TRETJI SLOVENSKI
KONGRES O VODAH 2023

ZBORNIK





TRETJI SLOVENSKI
KONGRES O VODAH 2023

ZBORNIK

Urednika:
Lidija Globevnik in **Anton Prešeren**

3. SLOVENSKI KONGRES O VODAH, Ptuj, 19.–20. 10. 2023

Uredniki: Lidija Globevnik, Anton Prešeren
Zbiranje prispevkov in tehnična podpora: Anton Prešeren
Tehnično urejanje teksta in priprava za tisk: SETZER, Danilo Radanovič s.p.
Oblikovanje platnice in celostna podoba kongresa: Danijel Sušnik
Založnik: DVS – Društvo vodarjev Slovenije
Kraj izdaje: Kamnik
Tisk: SETZER, Danilo Radanovič s.p.
Leto izida: 2023
Nosilec avtorskih pravic: DVS – Društvo vodarjev Slovenije
Naklada: 100 izvodov

CIP – Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

626/628(497.4)(082)

SLOVENSKI kongres o vodah (3 ; 2023 ; Ptuj)
Tretji slovenski kongres o vodah 2023 : zbornik : [Ptuj, 19.-20.10.2023] / urednika Lidija Globevnik in Anton Prešeren. – Kamnik : DVS – Društvo vodarjev Slovenije, 2023

ISBN 978-961-92445-2-4
COBISS.SI-ID 167330819

ORGANIZATORJI









































PRIRODOSLOVNO
DRUŠTVO
SLOVENIJE





OŽJI ORGANIZACIJSKI ODBOR

Lidija Globevnik (DVS) – predsednica
Gašper Zupančič (DVS)
Barbara Čenčur Curk (GWP)
Andrej Širca (SLOCOLD)
Andrej Draksler (ZGS)
Tone Prešeren (DVS)
Pavel Gantar (SDZV)

ŠIRŠI ORGANIZACIJSKI ODBOR

Aljoša Petek (PIC)
Alma Zavodnik Lamovšek (DUPPS)
Andrej Kryžanovski (IZS)
Andrej Lukšič (SPOD)
Branka Bračič Železnik (SGD)
Darja Matjašec (DKAS)
Igor Miličič (RZS)
Jana Kozamernik (DKAS)
Petra Grmek (DKAS)
Jure Mlačnik (SDHR)
Maja Simoneti (DKAS)
Mateja Germ (DBS)
Matjaž Mikoš (IHP)
Mihael Brenčič (SKIAH)
Milan Vogrin (DPPVN)
Nataša Mori (DBS)
Nina Humar (SLOCOLD)
Pavel Gantar (SDZV, SSD)
Peter Pribožič (SDNO)
Jure Tičar (JZS)
Radovan Komel (PDS)
Suzana Svetličič (SloGeD)
Tanja Šumrada (DOPPS)
Valentina Brečko Grubar (ZGS)

STROKOVNO-ZNANSTVENI ODBOR

doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek
izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski
izr. prof. dr. Andrej Lukšič
dr. Andrej Širca
izr. prof. dr. Barbara Čenčur Curk
mag. Branka Bračič Železnik
izr. prof.dr. Darja Matjašec
Gašper Zupančič
dr. Jure Tičar
dr. Lidija Globevnik
dr. Maja Simoneti
prof. dr. Marina Pintar
dr. Mateja Germ
prof. dr. Matjaž Mikoš
prof. dr. Mihael Jožef Toman
dr. Mira Kobold
izr. prof. dr. Nataša Atanasova
dr. Nataša Mori
dr. Nataša Smolar Žvanut
dr. Pavel Gantar
dr. Peter Frantar
dr. Polona Pengal
dr. Polona Vreča
mag. Senka Šifkovič
mag. Smiljan Juvan
dr. Uroš Krajnc
dr. Urša Vilhar
dr. Žiga Ogorelec

ODNOSI Z JAVNOSTMI

Miša Hrovat (SDZV)

SOORGANIZATORJI – PO ABECEDNEM VRSTNEM REDU

DRUŠTVO BIOLOGOV SLOVENIJE (DBS)
Večna pot 111 ◆ 1000 Ljubljana ◆ http://dbs.biologija.org/

DRUŠTVO KRAJINSKIH ARHITEKTOV SLOVENIJE (DKAS)
Jamnikarjeva 101 ◆ 1000 Ljubljana ◆ http://www.dkas.si/

DRUŠTVO SLOVENSKI KOMITE MEDNARODNEGA ZDRUŽENJA HIDROGEOLOGOV (SKIAH)
Zaloška cesta 143 ◆ 1000 Ljubljana ◆ http://www.skiah.si/

DRUŠTVO URBANISTOV IN PROSTORSKIH PLANERJEV SLOVENIJE (DUPPS)
Karlovška cesta 3 ◆ 1000 Ljubljana ◆ www.dupps.si

DRUŠTVO VODARJEV SLOVENIJE (DVS)
Šipkova ulica 10 ◆ 1241 Kamnik ◆ http://www.drustvo-vodarjev.si/

DRUŠTVO ZA OPAZOVANJE IN PROUČEVANJE PTIC SLOVENIJE (DOPPS)
Tržaška cesta 2 ◆ 1000 Ljubljana ◆ https://www.ptice.si

DRUŠTVO ZA PROUČEVANJE PTIC IN VARSTVO NARAVE (DPPVN)
Ptujska cesta 91 ◆ 2327 Rače ◆ www.testing.pip-dppvn.v-izdelavi.si/novice/

GLOBAL WATER PARTNERSHIP (GWP)
Podlimbarskega 31 ◆ 1000 Ljubljana ◆ https://www.gwpslo.si/o-nas/

