultati

Kot je prikazano v Preglednici 1 izvajata dva laboratorija akreditirano dejavnost, trije laboratoriji so uporabili MS, trije pa LS. V analiznih poročilih so navedli podatke o aritmetični sredini in standardnem odklonu trije laboratoriji, merilno negotovost pa sta podala dva laboratorija, vendar ob navedbi ni opisano, kako je ta negotovost definirana. Zato podrobnejša analiza primerljivosti rezultatov ni možna, lahko pa na osnovi enačb 2 in 3 ocenimo primerljivost rezultatov.

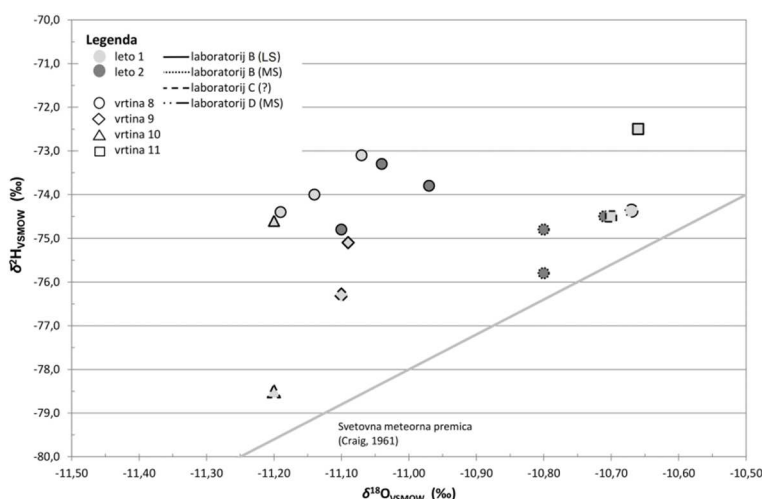
Iz prikaza rezultatov na δ¹⁸O- δ²H grafu (Slike 1-3) lahko sklepamo na izvor vode (Clark & Fritz, 1997), zato je pravilen položaj vzorca izrednega pomena. V primeru analize nizkomineraliziranih termalnih voda s temperaturo do 35 °C (Slika 1) je bila ponovljivost lab. A MS preverjena z duplikatom (vrtina 4) in je ustrezna. Primerjava kaže, da F LS podaja najbolj pozitivne δ¹⁸O vrednosti, najbolj negativne pa (ne vedno) E LS. Najbolj pozitivne δ²H je določil A MS, najbolj negativne pa E LS (tudi slike 4-5). V drugem primeru (Slika 2) smo primerjali rezultate analiz nizkomineralizirane termalne vode s 55 °C določene v lab. B (LS in MS) in D MS (vrtina 8). Ponovljivost LS v B je dobra, enako velja za B MS in D MS. Težava je razlika med metodami, zaradi katere smo ponovili vzorčenje in februarja 2017 tudi oba tipa analiz v B. Večje razlike, predvsem za δ²H vrednosti, smo opazili tudi pri visokomineraliziranih hladnih vodah (vrtine 9 do 11) med lab. B LS in C (tudi slika 5). Spreminjanje izotopske sestave dveh srednjemineraliziranih termalnih voda s temperaturo do 52 °C zaradi zelo dolgega zadrževalnega časa ni bilo pričakovano (Slika 3). Vsi vzorci so bili odvzeti v času rednega delovanja vrtin, a ne sočasno. Lab. A MS je opravil eno analizo na leto v treh zaporednih letih. V prvih dveh so bile za rezultat, aritmetično sredino s standardnim odklonom, uporabljene tri paralelne meritve vzorca, v tretjem pa za δ¹⁸O dve, za δ²H pa štiri paralelne meritve. Standardni odklon A se je skozi ta zaporedna leta spreminjal od ±0,05-0,07 ‰ preko ±0,04-0,09 ‰ do ±0,00-0,02 ‰ za δ¹⁸O ter od ±0,8-1,2 ‰ preko ±1,1-1,6 ‰ do ±0,4-0,5 ‰ za δ²H. Izboljšanje

je pripisati zamenjavi MS z boljšo merilno zmogljivostjo. Lab. B LS je vsake 4 mesece analiziral posamezne vzorce vode, odvzete enkrat mesečno. Podal je le merilno negotovost metode, $\pm 0,10$ ‰ za $\delta^{18}\text{O}$ in $\pm 1,0$ ‰ za $\delta^2\text{H}$.

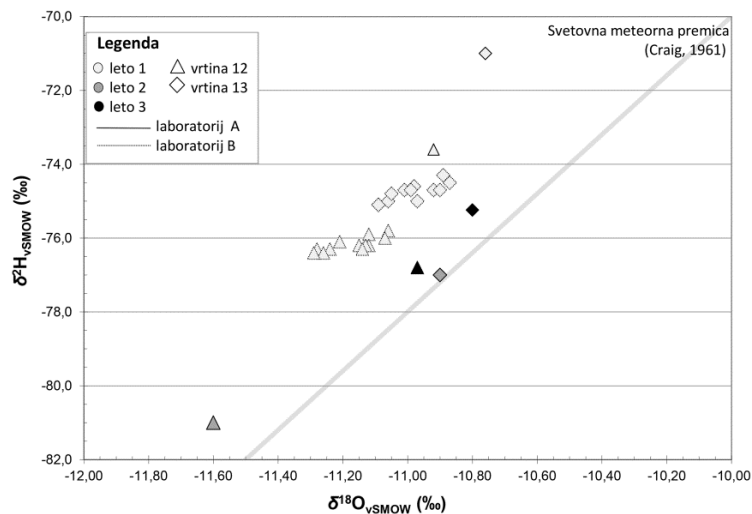
Primerjava med laboratoriji je smiselna tudi po posameznih parametrih (Sliki 4-5). Največji razliki $\delta^{18}\text{O}$ (Slika 4) sta bili ugotovljeni za vzorca 1 (lab. E in F) in 8 (lab. B MS in B LS), in sicer 0,25 ‰ oz. 0,39 ‰. Variabilnost v 12 in 13 ima drugačno težo, ker vzorci niso bili vzeti sočasno. Primerljivost rezultatov različnih laboratorijev za $\delta^{18}\text{O}$ je vprašljiva ($\gg 2$) dvakrat, in sicer za vzorca 8 (lab. B LS in D MS) ter 12 (lab. A MS v drugem letu analiz in B LS), vendar tu velja poudariti, da vzorčenje ni bilo opravljeno sočasno. Ostali rezultati so primerljivi, vrednost $\gg$ pa je manjša od 1,5. Največje razlike $\delta^2\text{H}$ (Slika 5) so bile ugotovljene za vzorce 11 (lab. C in B LS) z razponom 2,0 ‰, 10 (lab. C in B LS) z 3,9 ‰ ter 12 (lab. A MS) s 7,0 ‰. Za $\delta^2\text{H}$ je $\gg > 2$ in zato primerljivost vprašljiva v dveh primerih, in sicer za 10 (lab. B LS in C) ter 13 (A MS v prvem letu analiz in B LS). Nesprejemljiv rezultat ($\gg > 3$) je bil ugotovljen za 12 (A MS v drugem letu analiz in B LS). Kot omenjeno, vzorčenje 12 in 13 ni potekalo sočasno. V 12 in 13 so rezultati zadnjega leta bolj primerljivi, kar je posledica izboljšanja merilnih zmogljivosti z zamenjavo MS v lab. A.



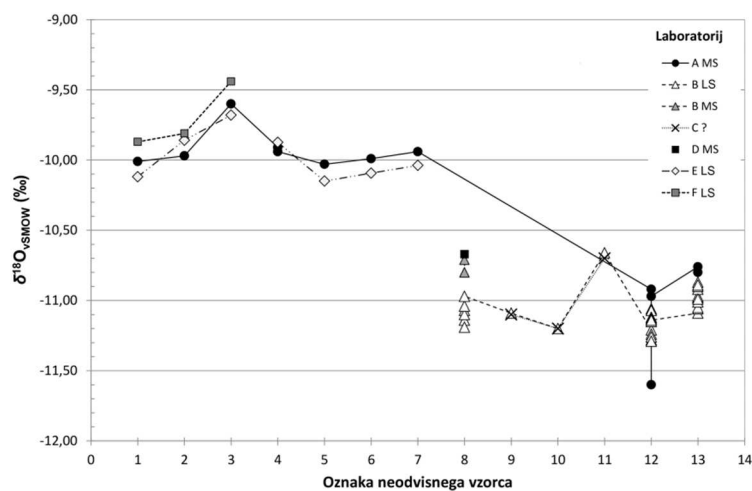
Slika 1: Izotopska sestava kisika in vodika štirih nizkomineraliziranih termalnih voda s temperaturo do 35 °C.



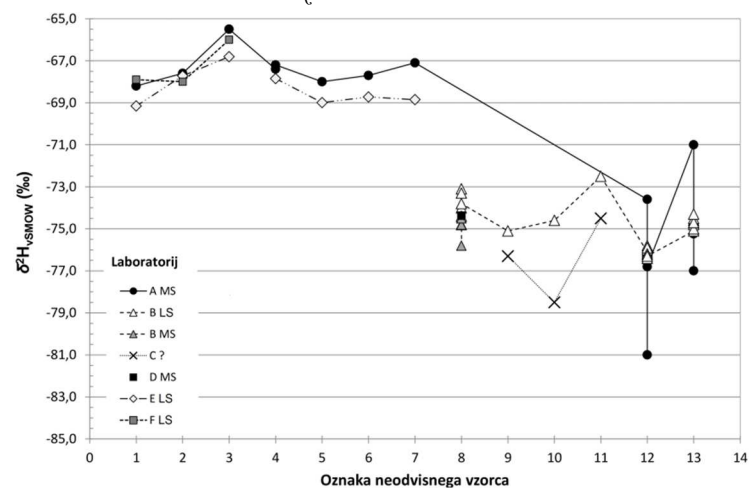
Slika 2: Izotopska sestava kisika in vodika nizkomineralizirane termalne vode s 55 °C (vrtina 8) in treh visokomineraliziranih hladnih voda (vrtine 9 do 11).



Slika 3: Izotopska sestava kisika in vodika dveh srednjemineraliziranih termalnih voda s temperaturo do 52 °C.



Slika 4: Spreminjanje izotopske sestave kisika v vodi v vzorcih iz 13 različnih vrtin, analiziranimi s sedmimi različnimi instrumenti.



Slika 5: Spreminjanje izotopske sestave vodika v vzorcih iz 13 različnih vrtin, analiziranimi s sedmimi različnimi instrumenti.

4. Zaključki

Zavedanje o pomenu kakovostnih meritev in primerljivih rezultatov, ne glede na uporabljeno merilno tehniko, postaja vse pomembnejše tudi na področju izotopske hidrologije, kjer je uvedba novih tehnik (LS) povzročila znaten porast števila meritev. Te so lahko kakovostne in primerljive s predhodnimi tehnikami (MS) le ob upoštevanju njihovih omejitev.

Za zanesljive in kakovostne rezultate je potrebno sodelovanje naročnikov analiz, izvajalcev vzorčenja in analiznega laboratorija. Kadar naročnik analiz za monitoring termalnih vod najame strokovnjake, je pomembno, da imajo ustrezno znanje iz področja izotopske hidrologije in sodelujejo tako pri pripravi navodil za vzorčenje kot pri izbiri laboratorija za izvedbo analiz. Usposobljenost za izvajanje dejavnosti laboratoriji dokazujejo z akreditacijo, vendar ta *a priori* ne zagotavlja vedno natančnosti in točnosti rezultatov.

Za izboljšanje izvajanja monitoringa priporočamo, da naročnik obvesti izvajalca vzorčenja in analiz o namenu raziskave in preteklih izkušnjah ter natančno opredeli parametre, ki jih je potrebno določiti. Nadalje naj občasno naključno preverja kakovosti rezultatov z dvojniki (analiziranimi v istem in drugih laboratorijih) ali doda med vzorce takšne z znano izotopsko sestavo (npr. referenčne materiale z ustreznimi certifikati) ter takoj po prejetju rezultatov preveri, ali so skladni s pričakovanji in arhivskimi podatki. Večina laboratorijev za določeno obdobje shrani preostanek vzorca in ga lahko, v primeru suma v neoporečnost rezultatov, ponovno analizira, tudi z drugo metodo. Ob tem se je potrebno zavedati, da je v vzorcu morda že prišlo do kemijske spremembe, ki vpliva na rezultat. Ob oddaji vzorcev v laboratorij je potrebno poročati tudi o *in-situ* meritvah (temperatura, pH, elektroprevodnost, raztopljeni kisik) in o kemijski sestavi vode (prisotnost H₂S, organskih snovi...), da se prilagodi priprava vzorca in izbor analiznih metod, ki se razlikujejo glede na matrico vzorcev (npr. padavine, površinske, podzemne ali termalne vode).