INŠTITUT ZA POLITIKE PROSTORA (IPOP)
Tržaška cesta 2 ◆ 1000 Ljubljana ◆ https://ipop.si

INŽENIRSKA ZBORNICA SLOVENIJE (IZS)
Jarška cesta 10b ◆ 1000 Ljubljana ◆ http://www.izs.si/

JAMARSKA ZVEZA SLOVENIJE (JZS)
Lepi pot 6 ◆ 1000 Ljubljana ◆ https://www.jamarska-zveza.si

PRAVNO-INFORMACIJSKI CENTER NEVLADNIH ORGANIZACIJ (PIC)
Metelkova ulica 6 ◆ 1000 Ljubljana ◆ http://pic.si/

RIBIŠKA ZVEZA SLOVENIJE (RZS)
Tržaška cesta 134 ◆ 1000 Ljubljana ◆ https://www.ribiska-zveza.si

PRIRODOSLOVNO DRUŠTVO SLOVENIJE (PDS)
Poljanska cesta 6 ◆ 1000 Ljubljana ◆ https://www.proteus.si

SLOVENSKI KOMITE ZA VELIKE PREGRADE (SLOCOLD)
Hajdrihova ulica 4 ◆ 1000 Ljubljana ◆ http://www.slocold.si/

SLOVENSKI NACIONALNI ODBOR PROGRAMA IHP UNESCO (SNC IHP)
Hajdrihova ulica 28 ◆ 1000 Ljubljana ◆ http://ksh.fgg.uni-lj.si/ihp/

SLOVENSKO DRUŠTVO ZA HIDRAVLIČNE RAZISKAVE (SDHR)
Hajdrihova ulica 28 ◆ 1000 Ljubljana ◆ http://www.hidroinstitut.si/

SLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠČITO VODA (SZDV)
Hajdrihova ulica 19 ◆ 1000 Ljubljana ◆ http://www.sdzv-drustvo.si/

SLOVENSKO GEOLOŠKO DRUŠTVO (SGD)
Dimičeva ulica 14 ◆ 1000 Ljubljana ◆ https://www.slovenskogeoloskodrustvo.si

SLOVENSKO GEOTEHNIŠKO DRUŠTVO (SLOGED)
Jamova ulica 2 ◆ 1000 Ljubljana ◆ http://sloged.si/

SLOVENSKO POLITOLOŠKO DRUŠTVO (SPOD)
Kardeljeva ploščad 5 ◆ 1000 Ljubljana ◆ https://www.politolosko-drustvo.si

SLOVENSKO SOCIOLOŠKO DRUŠTVO (SSD)
Kardeljeva ploščad 5 ◆ 1000 Ljubljana ◆ http://www.sociolosko-drustvo.si

ZVEZA GEOGRAFOV SLOVENIJE KOMISIJA ZA HIDROGEOGRAFIJO (ZGS)
Gosposka ulica 13 ◆ 1000 Ljubljana ◆ http://zgs.zrc-sazu.si

VSEBINA

Uvodnik 11

POPLAVE, SUŠE, RABA VODE, PROSTORSKO NAČRTOVANJE 13

IZJEMNE POPLAVE MED 4. IN 8. AVGUSTOM 2023 ◆ *Florjana Ulaga, Maja Koprivšek, Miha Šupek, Mojca Sušnik, Matevž Piry, Sašo Petan* 15

ZEMELJSKI PLAZOVI IN OSTALI POJAVI POBOČNEGA MASNEGA PREMIKANJA MED UJMO AVGUSTA 2023 ◆ *Tina Peternel, Jernej Jež, Andrej Novak, Mateja Jemec Auflič, Ela Šegina, Miloš Bavec* 25

SUŠOMER – STANJE SUŠNIH RAZMER NA ENEM MESTU ◆ *Andrej Golob, Andreja Moderc, Urška Pavlič, Sašo Petan, Petra Souvent, Andreja Sušnik, Živa Vlahović, Maja Žun* 32

SPREMEMBE TEMPERATURE VODA V SLOVENIJI DO KONCA 21. STOLETJA *Peter Frantar, Andrej Draksler* 39

SUŠA PODZEMNIH VODA V LETU 2022 ◆ *Peter Frantar, Mišo Andjelov, Veronika Strmšek, Petra Souvent, Urška Pavlič, Dejan Šram* 45

APPLICATION OF STABLE ISOTOPES AND SHORT-LIVED NUCLEOIDS TO BETTER UNDERSTAND GROUNDWATER AND SURFACE WATER INTERACTION DURING EXTREME EVENTS ◆ *Tamara Marković, Igor Karlović, Tatjana Vujnović* 52

OCENE SPREMEMB PRETOKOV SLOVENSKIH REK V 21. STOLETJU *Mira Kobold* 57

PROBLEMATIKA HIDROLOŠKIH PODLAG IN DOLOČANJA PROJEKTNIH HIDROGRAMOV V SLOVENIJI ◆ *Mojca Šraj, Nejc Bezak, Matjaž Mikoš, Simon Rusjan, Klaudija Lebar* 64

VPLIV INTENZIVIRANJA HIDROLOŠKIH EKSTREMOV NA KOLIČINO RAZPOLOŽLJIVE VODE ◆ *Nina Humar, Andrej Kryžanowski* 72

UPRAVLJANJE S PLAVINAMI V POREČJU SAVE DOLINKE NA PODLAGI MODELA TRANSPORTA RINJENIH PLAVIN ◆ *Luka Javornik, Sašo Šantl* 82

ODVZEMI NAPLAVIN IZ VODOTOKOV V SLOVENIJI ◆ *Nataša Smolar-Žvanut, Mitja Centa, Urban Ilc* 92

POGOJI ZA PLOVBO NA MOTORNI POGON NA AKUMULACIJSKEM JEZERU HIDROELEKTRARNE VRHOVO ◆ *Nataša Smolar-Žvanut, Mitja Centa, Iztok Kavčič* 101

POGOJI RABE POVRŠINSKIH VODA PRI PODELJEVANJU VODNIH PRAVIC *Jana Meljo, Boris Gradišar, Tina Kirn, Nataša Smolar-Žvanut* 109

UPRAVLJANJE Z VODAMI V SLOVENSKI ISTRI ◆ *Andrej Kryžanovwski, Uroš Krajnc* 117

ORODJA ZA ZMANJŠEVANJE OBREMENITEV VODNIH VIROV ZARADI NAMAKANJA V KMETIJSTVU ◆ *Rozalija Cvejić* 128

HIDROELEKTRARNE KOT PREFERENČNI OBNOVLJIV VIR ELEKTRIČNE ENERGIJE Z VIDIKA ELEKTROENERGETSKEGA SISTEMA ◆ *Silvester Jeršič* 136

VLOGA ČHE AVČE V ELEKTROENERGETSKEM SISTEMU ◆ *Bojan Kastelan, Tadej Kocina* 144

POSODOBITEV TEHNIČNEGA OPAZOVANJA PREGRAD NA SOČI *Primož Gabrijelčič* 152

OZNAKE VISOKIH VODA OD 2014 DO 2023 ◆ *Florjana Ulaga, Peter Frantar, Valentina Brečko Grubar, Tajan Trobec* 160

RANLJIVOST SLOVENSKE OBALE ◆ *Mojca Poklar, Valentina Brečko Grubar* 165

PRIZADEVANJA ZA PRILAGAJANJE SISTEMA UPRAVLJANJA VODA PODNEBNIM SPREMEMBAM V POREČJU KAMNIŠKE BISTRICE ◆ *Anja Torkar, Jerca Praprotnik Kastelic, Ajda Cilenšek, Primož Banovec, Barbara Čenčur Curk* 172

IZBOLJŠANJE PRIPRAVLJENOSTI IN ODZIVA NA IZREDNA ONESNAŽENJA IN POPLAVE NA POREČJU REKE SAVE ◆ *Jerca Praprotnik Kastelic, Ajda Cilenšek, Anja Torkar, Davor Kvočka, Matej Cerk, Barbara Čenčur Curk, Primož Banovec* 178

OBVLADOVANJE PADAVINSKIH ODPADNIH VODA S SISTEMSKIM UMEŠČANJEM MODRO-ZELENE INFRASTRUKTURE V PROSTOR *Matej Radinja, Primož Banovec, Alma Zavodnik Lamovšek, Gregor Čok, Kristina Klemen, Nataša Atanasova* 187

RAZVOJ ORODJA ZA IZDELAVO OCENE TVEGANJ OSKRBE S PITNO VODO, KOT DEL PRIPRAVE NAČRTOV VARNE OSKRBE Z VODO ◆ *Ajda Cilenšek, Matej Cerk, Anja Torkar, Barbara Čenčur Curk, Primož Banovec* 194

STANJE, VARSTVO IN BIODIVERZITETA VODA **201**

SPREMLJANJE BIOLOŠKIH ELEMENTOV KAKOVOSTI EKOLOŠKEGA STANJA SLOVENSKEGA MORJA ◆ *Janja Francé, Martina Orlando Bonaca, Borut Mavri, Elizabeta Gabrijelčič* 203

VPLIV DEZINFEKCIJE IN MATERIALOV V STIKU S PITNO VODO NA POJAV OPORTUNO PATOGENIH GLIV V PITNI VODI ◆ *Monika Novak Babič* 211

POTENCIALNO ONESNAŽENA OBMOČJA KOT GROŽNJA VODNIM VIROM *Tajan Trobec, Barbara Lampič, Nejc Bobovnik, Lea Rebernik, Blaž Repe, Katja Vintar Mally* 218

PRVA OCENA PRISOTNOSTI MIKROPLASTIKE V PODZEMNIH VODAH V SLOVENIJI ◆ *Tine Bizjak, Nina Mali, Elvira Colmenarejo, Nejc Bizjak, Manca Kovač Viršek* 226

ODVAJANJE IN ČIŠČENJE KOMUNALNE ODPADNE VODE DANES IN V LUČI PRIČAKOVANIH IZZIVOV ◆ *Mojca Vrbančič, Tjaša Erjavec, Urša Rotar, Branko Glavan* 232

POMEN RAZISKOVANJA MIKROPLASTIKE V VODNIH EKOSISTEMIH V SLOVENIJI ◆ *Manca Kovač Viršek, Tine Bizjak* 240

DOSTOPNOST IN KAKOVOST PITNE VODE V SLOVENIJI ◆ *Bonia Miljavac, Lara Ofentavšek, Ivanka Gale* 248

GLAVNI POUDARKI OCENE KOLIČINSKEGA STANJA PODZEMNIH VODA V SLOVENIJI ◆ *Mišo Andjelov, Peter Frantar, Urška Pavlič, Nina Rman, Petra Souvent* 255

VPLIV OKOLJSKIH SPREMEMB NA NAPAJANJE IN PRETOČNE VREDNOSTI KRAŠKIH IZVIROV ◆ *Nataša Ravbar, Metka Petrič, Gregor Kovačič* 263