Izvajalec laboratorijskih analiz naj v poročilo o rezultatih vključi tudi informacije o: ustreznosti vzorčenja ali dostavljenega vzorca, s tipom embalaže, pripravi vzorca in analiznih metodah, zagotavljanju sledljivosti rezultatov, merilni negotovosti metode in laboratorijskih referenčnih materialov, ki se uporabljajo za kalibracijo, uporabi referenčnih materialov za neodvisno kontrolo meritev, številu in načinu ponovitev (zaporedne ali neodvisne) meritev istega vzorca za izračun aritmetičnega povprečja in standardnega odklona, ki predstavlja rezultat analize... Ker je enkratni vzorec odraz trenutnega stanja vode, je za zanesljivo oceno (tudi stalnosti) hidrogeoloških procesov potrebno spremljati njeno sestavo večkrat in določiti območje, znotraj katerega se izotopska sestava vode naravno spreminja.

Upoštevanje teh priporočil lahko dolgoročno izboljša obvezni letni nabor podatkov o izotopski sestavi termalnih voda za obratovalni monitoring, ki bo omogočil lažje in enotnejše spremljanje morebitnih sprememb, ter sčasoma tudi izboljša upravljanje in zakonodajo na tem področju.

5. Zahvala

Raziskava je sofinancirana s strani ARRS programske skupine P1-0020 Podzemne vode in geokemija in P1-0143 Kroženje snovi v okolju, snovna bilanca in modeliranje okoljskih procesov ter ocena tveganja.

6. Viri

[1] AHMAD, M. AGGARWAL, P. VAN DUREN M., POLTENSTEIN, L. ARAGUAS, L. KURTAS, T., AND WASSENAAR, L.I., 2012. Final report on fourth interlaboratory comparison exercise for $\delta^2\text{H}$ and $\delta^{18}\text{O}$ analysis of water samples (WICO2011). IAEA Technical report, 67.

- [2] ARNORSSON, S. 2000. Isotopic and chemical techniques in geothermal exploration, development and use: sampling methods, data handling, interpretation. Vienna: IAEA.
- [3] CLARK, I. & FRITZ, P., 1997. Environmental isotopes in hydrogeology. USA: CRC.
- [4] MEZGA, K., URBANC, J. AND CERAR, S., 2014. The isotope altitude effect reflected in groundwater: a case study from Slovenia. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 50, 33-51.
- [5] PENNA D., STENNI B., ŠANDA M., WREDE S., BOGAARD T.A., GOBBI A., BORGA M., FISCHER B.M.C. AND BONAZZA M., 2010. On the reproducibility and repeatability of laser absorption spectroscopy measurements for $\delta^2\text{H}$ and $\delta^{18}\text{O}$ isotopic analysis. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14, 1551–1566.
- [6] RMAN, N. 2016. Hydrogeochemical and isotopic tracers for identification of seasonal and long-term over-exploitation of the Pleistocene thermal waters. *Environmental monitoring and assessment*, 188 (4), 242-262.
- [7] VREČA, P., KRAJCAR BRONIĆ, I., LEIS, A. AND BRENČIČ, M., 2008. Isotopic composition of precipitation in Ljubljana (Slovenia). *Geologija*, 51, 169-180.
- [8] VREČA, P., KRAJCAR BRONIĆ, I., LEIS, A. AND DEMŠAR, M., 2014: Isotopic composition of precipitation at the station Ljubljana (Reaktor), Slovenia – period 2007–2010. *Geologija*, 57(2), 217–230.
- [9] VREČA, P. AND MALENŠEK, N., 2016. Slovenska mreža opazovanj izotopske sestave padavin (SLONIP) – pregled aktivnosti v obdobju 1981–2015. *Geologija*, 59(1), 67-84.
- [10] SINGLETON, G., COPLEN, T. B., QI, H. AND LORENZ, J. M., 2009. Laser-based stable hydrogen and oxygen analyses: How reliable can measurement results be? European Geosciences Union, General Assembly, April 2009, Vienna, Austria.
- [11] SZŐCS, T., RMAN, N., SÜVEGES, M., PALCSU, L., TÓTH, G. AND LAPANJE, A. 2013. The application of isotope and chemical analyses in managing transboundary groundwater resources. *Applied geochemistry*, 32, 95-107.
- [12] WASSENAAR, L.I., COPLEN, T.B. AND AGGARWAL, P.K., 2014. Approaches for Achieving Long-Term Accuracy and Precision of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ for Waters Analyzed using Laser Absorption Spectrometers. *Environmental Science & Technology*, 48, 1123-1131.

ODZIV ČRNEGA BORA IN GRADNA NA KOLIČINO RAZPOLOŽLJIVE VODE V POREČJU RIŽANE

dr. Simon Poljanšek, univ. dipl. inž. gozdarstva, prof. dr. Tom Levanič, univ. dipl. inž.
gozdarstva

Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

POVZETEK

Pretok Rižane, ki s pitno vodo oskrbuje Obalo, se v zadnjem obdobju znižuje, napovedi za prihodnost so slabe - zmanjševanje količin padavin, višanje temperatur zraka in povečana poraba pitne vode. Nove razmere bodo zato terjale prilagoditve vseh porabnikov vode. Sem sodi tudi gozd, kot prvi člen v verigi porabnikov. Ker imajo različne drevesne vrste različne fiziološke potrebe po vodi in s tem različno porabo, smo se vprašali, ali lahko z izbiro drevesne vrste vplivamo na količino pitne vode na izviru. Prirastni odziv dreves na količino padavin je kompleksen, zato ga je težko pojasniti z eno samo spremenljivko. Debelinsko rast v posameznem letu veliko bolje pojasnimo, če poleg padavin v model vključimo še odtok, ki je v našem primeru podatek o pretoku Rižane. Za začetek sklopa raziskav smo analizirali odvisnost debelinske rasti črnega bora in hrasta, dveh najpomembnejših drevesnih vrst tega dela Slovenije, od količine razpoložljive vode. Vrsti se med seboj razlikujeta po odzivu na sušo. Hrast spada v skupino dreves, ki so na sušo neodzivne, t. i. hidrolabilne vrste, zato porabi več vode kot črni bor, ki spada v skupino hidrostabilnih vrst, ki na sušo odreagirajo s pripiranjem listnih rež. V luči klimatskih sprememb in na podlagi naših rezultatov predpostavljamo, da bosta obe vrsti doživljali več daljših obdobjev sušnih razmer in da se bo v primeru nadomeščanja gozda črnega bora s hrasti pretok Rižane še naprej zmanjševal. Za potrditev te domneve bi bile potrebne meritve dejanske porabe vode, v odvisnosti od gostote in razvojne faze gozda obeh vrst.

Ključne besede:

dendroklimatologija, klimatski signal, širine branik, vodozbirno območje, poraba vode, gozd.

1. Uvod

Drevesa imajo na vodni cikel mnogo pozitivnih učinkov ^{1,2}. Zmanjšujejo in uravnavajo površinski odtok padavinske vode ³ in s tem zmanjšujejo njeno erozijsko moč, s koreninskim sistemom mehansko vežejo in utrjujejo preperino, ki močno vpliva na absorpcijsko sposobnost tal, poleg tega preprečujejo plazenje tal ipd. Brez gozda torej ne gre, saj je nujen za varovanje tal. A obstoj gozda na določeni površini ima vpliv na vodni cikel, saj drevesa vodo tudi porabljajo. Prvi stik z vodo imajo drevesa že ob padavinah. Na splošno velja, da zaradi prestrežanja s strani dreves več kot četrtina padavin izhlapi v ozračje že med ali neposredno po padavinah ^{4,5}. Količina prestreženih padavin je odvisna od intenzitete in količin padavin, tipa drevesne vrste (iglavci, listavci) ter letnega časa oziroma od tega, ali gre za čas, ko so listavci olistani ali ne. Od količine padavin, ki dospe do tal, pa se določen delež porabi za rast in funkcioniranje dreves. Koliko vode drevesa porabijo, je med drugim odvisno od drevesne vrste, starosti in strukture gozda ⁶, rastne sezone, reliefnih značilnosti ter načina gospodarjenja

z gozdom ⁷. Končni račun za vodozbirno območje je preprost. Večja ko bo poraba vode s strani gozda, manj je bo odteklo oz. poniknilo in manjša bo končna količina razpoložljive pitne vode ⁸. Zaradi rasti dreves in zaraščanja krajine z gozdom ter sprememb v klimi (višje temperature zraka, večje število sončnih dni, manj padavin) se pretoki rek že značilno zmanjšujejo ⁹. V območjih, kjer je vode na pretek, je količina porabljene vode s strani gozdne vegetacije zanemarljiva, a na nekaterih območjih ima gozd že poudarjen vpliv na pretok rek, kot na primer v dolini Dragonje ¹⁰ in vodozbirnem območju koprskega vodovoda ¹¹. Vprašanje, ki si ga avtorja postavlja, je, ali lahko z izbiro drevesnih vrst, rastočih na vodozbirnem območju, vplivamo na končno količino pitne vode, predvsem v poletnem pomanjkanju. Drevesa se namreč na sušo odzovejo različno. Nekatera znižajo potrebo po vodi in zaprejo listne reže, druge pa povečajo podtlak v listih in okrepijo črpanje vode iz tal.

1.1 Preučevano območje

Reka Rižana je skupaj z zaledjem v kraških vodonosnikih ¹² pomemben vir pitne vode za Obalo. Gozdarska stroka opozarja, da gozda zaradi porabe vode ne smemo preprosto izkrciti, saj s preprečevanjem erozije tal skrbi za kvaliteto vodo in uravnava vrhunce ekstremnih padavin. Na splošno se gospodarjenje z gozdom prilagaja na način, da gozdni sestoj optimalno opravlja vodno funkcijo, kar je še posebno pomembno na območjih, kjer je v prihodnosti pričakovati kritično preskrbo z vodo. Osnove za ustrezno gojitveno obravnavo dobimo s preučevanjem kompleksnega odnosa med drevesom, sestojem, tlemi in vodo. Ker pa se stanje oziroma razmerja med gozdom in travišči, med drevesnimi vrstami in med drevesnimi fazami dinamično spreminjajo, so raziskave na temo porabe vode s strani gozda več kot nujne.

1.2 Prevladujoči vrsti

V konkretni raziskavi smo se osredotočili na najbolj pogoste tvornike sestojev na Krasu – črni bor (*Pinus nigra* Arnold) in hraste, od katerih prevladuje graden (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). Med vrstama je pomembna razlika v strategiji odziva na sušo. Hrast troši več vode in dalj časa vzdržuje oskrbo listnega aparata z vodo, zato ga štejemo med hidrolabilne vrste ¹³. Na drugi strani bor ob zmanjšanju talne vlažnosti hitreje zapre reže, kar ga uvršča med hidrostabilne vrste, saj je sposoben vzdrževati ugodno vodno bilanco ¹⁴. Poenostavljeno gledano je poraba vode s strani dreves odvisna od količine razpoložljive talne vode, ki ostane v tleh po padavinah. To vodo drevesa počrpajo in deloma skladiščijo v koreninah, deblih in vejah dreves ¹⁵. Nekateri avtorji to vodo označujejo kot zelena voda ¹⁶. Prek naštetih delov dreves voda potuje oziroma se črpa v liste za potrebe fotosinteze oziroma za rast.

A odgovor na preprosto vprašanje, ali lahko z izborom drevesne vrste vplivamo na količino pitne vode, ni preprost. Prvi korak v vrsti analiz in meritev je poznavanje odziva rasti drevesne vrste na razpoložljivo količino vode. Za začetek smo tako preučili:

- kako se debelinska rast črnega bora in hrasta odziva na količino razpoložljive vode,
- kakšna je stabilnost odziva skozi čas.