SUSPENDIRANE SNOVI V REKAH KOT HIDROMORFOLOŠKI ELEMENT POREČJA ◆ *Florjana Ulaga* 271

MOŽNOSTI PREDELAVE SEDIMENTOV REKE DRAVE ◆ *Mojca Božič, Boštjan Gregorc, Mitja Kolar, Karmen Fifer Bizjak, Vilma Ducman* 277

KRIPTOBENTOŠKA RIBJA FAVNA: MNOGOKRAT SPREGLEDANA A KLJUČNA SKUPINA RIB ◆ *Domen Trkov, Lovrenc Lipej* 282

VRSTNA, FUNKCIONALNA IN FILOGENETSKA BIODIVERZITETA *Franc Janžekovič* 289

TESTIRANJE METOD ODSTRANJEVANJA INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST RASTLIN NA VODNIH IN PRIOBALNIH ZEMLJIŠČIH V OKVIRU PROJEKTA LIFE-IP NATURA.SI ◆ *Ditka Čakš Copot, Mojca Hrovat, Nataša Smolar-Žvanut, Iztok Kavčič* 302

SONARAVNO GRAJENI EKOSISTEMI ZA ZAŠČITO VODA ◆ *Ana Pugelj, Urša Brodnik, Miran Renčelj* 310

KAKŠNO JE STANJE RAZRASTI STRUPENIH CIANOBAKTERIJ V SLOVENSKIH VODAH IN KAKO LAHKO IZBOLJŠAMO VAROVANJE TAKIH VODA ◆ *Tina Eleršek, Maša Zupančič* 320

KAM SE GREMO KOPAT? ◆ *Mateja Poje s sodelavci* 328

VAROVANJE VODA, KI SE UPORABLJA ZA JAVNO OSKRBO PREBIVALSTVA S PITNO VODO ◆ *Irena Anica Oven* 336

UKREPI ZA OHRANJANJE IN IZBOLJŠANJE STANJA OGROŽENIH ŽIVALSKIH VRST IN HABITATOV V VIPAVSKI DOLINI – PROJEKT VIPava – UREDITEV PREHODOV ZA VODNE ORGANIZME IN STRANSKIH ROKAVOV NA REKI VIPAVI ◆ *Katarina Košir, Tomaž Remžgar, Nastja Pajk, Jana Laganis, Iztok Kavčič, Nataša Smolar-Žvanut* 342

VZPOSTAVLJAMO NARAVOTEKO SLOVENIJE ◆ *Rok Havliček* 350

SLONIP – SLOVENSKA SPLETNA PLATFORMA ZA INTERAKTIVNO RAZISKOVANJE PODATKOV O IZOTOPSKI SESTAVI PADAVIN ◆ *Polona Vreča, Aljaž Pavšek, David Kocman* 357

(NE)USPEHI VODNE POLITIKE SKOZI PRIZMO SISTEMA WISE – STANJE VODA V EVROPI IN SLOVENIJI ◆ *Andrej Draksler, Lidija Globevnik* 364

REVITALIZACIJA KOPALNIH VODA V URBANIH OBMOČJIH IN NJIHOVE KORISTI ◆ *Luka Snoj, Lidija Globevnik, Gašper Šubelj, Andrej Draksler* 371

SISTEM ZBIRANJA, PRIPRAVE IN DELJENJA PODATKOV O VODNEM OKOLJU V EVROPSKI UNIJI ◆ *Gašper Šubelj, Lidija Globevnik* 380

PRESOJA IZJEM PO OKVIRNI VODNI DIREKTIVI ◆ *Senka Šifkovič* 388

VPLIVI RIBIŠTVA NA SLADKOVODNE EKOSISTEME ◆ *Žiga Ogorelec* 393

CELOVITE REŠITVE, INTERDISCIPLINARNOST IN SODELOVANJE V MEDNARODNEM PROSTORU **401**

SKUPNO HIDROGEOGRAFSKO TERENSKO DELO ŠTUDENTOV GEOGRAFIJE TREH UNIVERZ ◆ *Peter Frantar, Florjana Ulaga, Andrej Draksler, Marjan Jarnjak, Valentina Brečko Grubar, Gregor Kovačič, Tajan Trobec, Ana Vovk, Danijel Davidovič* 403

HIDROGEOGRAFIJA V GEOGRAFSKEM IZOBRAŽEVANJU V SLOVENIJI *Borut Stojilković* 410

KRAŠKA REKA TEMENICA PRI TREBNJEM – IZOBRAŽEVALNI IN OZAVEŠČEVALNI POLIGON ZA SPOZNAVANJE VODNEGA IN OBVODNEGA PROSTORA ◆ *Sara Mikolič, Tajan Trobec, Barbara Lampič, Irma Potočnik Slavič* 418

RAZVOJ VODNO BILANČNEGA MODELA mGROWA V SLOVENIJI *Peter Frantar, Mišo Andjelov, Frank Herrmann, Frank Wendland* 424

SIMULTANE MERITVE GLADIN PODZEMNE VODE V SPODNJI SAVINJSKI DOLINI ◆ *Dejan Šram, Peter Frantar, Mišo Andjelov, Urban Rejc* 432

HIDROGEOLOŠKI MODELSKI SISTEM AGENCIJE RS ZA OKOLJE ◆ *Dejan Šram, Petra Souvent, Peter Frantar, Sašo Petan* 439

AVTOMATIZACIJA PRIPRAVE OVOJNIC REZULTATOV HIDRAVLIČNEGA MODELA MIKE 21 ◆ *Timotej Mišič* 446

iSPOR – SISTEM ZA PODPORO ODLOČANJU O RABI POVRŠINSKIH VODA *Katarina Zabret, Sašo Šantl, Leon Gosar, Jana Meljo* 449

HIDRAVLIČNI MODEL IN STRATEGIJA UPRAVLJANJA S SEDIMENTI ZADRŽEVALNIKOV HE NA REKI DRAVI ◆ *Polonca Ojsteršek, Boštjan Gregorc, Jurij Mlačnik* 456

OBNOVA REČNE DINAMIKE IN VODNIH HABITATOV NA PROJEKTNEM OBMOČJU NATURA 2000, VZDOLŽ CELOTNEGA SLOVENSKEGA ODSEKA REKE MURE *Saša Sobočan* 464

OBNOVA REČNIH KORIDORJEV NA POVODJU DONAVE – CELOVIT PRISTOP K UDEJANJANJU OKOLJSKIH CILJEV V OKVIRU PROJEKTA DANUBE4ALL *Klaudija Lebar, Petra Repnik, Mateja Klun, Simon Rusjan* 473

KRAJINSKA UREDITEV OB VODNEM ZADRŽEVALNIKU VOGRŠČEK *Jerica Kobal* 481

PODPIRANJE UČINKOVITE KASKADNE UPORABE GEOTERMALNE ENERGIJE Z DOSTOPOM DO URADNIH IN JAVNIH INFORMACIJ – MEDSEKTORSKO POVEZOVANJE V OKVIRU PROJEKTA INFO-GEOTHERMAL *Nina Rman, Andrej Lapanje, Mateja Macut, Aleš Jeraj, Gregor Rome, Jasmina Vidmar, Miha Mohor, Juliet Newson* 490

KARTA Z ZGODBO (STORY MAP) NA PRIMERU OCENE KOLIČINSKEGA STANJA PODZEMNIH VODA ZA 3. NAČRT UPRAVLJANJA VODA *Veronika Strmšek, Petra Krsnik, Petra Souvent* 497

UPRAVLJANJE IN INTERDISCIPLINARNOST V LUČI *SENSUS COMMUNIS* IN *SENSUS PRIVATUS* ◆ *Sultana Jovanovska, Andrej Lukšič* 502

NA RAZPOTJIH SOCIOHIDROLOŠKIH IN HIDROSOCIOLOŠKIH RAZISKOVANJ ◆ *Pavel Gantar* 511

RAZVOJ SISTEMA ZA PODPORO ODLOČANJU O RABI PODZEMNIH VODA 519
Mitja Janža, Petra Meglič, Katja Koren, Jana Meljo, Leon Gosar

MISIJA EU »ZDRAVI OCEANI, MORJA, OBALNE IN CELINSKE VODE« IN VKLJUČEVANJE OBČANOV V RAZISKAVE ◆ *Mateja Grego, Tit Neubauer* 526

SODELOVANJE DRŽAV PRI UREJANJU ČEZMEJNIH REK ◆ *Urška Stopar* 533

EVROPSKI PROJEKT CROSScade – PREGLED REZULTATOV PRVE FAZE HIDRAVLIČNIH RAZISKAV ◆ *Gorazd Novak, Matjaž Četina, Gašper Rak* 541

STRATEŠKI POMEN VODA ZA RAZVOJ SLOVENIJE: KAKŠEN JE PRISPEVEK HIDROELEKTRARN K BLAŽENJU VPLIVOV PODNEBNIH SPREMEMB IN NJIHOV POMEN ZA DRUŽBO PRIHODNOSTI? ◆ *Boštjan Pišotek, Silvester Jeršič* 547

EVROPA IN NJEN POGLED NA VLOGO IN POMEN HIDROENERGIJE 557
Karina Medved Bregar

UVODNIK

V obilici dogodkov, strokovnih posvetovanj, izobraževanj, terenskih obiskov in samega profesionalnega dela danes težko najdemo čas za zadeve, ki niso povsem iz naših strokovnih logov. Oblikovanje politike upravljanja slovenskih voda se nam velikokrat zdi kot nekaj, kar je jasno začrtano z evropskimi strategijami, direktivami in smernicami ter na našem, nacionalnem nivoju z oblikovano zakonodajo in upravnim redom. Večina izmed nas se zato v obilici dela raje posveti svojim strokovnim izzivom in se ne ukvarja s preizpraševanjem politike upravljanja voda. Imamo pa vsi o njej svoja mnenja, ki jih delimo na svojih strokovnih srečanjih. Redke so priložnosti, ko svoja mnenja delimo tudi s strokovnjaki z drugih vsebinskih področij. In taka priložnost je ponovno slovenski kongres o vodah. Tudi na tem, tretjem po vrsti, smo se prek številnih strokovnih društev in združenj povezali strokovnjaki, ki se ukvarjamo z vodami. Zastavili smo si cilj, da s kratkimi osredotočenimi predavanji predstavimo svoje strokovne poglede in pristope v zvezi z varstvom, urejanjem in rabo voda. S tem medsebojno širimo znanje, razumevanje in poglede ter s tem omogočimo zdravo in bogato razpravo o zadevah, ki so nam vsem skupne. Za razpravo in delitev novih spoznanj in pogledov smo zbrali 72 prispevkov; vsi so objavljeni v tem zborniku. Tako smo omogočili, da je predavanje na kongresu lahko zelo kratko in jedrnato, objavljeni prispevki pa nam dajejo ustrezna pojasnila o izhodiščih problematike, metodah dela, ugotovitvah raziskav ali rezultatih vodarskih projektov.