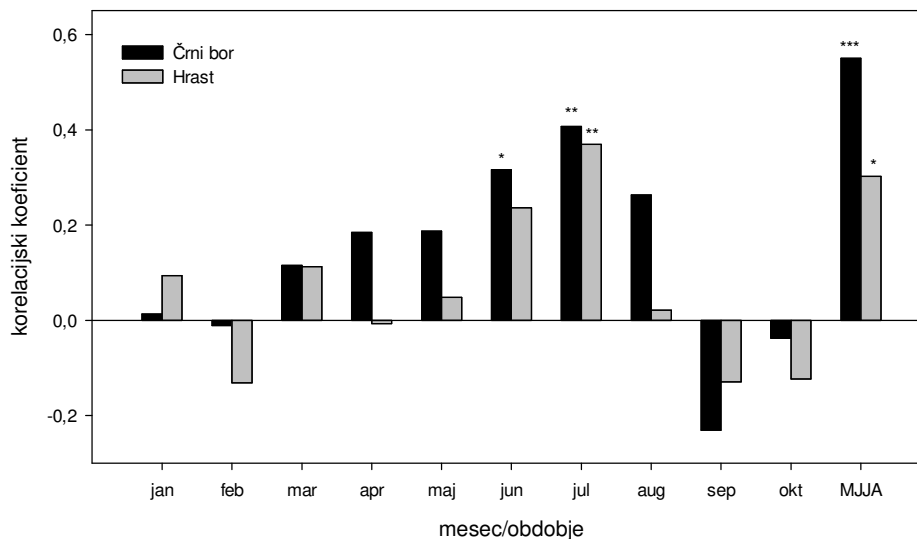
2. Material in metode

Vpliv količine talne vode na debelinsko rast črnega bora smo preučili z dendroklimatološkimi metodami ¹⁷. Te vključujejo izbor rastišča, primerne raziskovalnemu vprašanju, vzorčenje debelinske rasti s prirastoslovnim svedrom, laboratorijska priprava vzorcev ter merjenje širin branik ¹⁸ in njihovo primerjavo s klimatskimi parametri. Za analizo smo izbrali sestoje črnega bora in hrasta z vodozbirnega območja reke Rižane. Sestoji ležijo v bližini vasi Slope (Artiže), Slivje (Loče), Skandaščina, Črnotiče, Hrpelje in Podgorje ter na Kojniku, kjer smo vzorčili samo črni bor ¹⁹. Na omenjenih lokacijah je rast dreves zaradi plitvih tal na apnencu (izjema sta lokaciji Artiže in Loče) pričakovano odvisna od razpoložljive količine vode v tleh, brez vpliva podtalnice. Izbranim drevesom smo s prirastoslovnim svedrom in dodatnim nastavkom

²⁰ odvzeli po dva vzorca debelinske rasti od lubja do stržena. Širine branik so bile nato v dendrokronološkem laboratoriju Gozdarskega inštituta Slovenije izmerjene na stotinko milimetra natančno. Za izračun mesečnih vrednosti količin razpoložljive vode smo upoštevali podatke o padavinah ²¹ ter pretoku Rižane na merilni postaji Kubed. Ob upoštevanju velikosti zlivnega območja Rižane ¹² smo najprej izračunali, koliko padavin [mm] pade na celotno območje v mesecu dni. Nato smo to količino pretvorili v kubične metre in podelili s številom sekund povprečnega meseca. Ta vrednost je ponazarjala najvišji možni pretok. Razlika med najvišjim možnim pretokom reke in izmerjenim ponazarja količino vode, ki je bodisi izparela ob prestrežanju padavin bodisi ostala v ekosistemu. Količino prestreženih padavin smo v tem primeru zanemarili. Za izračun klimatskega signala smo uporabili Pearsonov koeficient korelacije med spremenljivkama širina branike in mesečna vrednost razpoložljive talne vode. Korelacija je bila računana za celotno obdobje arhivskih podatkov vremena, kakor tudi po posameznih obdobjih (okno 31 let) s pomočjo t. i. drseče korelacije.

3. Rezultati

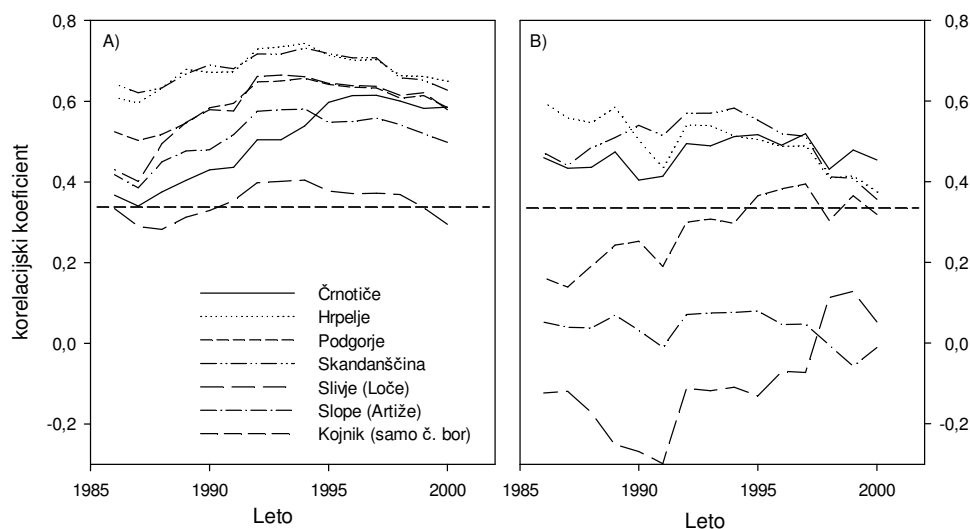
Ugotovili smo, da je debelinska rast črnega bora najmočneje povezana s povprečno količino razpoložljive vode od maja do avgusta ($r=0,55$, $n=46$, $p<0,001$). Izmed posameznih mesecev se statistično značilno razlikujeta junij in julij, medtem ko je avgust tik pod mejo značilnosti (slika 1). Po pomembnosti v rastni dobi si sledita april in maj, torej čas z začetka rastne dobe. Nižje korelacijske koeficiente smo dobili za hrast. V nasprotju z iglavci hrast ob odganjanju novih poganjkov in začetku debelinske rasti nima vzpostavljenega listnega aparata, od koder bi črpal hranila in energijo za rast. Zato za nastanek ranega lesa porablja hranila, nakopičena v predhodni rastni sezoni. Temu pričajo tudi slabše korelacije med širino branike ter razpoložljivo vodo v aprilu in maju. Pomembnejša meseca za hrast sta junij in julij ter, podobno kot pri črnem boru, a z nižjimi vrednostmi, tudi vrednosti za celotno sezono – maj do avgusta (slika 1).



Slika 16: Korelacijski koeficienti med izračunano količino zelene vode in širino branik črnega bora (*P. nigra* Arnold) in vrste hrast (*Quercus* sp.). Značilna korelacija je označena z zvezdicami (ena zvezdica; $p<0,05$, $n=46$), dve ($p<0,01$, $n=46$) in tri zvezdice ($p<0,001$, $n=46$). MJJA ponazarja skupno obdobje od maja do avgusta.

Ko analiziramo klimatski signal v branikah, ni pomembna samo jakost tega signala, marveč tudi časovna stabilnost. Drseča korelacija z oknom dolžine 31 let in korakom po eno leto je pokazala, da obstaja nekaj variabilnosti v stabilnosti signala (slika 2). Medtem ko ima črni bor z vseh lokacij značilen klimatski signal skozi celotno preučevano obdobje (1966-2011), je slika

drugačna pri hrastu. Vrednosti drsečih korelacij so nižje, a še vedno značilne, z izjemo dreves, rastočih na flišni podlagi v bližini Artiž in Loč, kjer je vpliv vode neznačilen, ter lokacije Podgorje, kjer je rast značilno odvisna v drugi polovici preučevane dobe (slika 2B).



Slika 2: Drseče vrednosti 31-letnih korelacijskih koeficientov med izračunano količino zelene vode in širino branik A) črnega bora (*P. nigra* Arnold) in B) hrasta s posameznih lokacij. Vodoravna črtkana linija ponazarja mejo značilne korelacije ($p < 0,001$, $n = 31$).

4. Razprava

Na vseh lokacijah črnega bora se je količina vode v obdobju maj-avgust izkazala za dejavnik, ki ključno vpliva na rast črnega bora. April in maj, iz časa začetka rastne sezone, še nista značilna po korelaciji, najverjetneje zato, ker je v tem času zadostna količina vlage v tleh in voda ni omejujoč dejavnik. Posamezno sta najbolj pomembna meseca junij in julij, torej na vrhuncu sušnega stresa, ko tudi beležimo pomanjkanje pitne vode. Nižje korelacije med razpoložljivo vodo v aprilu in maju ter širino branik obeh vrst, še posebej pa hrasta, bi morebiti lahko izboljšali, če bi dodatno izmerili parametra širine ranega in kasnega lesa. Vrednosti korelacijskega koeficienta med izračunano razpoložljivo količino vode in širino branik bi morebiti še izboljšali z upoštevanjem količin prestreženih padavin v rastni dobi.

Kot ena izmed možnih razlag za razlike v korelaciji je v različnem odzivu bora in hrasta na pomanjkanje vode. Bor bolje nadzira odprtost listnih rež in s tem porabo vode. Ob pomanjkanju vode bo prvi zavrl fotosintezo, kar hkrati zavira tudi debelinsko rast. V primeru začetka suše, ko bor že aktivira fiziološke mehanizme prilagajanja na sušo, hrast ²² nadaljuje s črpanjem vlage iz tal, kar se lahko pozna pri slabših koeficientih korelacije med koeficientom vlažnosti tal in debelinsko rastjo. Za dokončno potrditev rezultatov raziskave bi potrebovali meritve pretoka vode po steblih dreves obeh vrst z istega rastišča, raziskavo pa bi lahko razširili še na dejavnik gostote sestojev in velikosti dreves.

Dosedanji rezultati raziskave kažejo, da so klimatski dejavniki ključni za rast sestojev na analiziranem območju. Še posebej razpoložljiva voda je najbolj omejujoč dejavnik rasti dreves raziskanega območja. Predvsem to velja za črni bor, pri katerem je časovna stabilnost signala na vseh lokacijah stabilna in značilna ($p < 0,001$, $n = 31$). Pri hrastu pa lokaciji Artiže in Loče nimata značilnega signala, verjetno zato, ker lokaciji ležita na flišu in kjer je razpoložljive vode v tleh več, predvsem pa se dalj časa zadržuje v tleh kot v plitkih tleh na karbonatni podlagi.

5. Zaključki

Črni bor se bolj odziva na razpoložljivo vodo kot hrast. Merjenje samo širine branike zadošča za analizo klimatskega signala črnega bora, pri hrastu pa bi povezavo med količino razpoložljive vode ter debelinsko rastjo mogoče še izboljšali z ločenim merjenjem širin ranega in kasnega lesa. Klimatski signal je časovno stabilen pri obeh vrstah, razen pri hrastih z lokacij, kjer prevladuje fliš kot matična podlaga. Za bolj zanesljivo napoved porabe vode preučevanih drevesnih vrst se predlaga merjenje pretoka vode po stebelu.

6. Zahvala

Avtorja se zahvalujeta programski skupini (P4-0107 Gozdna biologija, ekologija in tehnologija), projektoma J4-5519 »Uporaba paleoklimatskih podatkov za izboljševanje napovedovanja suše na Z Balkanu« in J4-7203 »Kratkoročni in dolgoročni odzivi hrastov v submediteranu na ekstremne vremenske dogodke s pomočjo drevesno-anatomskih analiz in eko-fizioloških meritev«, financirano s strani Javne agencije za raziskovalno dejavnost R Slovenije. Simon Poljanšek se zahvaljuje tudi Slovenski znanstveni fundaciji in Svetovni federaciji znanstvenikov (World Federation of Scientists) za prepoznano idejo ter podeljeno stipendijo.