Z upravljanjem voda ima opraviti pravzaprav veliko strokovnjakov s skoraj vseh tematskih področij. Biologi preučujejo živi svet v vodnih, obvodnih in morskih ekosistemih ter določajo biološke elemente kakovosti voda. Kemiki kemijske elemente v vodah. Naravovarstveniki svet v vodah in morjih želijo v čim večji meri zavarovati. Krajinskim arhitektom vode pomenijo pomemben izziv pri opazovanju in kreiranju prostorskih načrtov. Agronomom je voda en izmed ključnih naravnih virov pri pridelavi in predelavi hrane. Za strojnike, fizike in energetike je voda vir za ali pri proizvodnji energije. Pedagogi o vodah učijo, umetniki jih rišejo ali opevajo. Sociologom, psihologom, ekonomistom, pravnikom in politologom pa se s posvečanjem tematiki voda odpirajo izjemno zanimiva polja preučevanja, raziskovanja in tudi družbenega delovanja. Tem za njihovo delo je vedno več, saj je tudi upravljanje voda vedno bolj kompleksno in družbeno pomembno. Vsem tem disciplinam pa osnove za delo kljub vsemu razvijamo hidrologi, geologi, geografi in gozdarji tako, da preučujemo odtoke padavin, pretoke v rekah, potokih in tleh, računamo velikosti in časovne razporeditve njihovih hidrodinamičnih in hidravličnih parametrov, preučujemo sile, ki premikajo zemljine po hudournikih in plavine po strugah. S pomočjo fizikalnih in matematičnih ved jih tudi kvantificiramo. Nekateri pripravljamo tudi hidrološko hidravlične študije. Tem na kratko rečemo »poplavne študije«. Te so z zakonom predpisane strokovne osnove za prostorsko načrtovanje. Skozi te procese se odloča, kje se lahko gradi in kako zmanjšati možne škode zaradi poplav. Posege v vode in vodni prostor projektiramo in tudi koordiniramo ter nadzorujemo gradbeniki, statiki, konstruktivci, hidrotehniki, vodarji ter komunalni

in prometni inženirji. Arhitekti si prizadevajo za lepoto mostov in modno oblikovanih ter utrjenih obrežnih sprehajališč. Vendar to ne pomeni, da o posegih v prostor tudi odločamo. Se pa zavedamo, da vsak poseg v prostor in vsaka dejavnost, tudi gradnja stavb, cest, poti ali gozdnih vlak, vpliva na način odtekanja voda in razporejanja pretokov voda in plavin po hudourniških in rečnih koridorjih.

Poplave 2023 so pokazale, da se vsi skupaj odslej ne moremo več izgovarjati na klimatske spremembe. Hiša v Letušu, ki je bila letos poplavljena do polovice pritličja, nosi oznako višine poplave leta 1990. Letošnja poplava je segala enako visoko. Celotno naselje torej leži v rečnem koridorju, to je na poplavnih površinah. In takih hiš je nekaj tisoč. To je dejstvo, in brez potrebe kažemo s prstom na slabo očiščene vodotoke. Lahko jih znova in znova poglabljamo, utrjujemo, vsake nekaj deset let pride ujma, ko voda in plavine tečejo po svojih nekdanjih površinah. Problem letošnjih poplav je predvsem družbeni in politični problem in niti najmanj vodarski. V vode posegamo neposredno ali posredno prav vsi. Vode potrebujemo vsi. Vode in vodni živi svet želimo ohranjati vsi. Nikogar med nami ni, ki bi rekel, da je upadanje biodiverzitete problem biologije ali naravovarstva. To je problem družbe in načina našega razmišljanja in delovanja. Z njima posredno oblikujemo politiko upravljanja slovenskih voda. In letošnji kongres z vsemi tu objavljenimi prispevki kaže na naše razumevanje voda in sposobnost povezovanja različnih strokovnjakov za sooblikovanje vodne politike.

Dr. Lidija Globevnik
Predsednica

Društvo vodarjev Slovenije,
glavni organizator 3. slovenskega kongresa o vodah,
oktober 2023



POPLAVE, SUŠE, RABA VODE, PROSTORSKO NAČRTOVANJE

IZJEMNE POPLAVE MED 4. IN 8. AVGUSTOM 2023

mag. FLORJANA ULAGA, mag. MAJA KOPRIVŠEK, MIHA ŠUPEK, MOJCA SUŠNIK, MATEVŽ PIRY, dr. SAŠO PETAN

Agencija Republike Slovenije za okolje

POVZETEK

V noči s 3. na 4. avgusta so padavine izjemnih intenzitet zajele porečja na širšem območju Kamniško-Savinjskih Alp, Karavank, Škofjeloškega, Cerkljanskega ter Polhograjskega hribovja. V 6 do 12 urah je na porečja, predhodno namočena z julijskimi padavinami, padlo med 150 in 200 mm dežja, ki je povzročil silovit porast številnih hudournikov, manjših vodotokov in rek. 4. avgusta dopoldne so izjemne pretoke dosegle zlasti Meža, Mislinja, Suhodolnica, Savinja, Lučnica, Dreta, Kamniška Bistrica, Nevljica, Pšata, Sora, Poljanska Sora, Gradaščica, Šujica in Sava na Ljubljanskem območju. Pri tem so nastopile obsežne in uničujoče poplave. Poplavljena so bila številna naselja s stanovanjskimi in gospodarskimi objekti. Sprožili so se tudi številni plazovi, reke so nosile obsežne količine plavja in odnašale mostove in ceste. Obilno deževje se je 4. in 5. avgusta nadaljevalo z nalivi nižjih intenzitet, ki so se razširili nad celotno državo. Ob silovitem dotoku iz sosednje Avstrije sta pričeli poplavljati tudi Drava in Mura. Poplavili so tudi manjši vodotoki v Prekmurju, Dravinja in Pesnica v Podravju, Krka s pritoki in Ljubljanica s kraškimi pritoki, a večinoma na območju pogostih poplav. Poplavni dogodek je spominjal na izjemne dogodke, ki so Slovenijo prizadele v preteklih 35 letih, a jih je tokratni presegel po obsegu, v najbolj prizadetih porečjih pa tudi po silovitosti. Na številnih vodomernih postajah je bila izmerjena konica vodostaja ali pretoka največja v obdobju izvajanja meritev. Povratne dobe največjih pretokov rek v povirnih delih porečij Meže, Savinje, Kamniške Bistrice, Sore in Save na odseku od Medvod do Hrastnika so bile ocenjene na 100 in več let.

Ključne besede:

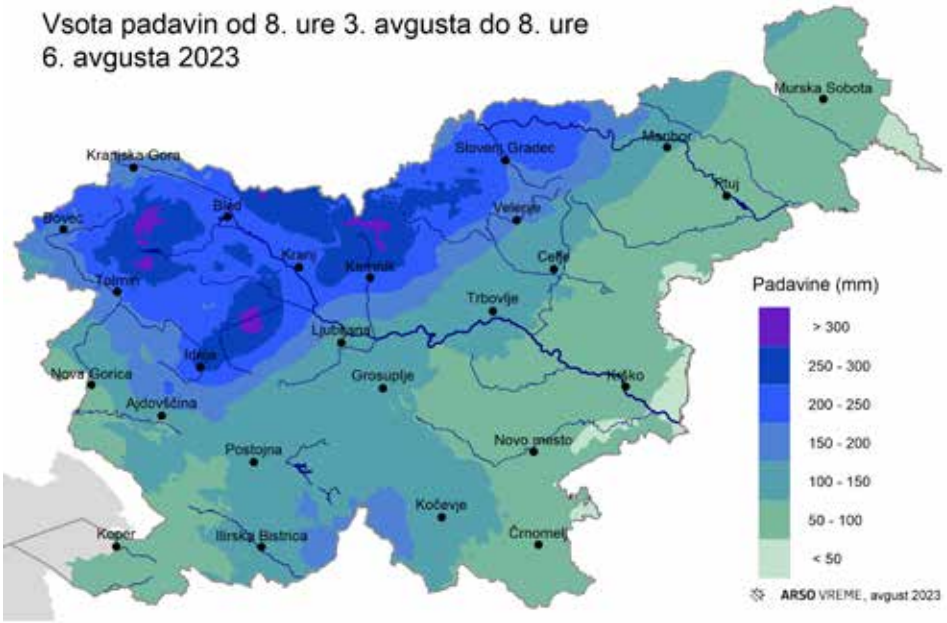
obsežne poplave, hudourniki, izjemni pretoki, nalivi

1. Padavinske razmere

K izjemnim poplavam v Sloveniji v avgustu 2023 so prispevali predhodna namočenost in številni nalivi, ki so se zvrstili med 3. in 6. avgustom. 3. avgusta čez dan se je krepila konvektivna aktivnost. Zvečer so se pojavile prve zelo intenzivne padavine v zahodni in severni Sloveniji, ko je ponekod v dobri uri padlo tudi do 50 mm padavin. Ponoči so se intenzivni nalivi obnavljali na širšem območju severozahodne

in severne Slovenije. Do 8. ure 4. avgusta je v pasu od Zgornjega Posočja in doline Idrijce do doline Drave na Koroškem in Štajerskem v 12 urah padlo več kot 100 mm dežja, na velikem deležu tega območja več kot 150 mm, lokalno pa tudi preko 200 mm dežja. Drugod v severni polovici Slovenije je bilo padavin bistveno manj, v južni polovici pa zelo malo ali nič. Severno od Karavank, v porečjih manjših pritokov reke Drave na avstrijskem Koroškem, je v enakem obdobju padlo med 100 in 200 mm dežja, na avstrijskem Štajerskem, v porečjih pritokov reke Mure dolvodno od sotočja z Murico, pa manj – med 50 in 100 mm. Obilno deževje se je 4. avgusta nadaljevalo z nalivi nižjih intenzitet, ki so se razširili nad celotno državo. Do 8. ure 5. avgusta je bilo težišče padavin v južni polovici Slovenije, kjer je padlo med 80 in 100 mm dežja, lokalno tudi več. Drugod, proti severu in vzhodu države, je bilo padavin nekoliko manj, med 30 in 80 mm. Na avstrijskem delu porečja Drave, v porečjih njenih manjših pritokov severno od Karavank, je v enakem obdobju padlo med 60 in 100 mm dežja, drugod na avstrijskem Koroškem med 30 in 60 mm, v ostalih delih porečja pa med 10 in 30 mm. Podobno je na avstrijskem delu porečja Mure, v porečjih njenih pritokov dolvodno od sotočja z Murico, takrat padlo od 30 do 60 mm dežja, v samem povirju reke Mure do 50 mm, drugod pa med 15 in 30 mm. Deževje se je 5. avgusta umirilo. Do konca dneva je na širšem območju osrednje, severne in severozahodne Slovenije padlo še 20 do 40 mm dežja, ponekod do 60 mm. Podobno je na avstrijskih delih porečij Drave in Mure v enakem obdobju padlo od 10 do 30, krajevno do 60 mm, dežja.

V treh dneh, do 6. avgusta zjutraj, je največ padavin, krajevno tudi več kot 300 mm, padlo v porečjih Save Bohinjke, Sore, Kokre, Tržiške Bistrice, Meže ter v povirnih delih porečij Kamniške Bistrice in Savinje. V večjem delu Slovenije je tako padlo med 100 in 300 mm dežja, manj le na južnem Primorskem in v širšem pasu ob meji s Hrvaško na vzhodu države (slika 1).