7. Viri

- [1] ANKO, B ur., 1994. Gozd in voda : zbornik seminarja: Poljče, 11. - 13. oktober 1994. 1994. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo.
- [2] VILHAR, U. IN SIMONCIC, P., 2005. Gozd in voda: brez gozda ni kakovostne vode. *Gea*, 68-69.
- [3] ŠRAJ, M., BRILLY, M. IN MIKOŠ, M., 2008. Rainfall interception by two deciduous Mediterranean forests of contrasting stature in Slovenia. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148, 121-134.
- [4] RASPOR, K., BRILLY, M. IN ŠRAJ, M., 2006. Gozdni hidroloski krog s poudarkom na transpiraciji: seminarška naloga. [K. Raspor].
- [5] ZORN, M., 2008. Erozijski procesi v slovenski Istri. (*Geografija Slovenije*, 18). Ljubljana :Založba ZRC
- [6] VILHAR, U., 2006. Vodna bilanca dinarskega jelovo-bukovega gozda v Kočevskem Rogu: doktorska disertacija. (Univerza v Ljubljani). Ljubljana : samozal.
- [7] VILHAR, U., 2009. Vpliv gospodarjenja na vodno bilanco jelovo-bukovih gozdov dinarskega krasi = Influence of management on water balance of the silver fir-beech forests in the Dinaric karst. *Gozdarski inštitut Slovenije*, Založba Silva Slovenica, Ljubljana.
- [8] KESTNAR, K., 2014. Vpliv gozda na odtok z dveh eksperimentalnih porečij na Pohorju: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani). Ljubljana : samozal.
- [9] JURKO, M., 2009. Statistična analiza trendov značilnih pretokov slovenskih rek: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani). Ljubljana, samozal.
- [10] ŠRAJ, M. IN BRILLY, M., 2012. Vpliv gozda na vodno bilanco. V: *Zbornik prispevkov : prvi kongres o vodah*. Ljubljana : Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 290-298.
- [11] BRILLY, M., KOMPARE, B., KRYZANOWSKI, A. IN RUSJAN, S., 2008. Ureditve oskrbe prebivalstva s pitno vodo slovenske Istre in zalednega kraskega območja. V: *Zbornik referatov: 19. Mišičev vodarski dan 2008* Maribor : Vodnogospodarski biro, 184-195.
- [12] JANŽA, M., 2010. Hydrological modeling in the karst area, Rižana spring catchment, Slovenia. *Environmental earth Science*, 61, 909-920.
- [13] BARNS, F., 1996. Leaf gas exchange and carbon isotope composition responses to drought in a drought-avoiding (*Pinus pinaster*) and a drought-tolerant (*Quercus petraea*) species under present and elevated atmospheric CO₂ concentrations. *Plant, Cell and Environment*, 19, 182-190.

- [14] FORNER, A., ARANDA, I., GRANIER, A. IN VALLADARES, F., 2014. Differential impact of the most extreme drought event over the last half century on growth and sap flow in two coexisting Mediterranean trees. *Plant Ecology*, 215, 703-719.
- [15] BORCHERT, R., 1994. Electric resistance as a measure of tree water status during seasonal drought in a tropical dry forest in Costa Rica. *Tree Physiology*, 14, 299-312.
- [16] FALKENMARK, M. IN ROCKSTRÖM, J., 2006. The new blue and green water paradigm: Breaking new ground for water resources planning and management. *Journal of water resources planning and management*, 132, 129-132.
- [17] FRITTS, H. C. IN SWETNAM, T. W., 1998. Dendroecology: A tool for evaluating variations in past and present forest environments. *Advances in ecological research*. BEGON, M., FITTER, A. H., FORD, E. D., IN MACFADYEN A., (ur.) (19), 111-154.
- [18] LEVANIČ, T., 2007. ATRICS - a new system for image acquisition in dendrochronology. *Tree-Ring Research*, 63, 117-122.
- [19] POLJANŠEK, S. IN LEVANIČ, T., 2012. Parametri branik dreves *Pinus nigra* (Arnold) in njihov klimatski signal. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 98, 15-25.
- [20] POLJANŠEK, S. IN LEVANIČ, T., 2014. Increment borer accessory = Pripomoček pri prirastnem svedru. Evropski patent, EP2695690 (A1).
- [21] Meteo.si. (2015). Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje. Available from: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/> [dostop 12. november 2016]
- [22] ČATER, M., 2010. Osmotic component of water potential and stress adaptation of adult Pedunculate oaks (*Quercus robur* L.) in stands with different tree density. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 92, 33-38.

TRENDI TEMPERATUR VODE V SLOVENIJI

Andrej Draksler¹, dr. Peter Frantar², Vlado Savič², Gregor Vertačnik²

¹Andrej Draksler, Zgornje Bitnje 14a, 4209 Žabnica, ²Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, 1000 Ljubljana

POVZETEK

Trendi temperature voda so eden izmed kazalcev vpliva podnebnih sprememb na temperaturni režim vode. Analiza trendov temperature voda je bila opravljena na dolgoletnih nizih podatkov vodomernih postaj na površinskih vodah, kamor prištevamo tudi morje, in podzemnih vodah.

Prvi del analize je zajemal pregled podatkov iz mreže vodomernih postaj. Opravljena je bila presoja primernosti postaj in ustreznosti časovnih vrst podatkovnih nizov. Izbranih je bilo 66 postaj, od tega 45 na rekah in 2 na jezerih, 18 na podzemnih vodah in 1 na morju. Nadalje je bila izvedena homogenizacija podatkov, ki je nujna za odpravo merskih anomalij in izrednih odstopanj podatkov. Obdobje homogenizacije je bilo 1953–2015 za površinske vode ter 1969–2015 za podzemne vode. Na osnovi homogeniziranih podatkov smo izračunali linearne trende in pripadajočo statistično značilnost trenda za celotno obdobje podatkovnih nizov.

Rezultati analize trendov povprečne letne temperature vode kažejo naraščajoče trende, ki so vsi statistično značilni, kar potrjuje domnevo o vplivu segrevanja ozračja na temperaturo slovenskih voda.

Ključne besede:

temperatura vode, homogenizacija, trendi, podnebne spremembe, povprečna letna temperatura vode

1. Uvod

Podnebne razmere in spremembe podnebnih parametrov se odražajo tudi v temperaturi vode, zato je bilo ob podnebnih spremembah v 20. in začetku 21. stoletja pričakovati spremembe tudi tam. Da lahko zanesljivo ovrednotimo vpliv podnebnih sprememb in izračunamo verodostojne trende temperature vode, potrebujemo čim daljše, polne in reprezentativne podatkovne nize večjega števila vodomernih postaj na površinskih in podzemnih vodah. Izbor reprezentativnih postaj, pripravo in homogenizacijo podatkovnih nizov ter analizo trendov temperature vode smo na Agenciji RS za okolje izvedli v okviru projekta Ocena podnebnih sprememb do konca 21. stoletja.

Homogenizacija je postopek, pri katerem s statističnimi metodami iz podatkovnih nizov odpravimo tisti del izmerjenih vrednosti, ki ni odraz podnebnih (hidroloških) značilnosti: morebitne merske napake, način merjenja, spremembe v okolici postaj, morfološke spremembe vodotokov, prelomi v nizih, ki so posledica izrednih dogodkov na merilnih postajah (npr. sprememba lokacije postaje, drug opazovalec, menjava termometra ...). S homogenizacijo želimo doseči, da podatkovni niz odraža dejansko podnebno spremenljivost (Vertačnik et al., 2015). Homogenizirane podatkovne nize vodomernih postaj smo uporabili za izračun dolgoletnih linearnih trendov temperatur vode in nato ocenili vpliv podnebnih sprememb na temperaturo vode v Sloveniji.

2. Priprava podatkov

Postopek homogenizacije smo izvedli s programom HOMER, ki je bil razvit v okviru projekta COST-ES0601 v obdobju 2007–2011 in združuje več različnih homogenizacijskih metod, uporabljen pa je bil že pri homogenizaciji podnebnih podatkov za Slovenijo (Vertačnik et al., 2015; HOMER, 2016). Za uspešno izvedbo homogenizacije podatkovnih nizov smo izvedli selekcijo vodomernih postaj na podlagi naslednjih kriterijev:

- vodomerna postaja ima vsaj 20 let meritev temperature vode. Zaporedni niz meritev ni potreben;
- 20-letno obdobje mora imeti polne neprekinjene meritve temperature za posamezno leto;
- HOMER izvaja homogenizacijo na podlagi medsebojnih primerjav vodomernih postaj, zato se morajo obsegi podatkovnih nizov postaj ujemati. Za prvo leto v podatkovnih nizih za homogenizacijo smo izbrali tisto leto, ki ga vsebujejo podatkovni nizi vsaj petih vodomernih postaj;
- za površinske vode smo izbrali obdobje 1953–2015;
- za podzemne vode smo izbrali obdobje 1969–2015.

Začetni seznam vseh vodomernih postaj, kjer se spremlja temperaturo vode, je obsegal 161 postaj na površinskih vodah, od katerih jih je 5 na morju ter 5 na jezerih, in 243 postaj na podzemnih vodah.

Po opravljenem pregledu podatkov smo za izvedbo homogenizacije naredili naslednji nabor:

- 47 vodomernih postaj na rekah in jezerih, ki so enakomerno razporejene po porečjih Slovenije;
- 18 vodomernih postaj na podzemnih vodah, ki se nahajajo na Brežiškem, Krškem, Prekmurskem, Murskem polju ter na Ljubljanskem barju;
- 1 vodomerno postajo na morju (Koper - kapitanija).

Po pridobitvi vseh podatkov o temperaturi vode na izbranih postajah smo pripravili podatkovne nize za homogenizacijo. Homogenizacija je bila izvedena na mesečni ravni, zato smo iz nizov dnevnih podatkov izračunali povprečne mesečne vrednosti temperature vode. Pri tem smo pri postajah na površinskih vodah izračunali povprečne mesečne vrednosti temperature za tiste mesece, ki so imeli podatke o temperaturi za vsaj 90 % dni v mesecu. Mesece, ki tega pogoja niso dosegli, smo obravnavali kot manjkajoče podatke. Pri podzemnih vodah smo zaradi manjših temperaturnih nihanj ter manjše pogostosti rednih meritev izračunali povprečno mesečno temperaturo tudi za mesece, ki so imeli manj podatkov. Podatkovne nize nekaterih vodomernih postaj smo združili, da smo dobili en niz za daljše časovno obdobje.

Za kvalitetno homogenizacijo so pomembni metapodatki izbranih vodomernih postaj, na podlagi katerih lahko z večjo zanesljivostjo potrdimo prelome v podatkovnih nizih. Pripravili smo seznam metapodatkov za posamezno postajo: koordinate merilne postaje, lokacija postaje glede na del vodotoka/območje podzemne vode, vrste merjenja, merilni instrumenti, prekinitev merjenja, spremembe lokacij postaj in drugi zabeleženi dogodki.

Pred začetkom homogenizacije smo v programu HOMER izvedli ponovno kontrolo podatkovnih nizov. Pri tem smo ugotovili slabšo kakovost podatkov v preteklih obdobjih na nekaterih vodomernih postajah. Zato smo izstopajoče vrednosti še dodatno preverili, bodisi v metapodatkih ali pa s primerjavo vrednosti primerljivih postaj v teh obdobjih. Slabe podatke smo nato odstranili.

3. Homogenizacija

Homogenizacijo v programu HOMER smo izvedli z različnimi homogenizacijskimi metodami v več krogih, da smo odpravili bolj in manj izrazite prelome v podatkovnih nizih. Najprej smo na podlagi grafičnega prikaza izračuna predlaganih prelomov z metodo po parih nizov (pairwise detection) določili potencialne prelome v časovnih vrstah. V naslednjem koraku smo zagnali opcijo metode sočasne delitve nizov (joint detection). Na podlagi izbranih potencialnih prelomov iz metode po parih nizov in prelomov, ki jih je predlagal HOMER v metodi sočasne delitve nizov, smo potrdili izbrane prelome. Hkrati smo v metapodatkih preverili morebitne zabeležene dogodke, ki bi lahko bili razlog za prelom v časovni vrsti in prelomom, potrjenim z metapodatki, določili točen datum. Sledila je korekcija podatkovnih nizov, ki jo je HOMER izvedel na podlagi potrjenih prelomov, obenem pa z interpolacijo zapolnil tudi manjkajoče vrednosti v podatkovnih nizih. Celoten postopek smo nato ponovili v nadaljnjih krogih. Po opravljeni homogenizaciji z metodama po parih nizov in sočasne delitve nizov smo zagnali metodo ACMANT, ki zazna prelome v podatkovnem nizu na podlagi sprememb v letnih vrednostih in sezonskih hodih temperature. Na ta način smo zaznali še nekaj dodatnih prelomov. Ob koncu smo uporabili še opcijo Assess Month of change, s katero smo določili najverjetnejši mesec spremembe za tiste statistično značilne prelome, ki jih nismo mogli potrditi z metapodatki.

Pri površinskih vodah smo kombinirali dva načina izbora primerjalnih postaj: medsebojno korelacijo in geografsko oddaljenost. Pri podzemnih vodah smo medsebojno primerjali vse izbrane vodomerne postaje.

Rezultat homogenizacije izbranih vodomernih postaj površinskih in podzemnih voda so popravljeni in dopolnjeni podatkovni nizi za celotno obdobje: 1953–2015 za površinske vode in 1969–2015 za podzemne vode.

Tabela 1 Število krogov homogenizacije in število potrjenih prelomov na vodomernih postajah

	Število homogeniziranih podatkovnih nizov - postaj	Število potrjenih prelomov	Število prelomov, potrjenih z metapodatki	Število krogov metode po parih nizov	Število krogov metode sočasne delitve nizov	Število krogov metode ACMANT
Reke in jezera	47	108	19	7	6	1
Podzemne vode	18	23	2	5	4	1
Morje	1	3	1	7	6	1

4. Trendi temperatur vode

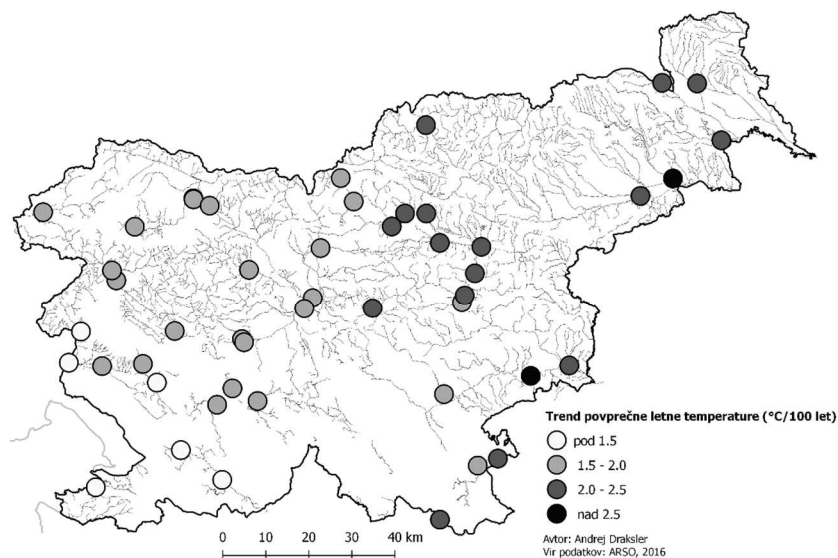
Homogenizirani podatkovni nizi kažejo realnejšo sliko poteka temperaturnih sprememb in trendov v obravnavanem časovnem obdobju. Program HOMER vsebuje orodje Visualisation, s katerim smo izračunali linearne trende in njihovo statistično značilnost za vsako vodomerno postajo. Linearni trend je bil izračunan za letna povprečja ter sezonske vrednosti, prikazuje pa preračun trenda spremembe temperature vode v 100 letih.

Na vseh obravnavanih vodomernih postajah je statistično značilen trend (Kendall test $< 0,05$) rasti temperature vode na letni ravni, na večini postaj je statistično značilen tudi trend po posameznih sezonah. Zaznali pa smo nekatere regionalne in sezonske razlike v jakosti trendov (Agencija RS za okolje, 2016).

4.1 Površinske vode

Za trend povprečne letne temperature na rekah, jezerih in morju v obdobju 1953–2015 je značilno, da jakost narašča od zahoda proti vzhodu Slovenije. Na vodomerni postaji na morju

je trend rasti povprečne letne temperature najnižji in znaša 1,1 °C/100 let. Na rekah se giblje trend povprečne letne temperature med 1,1 °C/100 let za vodomerno postajo Cerkvenikov mlin na Reki in 2,6 °C/100 let za vodomerno postajo Podbočje na Krki.



Slika 1: Trendi povprečne letne temperature na površinskih vodah

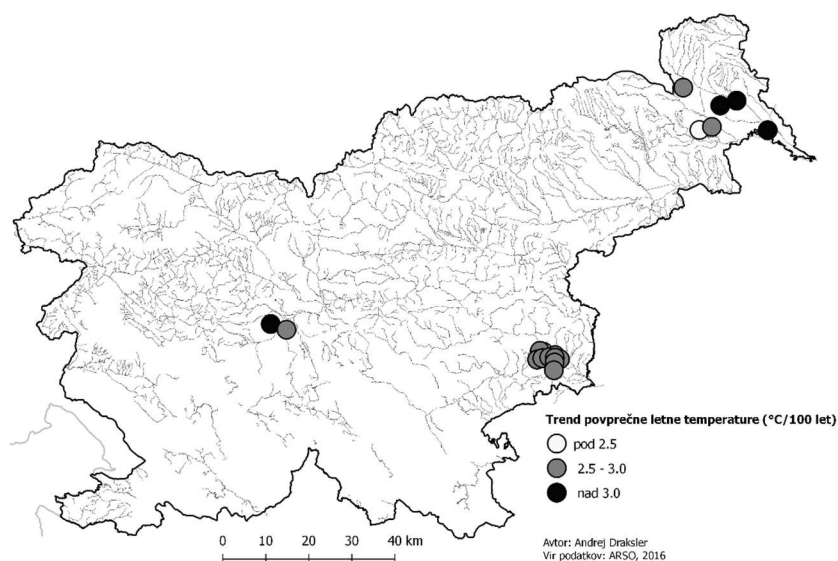
Statistično značilni sezonski trendi v obdobju 1953–2015 kažejo največjo rast temperature površinskih voda v poletnem in pomladnem obdobju, v zimskem in jesenskem obdobju pa je trend nižji. Geografska razporeditev sezonskih trendov je podobna kot pri letnem trendu in narašča v smeri od zahoda proti vzhodu (Agencija RS za okolje, 2016).

Tabela 2 Povprečni trendi temperature vode (°C/100 let) na površinskih vodah

	Letni trend	Trend - zima	Trend - pomlad	Trend - poletje	Trend - jesen
Reke in jezera	1,9	1,6	2,1	2,6	1,4
Morje	1,1	1,3	ní stat. značilen	1,3	1,4

4.2 Podzemne vode

Na vodomernih postajah podzemnih voda znaša dvig povprečne letne temperature podzemne vode 2,8 °C/100 let, izračunan iz obdobja 1969–2015. Rast temperature je v razponu od 2,3 °C/100 let na postaji Ključarovci na Murskem polju do 3,2 °C/100 let na postaji Brezovica na Ljubljanskem barju. Prostorska razporeditev jakosti letnih trendov kaže, da imajo v povprečju postaje na severovzhodu Slovenije (Prekmursko in Mursko polje) nekoliko višji trend (2,9 °C/100 let), kot postaje na Krškem in Brežiškem polju (2,7 °C/100 let). Ljubljansko barje ima povprečni trend dveh obravnavanih postaj 2,9 °C/100 let, ki pa je posledica izredno visokega trenda na vodomerni postaji Brezovica (3,2 °C/100 let). Sosednja postaja na Ljubljanskem barju (Črna vas) beleži precej nižji trend (2,6 °C/100 let).



Slika 2: Trendi povprečne letne temperature na podzemnih vodah

Statistično značilni sezonski trendi vseh postaj kažejo na precej močnejši trend rasti temperature v poletnem in jesenskem obdobju, kot pa v zimskem in pomladnem obdobju (Agencija RS za okolje, 2016).

Tabela 3 Povprečni trendi temperature vode (°C/100 let) na podzemnih vodah

	Letni trend	Trend - zima	Trend - pomlad	Trend - poletje	Trend - jesen
Podzemne vode	2,8	1,9	1,8	3,8	3,9

5. Zaključek

Vsi statistično značilni trendi temperature vode kažejo vpliv podnebnih sprememb in segrevanja ozračja na vode v Sloveniji. Na obravnavanih lokacijah se v povprečju najbolj segrevajo podzemne vode, z letnim trendom 2,8 °C/100 let, reke in jezera imajo nižjo rast za slabo stopinjo, medtem ko je v obravnavanem obdobju najnižjo rast temperature na podlagi linearnega trenda beležila vodomerna postaja na morju z 1,1 °C/100 let. Pri tem dodajamo, da rezultati kažejo na tolikšne razlike med površinskimi in podzemnimi vodami tudi zaradi različnega obdobja izračunanih trendov med površinskimi in podzemnimi vodami. Primerjalna analiza trendov površinskih voda za isto obdobje kot podzemne vode (1969–2015) namreč kaže, da je trend povprečne letne temperature rek in jezer enak trendu na podzemnih vodah (2,8 °C/100 let), nižjo rast pa beleži morje (2 °C/100 let) (Agencija RS za okolje, 2016).

Analiza trendov jasno kaže geografsko razporeditev jakosti trendov, ki naraščajo od zahoda proti vzhodu Slovenije. Ocenjujemo, da so visoki porasti na posameznih postajah na podzemnih vodah delno posledica slabše kakovosti vhodnih nehomogeniziranih podatkov (pogostost in zanesljivost meritev), manjšega števila reprezentativnih vodomernih postaj in krajših podatkovnih nizov v primerjavi s površinskimi vodami. Nedvoumno pa smo s postopkom homogenizacije in analizo trendov ugotovili, da temperatura vode v Sloveniji narašča.

6. Viri

- [1] Agencija RS za okolje, 2016. Poročilo izvedbe 5. sklopa nalog v okviru »Homogenizacije podatkovnih nizov temperatur vode ter analize trendov na površinskih vodah, podzemnih vodah in morju«. Interno poročilo. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje.
- [2] HOMER, 2016. ACTION COST-ES0601, Advances in homogenisation methods of climate series: an integrated approach HOME. www.homogenisation.org [dostop 15. julij 2016]
- [3] Vertačnik, G., Vičar, Z., Bertalanč R., 2015. Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961–2011. 2. Kontrola in homogenizacija podnebnih podatkov. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje.

KORAK K CELOVITEMU LOKALNEMU UPRAVLJANJU Z VODO IN VODNIM PROSTOROM: PRIMER DOBRE PRAKSE V OBČINI LOG - DRAGOMER

Kristina Klemen, univ.dipl.inž.vod. in kom. inž., Marko Fatur, univ. dipl. inž. grad.

LUZ d.d., Verovškova ulica 64, 1000 Ljubljana

POVZETEK

Poplavljanje urbaniziranih območij je v Sloveniji v zadnjih letih ob obilnih padavinah pereč problem in hkrati tudi razvojni izziv. Občina Log - Dragomer se je odločila za oblikovanje celovitega lokalnega programa upravljanja voda, saj njene potrebe, ki se najbolj odražajo prav na lokalni ravni, presegajo obseg varstva pred škodljivim delovanjem voda v načrtih upravljanja z vodami na državni ravni in iz njega izhajajočih ukrepov. Kot rezultat programa je predvidena zasnova predlaganih gradbenih in negradbenih ukrepov, s katerimi se zagotavlja trajnostna raba voda, urbana odvodnja in varstvo pred poplavami. Pristop k urejanju urbane odvodnje v programu temelji na uvajanju takšnih ukrepov, ki posnemajo naravne hidrološke funkcije območja, in tako zmanjšuje posledice, ki jih ima urbanizacija na hidrološki režim prispevnega območja. Pomemben del oblikovanja ukrepov je izobraževanje javnosti in vključevanje ključnih deležnikov. V proces priprave programa so na različne načine vključeni sodelavci občinske uprave in občinskega sveta, javnost in aktivni prebivalci lokalne skupnosti ter pristojni za upravljanje voda na državni ravni.

Ključne besede:

upravljanje padavinske vode v naseljih, sonaravni ukrepi, prostorski podatki, vključitev zainteresiranih strani in javnosti

1. Uvod

V zadnjih letih smo bili v Sloveniji večkrat priča obilnim padavinam, ki so povzročile obsežno poplavljanje - tudi gosto poseljenih območij. Pri tem so prišle do izraza vse pomanjkljivosti sistema upravljanja voda, ki se izražajo predvsem v nedorečenosti sistema upravljanja in odločanja, pomanjkljivem vzdrževanju vodotokov na državni ravni ter širitvi poselitvenih območij na poplavne oz. razlivne površine.

V preteklosti je urbani razvoj bistveno vplival na vodni in obvodni prostor. Naravno kroženje vode, ki predstavlja neprekinjeno zaporedje izhlapevanja, kondenzacije, padanja padavin in odtekanja, brez vpliva človeka deluje v popolnem ravnovesju. Z urbanizacijo in posledično tlakovanjem tal pa se prekinja hidrološki cikel. Tako naravno ponikanje vode v tla nadomešča hipni (in količinsko večji) odtok po površju utrjenih površin do vodotoka (Slika 1). Kombinacija zmanjšanja površin (prostora) potrebnega za vodo zato skupaj s pospešenim odtokom padavinske vode povzroča probleme s poplavljanjem. Stanje se v luči globalnih podnebnih sprememb samo še poslabšuje, saj število izjemnih vremenskih dogodkov narašča [1], sposobnost okolja za blaženje teh dogodkov pa se, navkljub uveljavljenim smernicam stroke, s poselitvijo in ožanjem vodnega prostora zmanjšuje.



Slika 17 Naravno kroženje vode in kroženje vode v naseljih

Zato je pomembno, da se rabo vode, varnost pred poplavljanjem ter odvajanje padavinske vode z urbanih površin (urbana odvodnja) skrbno načrtuje in celostno upravlja. Zaradi fizično geografske raznolikosti razmer in potreb na področju upravljanja voda je nujno treba prilagoditi ukrepe lokalnim razmeram in potrebam. Ker je učinkovit sistem upravljanja voda eden od najpomembnejših ciljev lokalne skupnosti, mora ta izhajati iz lokalnih potreb, problemov in značilnosti lokalnega okolja.

Izraz celovito upravljanje vode in vodnega prostora se nanaša na celovito upravljanje vseh sestavnih delov kroženja vode znotraj porečja [2]. V urbanem kontekstu to pomeni, da je združeno upravljanje oskrbe s pitno vodo, podzemne, odpadne in padavinske vode [3], ter hkrati upošteva naloge in medsebojno delovanje različnih ustanov, ki so vključene v upravljanje vode v naseljih [4]. Načela, na katerih temelji celovit pristop k upravljanju vode in vodnega prostora, se med različnimi avtorji rahlo razlikujejo, vendar v splošnem sledijo opredelitvi Mitchell-a [5]: »1) upoštevajo vse sestavne dele vodnega kroga, naravne in grajene, na površju in pod površjem, ter jih prepoznavajo kot povezan sistem, 2) upoštevajo vse antropogene in ekološke zahteve vode, 3) upoštevajo lokalni kontekst, ki ga predstavljajo okoljske, socialne, kulturne in ekonomske perspective, ter 4) prizadevajo si za trajnostnost s ciljem uravnotežiti okoljske, družbene ter ekonomske potrebe – kratkoročno, srednjeročno in dolgoročno.« Barbosa [6] pri trajnostnem upravljanju padavinske vode poudarja, da mora ta biti prožen in multidisciplinaren, ter mora poleg drugih upoštevati zakonodajo, ekonomske, družbene ter okoljske vidike. Ukrepi, ki izhajajo iz trajnostnega upravljanja padavinske vode morajo biti prepoznani kot priložnost za razvoj ter izboljšanje družbenih, izobraževalnih in okoljskih razmer v naseljih in okrog njih; zato zahteva širok zorni kot in sodelovanje različnih zainteresiranih strani [6].

Tako so osnovna načela celovitega upravljanja z vodo načela trajnosti, vključenosti ter usklajenosti v teritorialnem in sektorskem smislu. Z načelom trajnosti sledimo predvsem trajnostnemu razvoju, ki poudarja vrnitev k naravnim izhodiščem rabe in urejanja voda ter stremi k ravnotežju med družbenimi, gospodarskimi in okoljskimi koristmi. Z načeli vključenosti in usklajenosti pa zagotovimo skladno obravnavo vseh vodnih teles na obravnavanem območju z vidika: - ekoloških in količinskih značilnosti voda, - vodne in obvodne narave vidika vira pitne vode in vode kot vira za različne dejavnosti.

2. Pristop pri oblikovanju programa celovitega upravljanja voda v občini Log - Dragomer

Občina Log - Dragomer se je odločila za oblikovanje celovitega lokalnega programa upravljanja voda, ker njene potrebe presegajo obseg varstva pred škodljivim delovanjem voda v načrtih upravljanja z vodami na državnem nivoju in iz njega izhajajočih ukrepov. Na podlagi rezultatov poplavne študije in opozoril občanov se je lokalna skupnost zavzela, da skupaj stopijo v proces priprave programskega dokumenta, ki bo podal izhodišča za soočanje s problematiko upravljanja z vodo in za izvajanje ukrepov v pristojnosti lokalne skupnosti ter hkrati tudi dokument za usklajevanje nalog in pristojnosti z državno ravno upravljanja z vodo. Skladno z dejstvom, da je za upravljanje z vodo pristojna država z načrti upravljanja povodij, se program za celovito upravljanje z vodo osredotoča na lokalno (mikro) raven in svoje, občinske pristojnosti.

Osnovni cilj celovitega upravljanja z vodo v občini je zmanjševanje količine in onesnaženosti ter zadrževanje (zakasnjevanje) odtoka površinske in padavinske vode prek obsežnega nabora trajnostnih ukrepov, ki omogočajo varčevanje z vodo kot virom, preprečujejo hipni odtok padavinske vode in zagotovijo varnost pred poplavljanjem poseljenih območij na naslednje načine:

- s ponikanjem oziroma infiltracijo, pri čemer se s pronicanjem vode skozi prst spodbuja obnovo podzemne vode,
- s shranjevanjem oziroma retenzijo, s čimer se padavinsko vodo skladišči za ponovno uporabo ali kasnejšo infiltracijo oziroma izhlapevanje,
- z zadrževanjem oziroma detencijo, kjer se z začasnim zadrževanjem zmanjša poplavljanje vzdolž toka,
- s prenosom oziroma transportom, s čimer se vodo varno odvede z mesta, kamor pade, do mesta, kjer je zadržana oziroma skladiščena,
- s prečiščevanjem oziroma filtracijo, s čimer se zmanjša morebitno onesnaženje padavinske vode.

Ukrepi, izhajajoči iz dokumenta celovitega upravljanja z vodo, so namenjeni izvajanju na več ravneh - od posameznika oziroma posameznega objekta, prek ulice oziroma soseske do območja celotne občine s potencialnim vplivom prek meja občine. Uspešnost ukrepov na lokalni ravni pa bo v veliki meri vezana na predhodne postopke izobraževanja javnosti in vključevanja vseh deležnikov oziroma udeležencev v postopke priprave dokumenta.

Oblikovanje programa je še v teku in ni še zaključeno, narejena pa sta že dva ključna koraka, ki sta bila med seboj tesno povezana: dopolnitev evidenc prostorskih podatkov ter vključevanje zainteresiranih strani in javnosti že od samega začetka postopka priprave programa.

2.1 Dopolnitev evidenc prostorskih podatkov

Izhodišče pri izdelavi dokumenta je bil pregled rabe vode, stanja vodnih teles, odvodnje padavinskih vod iz naselij, poplavne ogroženosti ter že načrtovanih investicij in ukrepov na področju voda (Slika 2).



Slika 18 Primera stanja vodnih teles v občini Log – Dragomer: betonski zadrževalnik v obliki korita na Snežaku; melioracijski jarek v naselju (foto Kristina Klemen)

Občina Log - Dragomer je reliefno razdeljena na dva, medsebojno različna dela: zaledni hriboviti del na severnem obrobju občine ter dolinski, ravninski del v zatrepu ljubljanskega barja. V hribovitem zaledju se nahaja vrsta manjših izvirov vode in potokov, ki so zaradi reliefa ob ekstremnih vremenskih dogodkih izrazito hudourniškega značaja. Pri prečkanju bližnjih poselitvenih območij so ti vodotoki v veliki meri zamejeni, zacevljeni, pokriti ali prestavljeni. Pri prehodu v ravninski del se voda delno razlije in povzroči nekatere poplave dela ravninskega območja, nato pa se prek odvodnikov - večinoma barjanskih (melioracijskih in obcestnih) jarkov preko regionalne ceste ter avtoceste - odvaja v smeri proti barju. V obdobju širitve poselitvenih območij v občini je bilo v površinska vodna telesa izvedenih veliko nenadzorovanih posegov s strani prebivalcev. Ti posegi so bili izvedeni tako na zemljiščih v zasebni lasti kot na vodnem javnem dobrem. Posebej za posege na zemljiščih v zasebni lasti velja, da niso nikjer dokumentirani. Obstoječi podatki hidrografije površinskih vodotokov, ki jih vodi upravljalec na nivoju države, so zato zelo pomanjkljivi ter ponekod napačni in zavajajoči.

Tako se je za oblikovanja celovitega upravljanja vode in vodnega prostora v občini Log-Dragomer izkazala nujna potreba zbrati, pregledati in dopolniti oz. popraviti prostorske in tehnične podatke o infrastrukturi, ki služi upravljanju vode v občini: vodotoki, vodna infrastruktura ter obstoječa in načrtovana infrastruktura za odvajanje odpadnih padavinskih in komunalnih voda.

Za dopolnitev evidenc prostorskih in tehničnih podatkov je bil pripravljen zbirni kataster vodotokov, vodne infrastrukture ter infrastrukture za odvajanje odpadnih padavinskih in komunalnih voda [7]. Za izdelavo zbirnega katastra je bil oblikovan podatkovni model za sloj hidrografije v občini Log-Dragomer, katerega osnova je privzeta po Metodologiji za zajem podatkov hidrografije in dejanske rabe - vodno zemljišče [8]. Podatkovni model je bil vpostavljen na naslednjih podatkih: hidrografija vodotokov iz Atlasa voda (Agencija RS za okolje), kataster komunalne infrastrukture (JP Komunala Vrhnika, d.o.o.), zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture (Geodetska uprava RS), evidence prepustov pod avtocesto (Družba za avtoceste RS), geodetski posnetki izdelani za potrebe drugih projektov v občini Log – Dragomer.

Z namenom vključitve vseh ključnih podatkov, potrebnih za oblikovanje programa, je bil podatkovni model razširjen s tremi atributi in eno šifro (preglednica 1 in preglednica 2). Dodani atributi opredeljujejo pristojnega upravljavca posameznega vodotoka (UPR), dimenzijo posameznega objekta vodne oziroma komunalne infrastrukture (DIM) ter osnoven tehnični opis objekta vodne oziroma komunalne infrastrukture (OPIS) (preglednica 1). Dodana je bila šifra, ki poleg objektov vodne infrastrukture opredeljuje objekte na omrežju kanalizacije padavinske odpadne vode (preglednica 2).

Preglednica 1 Dodani atributi (LUZ, d.d., 2016)

Atributi	Tip	Zaloga vrednosti	Opomba k atributu
upravljavec (UPR)	šifrant	1 država 2 lokalna skupnost	
dimenzija objekta (DIM)	String	x notranje mere objekta 9999 v viru ni določena 8888 ni mogoče določiti	dimenzija objekta je izražena v enotah [cm]
opis objekta (OPIS)	String	x opis objekta 9999 v viru ni določen 8888 ni mogoče določiti	k opisu objekta spada: oblika, material, posebnosti ipd.

Preglednica 2 Dodana šifra, ki opredeljuje objekte na kanalskem vodu (LUZ, d.d., 2016)

Šifra	Pomen	Opis
8	Objekt na kanalskem vodu	Revizijski jaški, kaskadni jaški, cestni požiralniki, razbremenilniki ipd.

Pri dopolnitvi podatkov o obstoječem stanju površinskih vodotokov je bila vključitev prebivalcev nujno potrebna. Opirali smo se na vse javno dostopne podatke, ki so nam služili kot dobra osnova, prav prebivalci pa so bili velikokrat edini in izdaten vir podatkov – npr. kje in na kakšen način poteka zacevljen vodotok.

2.2 Vključevanje zainteresiranih strani in javnosti

Namen pristopa je vključiti zainteresiranih strani in javnosti na različnih nivojih: od aktivnega vključevanja in oblikovanja partnerstva z javnostjo pri skupnem iskanju ciljev, načrtovanju in izvajanju ukrepov, do ozaveščanja in učenja javnosti o določenih vprašanih (npr. kako postaviti zbiralnik vode). Decentralizirani ukrepi so namreč pogosto umeščeni na zasebnih zemljiščih in vključujejo avtohtono rastlinje, zbiralnike za deževnico in prepustno tlakovanje, kar pogojuje, da prebivalci, poslovne osebe in druge člane skupnosti, prevzamejo odgovornost za eno ali več faz upravljanja sonaravnih ukrepov [9]. Upravljanje padavinske vode dejansko ni več osredotočeno zgolj na odgovornost javnih služb. Zato je za uveljavitev uporabe sonaravnih ukrepov in zagotovitev dolgoročnega uspeha potrebno vključiti številne zainteresirane strani - vladne in nevladne.

Vključevanje zainteresiranih strani in javnosti se je v občini Log – Dragomer začelo v najzgodnejši fazi procesa priprave program, ko je bil načrtovan obseg vsebin, ki jih namerava program vključevati, predstavljen članom občinskega sveta, občinski upravi in vsem zainteresiranim prebivalcem. Namen tega prvega vključevanja je bil informiranje in učenje, ko smo s strokovnega vidika predstavili prepoznana izhodišča, vezana na stanje v prostoru, in pričakovan doprinos oblikovanja programa. Odziv udeležencev je bil dober, pristop so sprejeli z odobravanjem in zanimanjem, saj so se vsi strinjali, da je problematika nevedenega in neusklajenega upravljanja med najbolj perečimi, če že ne prva na seznamu prioritete.

Vključevanje se je nadaljevalo z zainteresiranimi posamezniki na terenu, ko so v svoji soseski sodelovali pri evidentiranju vodne infrastrukture in zacevljenih vodotokov. Z opozorili in opisi aktualnih problematik na terenu so istočasno prispevali tudi k evidentaciji kritičnih mest z vidika upravljanja padavinskih vod in nujni potrebi po iskanju rešitev z uvedbo primernih ukrepov.



Slika 19. Delavnica Kaj lahko skupaj storimo za vodo in njen prostor v občini Log – Dragomer? (foto Tanja Krušič)

Za namenom preveriti pridobljene evidence infrastrukture, dopolniti identifikacijo problemov in dobrih praks ter pridobiti izhodišča za nadaljevanje procesa oblikovanja programa, je bila izvedena delavnica “Kaj lahko skupaj storimo za vodo in njen prostor v občini Log – Dragomer?” (Slika 3). Delavnica je bila namenjena zainteresiranim stranem in javnosti in je vključila 20 prebivalcev, ki so pomembno prispevali k usmeritvi procesa oblikovanja programa. V roku par mesecev ji bo sledila druga delavnica, namenjena isti ciljni skupini. Z namenom uskladitve medsektorske pristojnosti pa načrtujemo posebno delavnico, kamor se bomo potrudili zbrati vse upravljavce javnih infrastruktur, ki so pristojni za del upravljanja voda v občini Log – Dragomer.

3. Zaključki

V zadnjih 20-ih letih so bili izvedeni mnogi projekti, ki so veliko prispevali k razvoju in uveljavitvi celovitega upravljanja padavinske vode s sonaravnimi ukrepi po svetu in v Evropi (npr. Matos Silva, 2016) [10], nekateri pristopi in ukrepi so bili izvedeni tudi v Sloveniji. Te izkušnje in praksa nakazujejo, da lahko lokalne skupnosti tudi v sedanjih razmerah v času prenove sistema upravljanja voda na državnem oz. regionalnem nivoju presežejo slabosti zatečenega slovenskega sistema upravljanja z vodo s celovitim pristopom pri upravljanju voda na svojem teritorialnem območju - smiselno zaključenem delu porečij vodotokov. Pri tem igra pomembno vlogo prav vključevanje javnosti, ki lahko prispeva pomembno in trdno osnovo pri oblikovanju izhodišč, usmeritev in tudi rešitev. Z oblikovanjem skupne in sektorsko uravnotežene vodne politike na občinski in/ali regionalni ravni se občinam odpira pot naprej v smeri načel trajnosti, vključenosti in usklajenosti.

4. Viri

- [1] IPCC, 2013. Summary for Policymakers: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Naue/s, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [2] Biswas, A.K., 1981. Integrated water management: Some international dimensions. *Journal of Hydrology*, 51 (1), 369–379.
- [3] Fletcher, T.D., Mitchell, V.G., Deletic, A., and Maksimovic, C., 2007. Chapter 1 - Introduction. *V: T.D. Fletcher and A. Deletic, ur. Data requirements for integrated urban water management*. Paris: UNESCO Publishing and Taylor & Francis.

- [4] Rogers, P., 1993. Integrated urban water resources management. In: Proceedings of Natural Resources Forum. New York: Wiley Online Library.
- [5] Mitchell, V.G., 2006. Applying integrated urban water management concepts: a review of Australian experience. *Environmental Management*, 37 (5), 589–605.
- [6] Barbosa, A.E, Fernandes, J.N., David, L.M., 2012. Key issues for sustainable urban stormwater management. *Water research*, 46, 6787-6798.
- [7] LUZ, d.d., 2016. Zbirni kataster vodotokov, vodne infrastrukture ter infrastrukture za odvajanje odpadnih padavinskih in komunalnih voda za potrebe oblikovanja programa celovitega lokalnega upravljanja z vodo in vodnim prostorom v občini Log – Dragomer. LUZ, d.d., št. proj. 8010.
- [8] Geodetski inštitut Slovenije, 2016. Metodologija za zajem podatkov hidrografije in dejanske rabe - vodno zemljišče. Geodetski inštitut Slovenije.
- [9] WEF (Water Environment Federation), 2014. Green infrastructure implementation: a special publication. Alexandria (VA): Water Environment Federation.
- [10] Matos Silva, M., Costa, J.P., 2016. Flood Adaptation Measures Applicable in the Design of Urban Public Spaces: Proposal for a Conceptual Framework. *Water*, 8, 284.

PRIPRAVA USMERITEV ZA PRIHODNJE UPRAVLJANJE SPODNJE DRAVE - REZULTAT PROJEKTA LIVEDRAVA

Alenka Kovačič, univ. dipl. biol., Tijana Mičić, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.

Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o., Glavni trg 19c, 2000 Maribor

POVZETEK

Na Dravi med Mariborom in Središčem ob Dravi se uresničuje LIFE-projekt "Obnova rečnega ekosistema nižinskega dela Drave v Sloveniji" (akronim LIVEDRAVA, št. projekta LIFE11 NAT/SI/882). V okviru projekta so bile, ob sodelovanju ključnih deležnikov (ARSO, ZRSVN, DEM, Drava VGP PTUJ), pripravljene tudi podrobne usmeritve za prihodnje upravljanje s strugo Drave na način, ki bo hkrati vključeval zmanjševanje poplavne ogroženosti, zagotavljal doseganje ciljev območja Natura 2000 in izboljšal sodelovanje med ključnimi deležniki vzdolž nižinske Drave. Z zaključkom usklajevanja je nastal nabor prostorsko umeščenih ukrepov z navedbo cilja, ki ga ukrep zasleduje, nosilec ukrepa, virom financiranja ter ocenjenimi stroški. Zaradi dobljenih rezultatov ocenjujemo pristop k nalogi kot primer dobre prakse za izdelavo načrtov (podrobnejših) upravljanja voda.

Ključne besede

varovana območja, upravljanje voda, rečni ekosistem, ukrepi

1. Uvod

Na Dravi med Mariborom in Središčem ob Dravi se uresničuje LIFE-projekt "Obnova rečnega ekosistema nižinskega dela Drave v Sloveniji" (akronim LIVEDRAVA, št. projekta LIFE11 NAT/SI/882). Partnerji in sofinancerji projekta so: Društvo za opazovanje in proučevanje ptic Slovenije (DOPPS) (vodilni partner), Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o. (VGB), DRAVA Vodnogospodarsko podjetje Ptuj d.d. (VGP), Mestna občina Ptuj, Dravske elektrarne Maribor d.o.o. (DEM), Ministrstvo za kmetijstvo in okolje (zdaj Ministrstvo za okolje in prostor) in Občina Ormož. Projekt podpira tudi ARSO in Občina Središče ob Dravi. Projekt je predstavljen na spletni strani <http://livedrava.ptice.si>.

Cilji projekta:

- 1) z obnovo, naravovarstvenim upravljanjem in vzpostavljanjem zavarovanih območij ohraniti in izboljšati stanje populacij kvalifikacijskih vrst območja Natura 2000 Drava, posebej ptic, hroščev in rib z neugodnim varstvenim statusom,
- 2) zagotoviti trajnostno upravljanje Drave pod Mariborom na način, ki bo hkrati zagotavljal poplavno varnost in pozitivno vplival na naravovarstvene cilje območja Natura 2000,
- 3) izboljšati sodelovanje med ključnimi deležniki vzdolž Drave in
- 4) ozavestiti širšo javnost o pomenu naravne dediščine Drave za trajnostni razvoj regije.

Za doprinos k cilju št. 2 in št. 3 se je pod vodstvom VGB Maribor d.o.o. izvedla aktivnost, ki vključuje pripravo usmeritev za trajnostno upravljanje spodnje Drave na način, ki bo

zmanjševal poplavno ogroženost in zagotavljal doseganje ciljev območja Natura 2000 ter izboljšal sodelovanje med ključnimi deležniki vzdolž nižinske Drave.

Poleg DOPPS- a pri izdelovanju naloge sodeluje še ZRSVN OE Maribor in z vodenjem komunikacij na delavnicah ter izdelavo podpornih študij kmetijstva, gozdarstva in ekosistemskih storitev še Zavod Iskriva ter Biotehniška fakulteta, oddelek za Agronomijo.

Tekom naloge je bil v sodelovanju s strokovnimi inštitucijami s področja upravljanja voda, varstva narave, kmetijstva in gozdarstva z lokalne, regionalne in nacionalne ravni izdelan nabor usklajenih podrobnejših ukrepov urejanja struge in obrečnega prostora Drave. Nabor ukrepov naj bi predstavljal strokovno podlago za pripravo Načrta urejanja voda za obdobje 2016 – 2021 oz. podlago za izvajanje ukrepov vzdolž Drave med Mariborom in Središčem ob Dravi ter podlago za pridobivanje nacionalnih in evropskih sredstev za financiranje izvedbe v finančnem obdobju 2014-2020.

Zaradi dobljenih rezultatov ocenjujemo pristop k nalogi kot primer dobre prakse za izdelavo načrtov (podrobnejših) upravljanja voda.

2. Postopek izdelave usmeritev

Naloga se je začela z izdelavo seznama nosilcev sektorskega upravljanja in analizo njihovih pristojnosti ter iskanje ostalih deležnikov v prostoru. Sledil je pregled zakonodaje s poudarkom na analizi vsebin, ki omogočajo navezavo na upravljanje voda.

Naslednji korak je predstavljala podrobnejša opredelitev območja obravnave. V skladu z izhodišči LIVEDRAVA je meja projektnega območja opredeljena z mejo območja Natura 2000 med Mariborom in Središčem ob Dravi. Za potrebe izdelave predmetnih strokovnih podlag je bilo območje obravnave, na odsekih kjer po obstoječih podatkih za visoko vodo verjetnosti nastopa 1% (Q100) sega izven Natura 2000 območja, razširjeno na območje Q100 oz. najširše na območje (v sklopu projekta opredeljenega) priobalnega pasu, dodana pa sta bila še oba energetska kanala – kanal HE Zlatoličje in kanal HE Formin.

Pregledu sektorskega upravljanja, občinskih prostorskih načrtov (OPN) in državnih prostorskih načrtov (DPN) na območju obravnave, je sledila analiza prostora s posebnim poudarkom na poplavnih območjih, vodni infrastrukturi, vodnih in priobalnih zemljiščih, dejanski in namenski rabi ter na lastniški strukturi.

Za določitev območja poplav so bile poleg opozorilne karte poplav kot vir uporabljene tudi hidrološko hidravlične analize izdelane za različne posege in pláne znotraj območja obravnave.

Poleg javno dostopnih podatkov smo za potrebe analize vodne infrastrukture pridobili in uporabili še podatke koncesionarja za rabo reke Drave za proizvodnjo električne energije (DEM d.o.o.) ter podatke koncesionarja za opravljanje gospodarske javne službe urejanja voda na porečju reke Drave (Drava VGP Ptuj d.d.).

Pri opredeljevanju vodnega in priobalnega zemljišča smo se uprli na veljavno zakonodajo (Pravilnik o podrobnejšem načinu določanja meje vodnega zemljišča tekočih voda, UL RS, št. 129/06 in Zakon o vodah, UL RS, št. 67/02, 2/04 - ZZdrI-A, 41/04 - ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13 in 40/14 ter Uredb o določitvi zunanje meje priobalnega zemljišča na obravnavanem območju).

Zgoraj navedenim vsebinam je bila posebna pozornost namenjena zaradi dejstva, da je umeščanje vodnogospodarskih (VG) ukrepov v prostor bistveno enostavnejše, če se ukrepi umeščajo v vodno ali vsaj priobalno zemljišče, na območje kjer je dejanska in načrtovana okoliška raba nekmetijska, na območje brez objektov in okoljske infrastrukture ter seveda na zemljiščih v državni lasti.

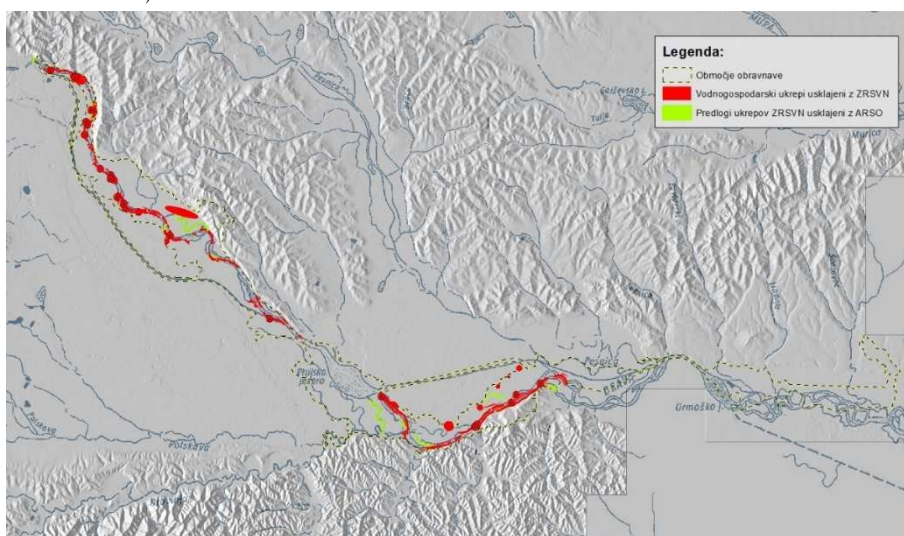
Po pregledu stanja in analizi prostora se je začel proces opredeljevanja območij s posledicami škodljivega delovanja voda in opredeljevanja območij s potencialom za izvedbo ukrepov, ki bi izboljšali stanje Natura 2000 kvalifikacijskih vrst in habitatnih tipov. V proces je bilo vključeno

tudi opredeljevanje in usklajevanje ukrepov, ki bi zmanjševali poplavno ogroženost in zagotavljali doseganje ciljev območja Natura 2000.

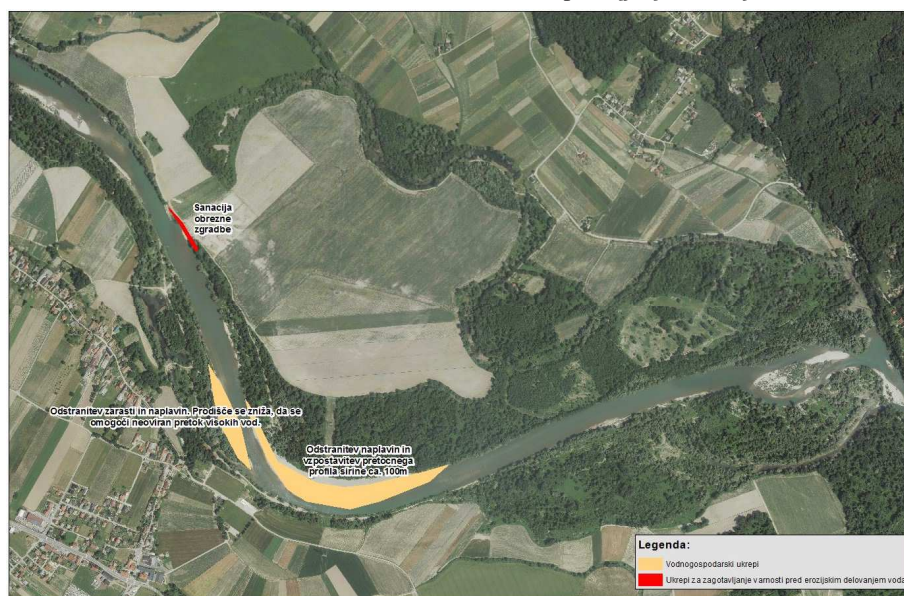
Začetek tega procesa je predstavljala pridobitev programov aktualnih ukrepov treh ključnih deležnikov obravnavanega območja Drave: program ukrepov ARSO, program ukrepov Drava VGP Ptuj d.d. in program ukrepov DEM d.o.o..

Sledila je faza združevanja, dopolnjevanja in usklajevanja programov ob vključitvi četrtega ključnega deležnika ZRSVN ter konkretizaciji ukrepov iz Operativnega programa upravljanja za območja Natura 2000 v Sloveniji 2015-2020. Ustreznost in potrebnost določenih ukrepov je bila preverjena tudi s hidravličnega vidika. V nadaljevanju so bili v proces vključeni tudi predstavniki sektorskih strokovnih inštitucij (ZGS; KGZ; ZZRS), lokalnih skupnosti regionalnih razvojnih agencij in ostalih ključnih deležnikov na območju reke Drave.

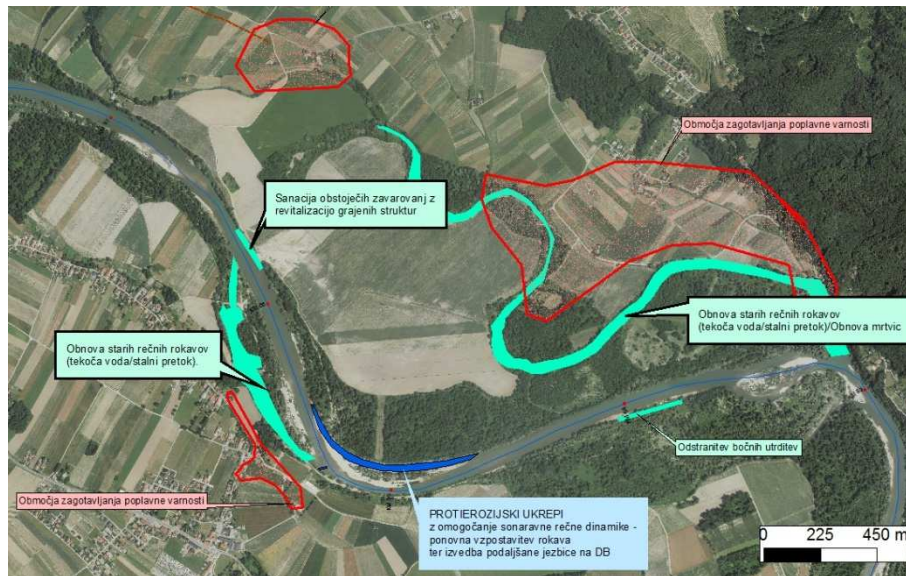
Na sliki 1 je shematsko prikazan nabor vseh ukrepov, ki je bil obravnavan v fazi usklajevanja in v nadaljevanju na sliki 2 in slki 3 proces razvoja usklajenega predloga vodnogospodarskih ureditev na območju Starš.



Slika 20 Shematska karta obravnavanih ukrepov iz faze usklajevanja.



Slika 2 Primer predloga vodnogospodarskih ukrepov na območju Starš iz začetne faze usklajevanja ukrepov



Slika 3 Primer usklajenega predloga vodnogospodarskih ukrepov na območju Starš

Ukrepi, ki so vključeni v elaborat zajemajo sanacije erozijskih poškodb, obnove obstoječih obrežnih zavarovanj z revitalizacijo grajenih struktur, odstranitve in premike obrežnih zavarovanja na rob vodnih zemljišč, zaključevanje začelih ukrepov za stabilizacijo brežin, obnove mrtvic in rečnih rokavov (slednjih tudi s ciljem zmanjševanja erozijskega pritiska na nasprotni brežini in razbremenjevanjem visokih vod v rokav), ureditve za preusmerjanje struge Drave na lokacijo nekdanjih rokavov, vzpostavljjanje zatokov, dokončanje ekološke sanacije Ptujškega jezera... . S ciljem zagotavljanja ugodnega stanja habitatov redkih in ogroženih živalskih vrst ter sonaravne dinamike prodišč je posebna pozornost namenjena tudi ravnanju z rinjenimi plavinami. Po izgradnji HE Zlatoličje in HE Formin se je pretočni režim Drave dolvodno od Maribora močno spremenil. Večji del leta po Drave teče le ekološko sprejemljiv pretok, posledično pa so prodonosni procesi omejeni le na občasne visoke vode (nekaj dni v letu). Na račun odlaganja proda ter povečane zaraščenosti v strugi ne sme priti do povečanja poplavitne ogroženosti objektov in infrastrukture. Prodnege materiala se praviloma ne odvzema iz struge, temveč se ga prerazporedi znotraj struge na območja s trendom poglobljanja oziroma na erozijska območja na način, da se vsaj delno ohranja naravna prodonosnost. Odvzemanje proda iz struge je možno le v primeru, ko so vse ostale tehnične in druge rešitve izkoriščene. Bilanca proda se ohranja znotraj posameznih odsekov (odsek Melje – Ptuj oz. odsek Markovci – Zavrč). V primerih, ko se v strugi omogoči sprostitev dodatnih količin proda (npr. z odstranitvijo večletne vegetacije se imobilizirano prodišče spremeni v gibljivo, z odpiranjem bočne erozije, ...) in je doprinos proda znotraj odseka pozitiven, se lahko del dodatnega proda porabi za sanacijo erozijskih poškodb, izvedbo drugih vzdrževalnih del v strugi in ostale namene. Količina proda, ki se lahko porabi, bo določena sproti glede na situacijo in stanje na terenu. Zagotavljati je potrebno nastanek drstišč in ohranjati poglobljene odseke struge. Na prodiščih znotraj struge je potrebno vegetacijo in meljno rodovitno plast, ki omogoča razvoj vegetacije, redno odstranjevati. Izjema so prodišča ali deli prodišč na katerih uspeva prednostni habitatni tip - sestoji poplavnega gozda – lokacij vnaprej ni možno opredeliti, zato se zahteva po ohranitvi tovrstnega habitatnega tipa izkaže v fazi pridobivanja dovoljenja za poseg v naravo. Odstranjevanja vegetacije in meljne plasti naj se, če je to mogoče, izvaja v jesenskem času, ko obstaja, takoj po dokončanju del, največja možnost nastopa visokih vod. Visoke vode odstranijo preostanek meljnega nanosa in tako upočasnijo ponovno zaraščanje. V kolikor v treh mesecih po dokončanju del do naravnega nastopa visokih ne bi prišlo, bi se v staro strugo Drave lahko načrtno spustili veliki pretoki (»flushing«).

3. Zaključki

Z zaključkom usklajevanja je nastal elaborat s prikazom prostorsko umeščenih ukrepov z navedbo cilja, ki ga ukrep zasleduje, z navedbo nosilca ukrepa, navedbo vira financiranja ter oceno stroškov.

Elaborat je vključen v (skupaj z NUV II) na spletu objavljene Naravovarstvene usmeritve za namen podrobnejšega načrtovanja in izvajanja posegov na vodotokih na vodnem območju Donave, ki so bile pripravljene s strani ZRSVN v okviru postopka celovite presoje vplivov na okolje za NUV II.

4. Viri

[1] http://www.mop.gov.si/si/delovna_podrocja/voda/nacrt_upravljanja_voda/#c18222 [dostop 30. november 2016]

[2] http://livedrava.ptice.si/wp-content/uploads/2016/08/2016_25_8_LIVEDRAVA-_A6_-PRILOGA-I-_NUV-II.pdf [dostop 30. november 2016]