Slika 1: 72-urna višine padavin, od 3. do 6. avgusta, na območju Slovenije (Nalivi, 2023)

2. Hidrološko dogajanje

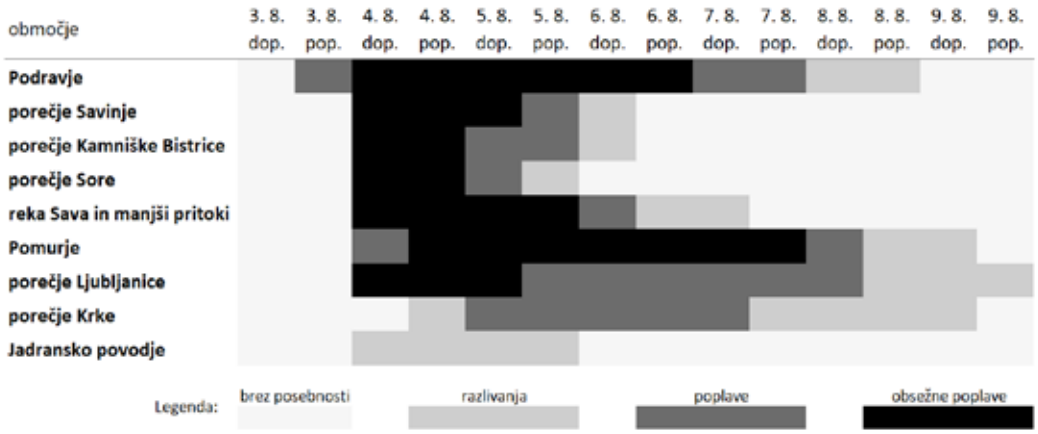
Po obilnem deževju se je prvo naraščanje rek začelo že v četrtek, 3. avgusta, zvečer. Sprva so prehodno močno narasle posamezne manjše reke v povirjih Meže, Pake, Dravinje, Idrijce, Save Bohinjke in Kučnice. Pri tem so nastopila prva razlivanja. V noči na petek in v petek zgodaj zjutraj pa so silovito do izjemnih pretokov narasli številni hudourniki, manjši vodotoki in reke v porečjih Meže, Savinje, Kamniške Bistrice, Kokre, Tržiške Bistrice, Sore in Gradaščice. Nastopile so obsežne poplave ob vodotokih z uničujočim delovanjem voda in plavin, zlasti ob Meži, Mislinji, Suhodolnici, Savinji, Lučnici, Dreti, Kamniški Bistrici, Nevljici, Pšati, Sori, Poljanski Sori in njihovih manjših pritokih. V povirjih Meže in Savinje se je uničujoče delovanje voda zaradi močno spremenjenih odtočnih lastnosti rečnih strug ohranjalo tudi več kot 24 ur po vrhu poplavnega vala. Drugod se je voda s poplavljenih površin umaknila prej, a je za seboj ravno tako pustila razdejane vodotoke, stanovanjske in gospodarske objekte, ceste in mostove.

V petek, 4. avgusta, zjutraj sta posledično močno naraščali Sava dolvodno od sotočja s Soro in Savinja v spodnjem toku, močno pa sta naraščali tudi Mura in Drava. Sava je že dopoldne v velikem obsegu poplavila na območju Ljubljane, pozneje pa tudi v Zasavju. Popoldne je obsežno poplavila tudi Savinja na območju Laškega. Mura je poplavljala med nasipi, Drava pa zlasti dolvodno od jezu Markovci. Obe reki sta še naraščali, kot tudi Dravinja in Pesnica. Ob večkratnih hitrih porastih so poplavljali tudi posamezni manjši vodotoki v Prekmurju. Popoldne in zvečer so ponovno prehodno narasle številne reke, ki so dopoldne obsežno poplavile. Savinja v spodnjem toku je pričela upadati, Sava dolvodno od sotočja s Krko pa poplavljati. Razlivali sta se tudi Ljubljanica in Krka s kraškimi pritoki.

V soboto, 5. avgusta, dopoldne je Sava v srednjem toku že upadala, v spodnjem toku pa je poplavljala in dosegla vrh pri skoraj 3400 m^3/s. Pri tem je zajezila reko Krko, ki je s svojimi pritoki še naraščala. Mura je bila v zgornjem toku ustaljena pri okoli 1360 m^3/s, v spodnjem toku pa je še naraščala. Naraščale so tudi Drava pod jezom Markovci, Dravinja, Pesnica in Ljubljanica. V popoldanskih in večernih urah se je naraščanje Ljubljanice, Krke s pritoki v zgornjem toku ter Dravinje in Pesnice ustalilo. Mura je v spodnjem toku pri Dolnji Bistrici predrla nasip in ogrožala tamkajšnje vasi na levem bregu.

V nedeljo, 6. avgusta, dopoldne sta po vnovičnem porastu vrh poplavnega vala dosegli še Mura v zgornjem toku, pri okoli 1460 m^3/s, in Drava v spodnjem toku, pri 1900 m^3/s. Popoldne je vrh poplavnega vala dosegla tudi Krka v spodnjem toku, pri okoli 300 m^3/s. V spodnjem toku reke Mure so uspeli sanirati poškodovani nasip z betonskimi bloki, a so se poplavne razmere na tem območju pričele izboljševati šele v ponedeljek, 7. avgusta, popoldne. Na poplavljenih območjih ob Dravi se je voda zadrževala še v torek, 8. avgusta, ob Muri, Krki in Ljubljanici pa tudi v sredo, 9. avgusta.

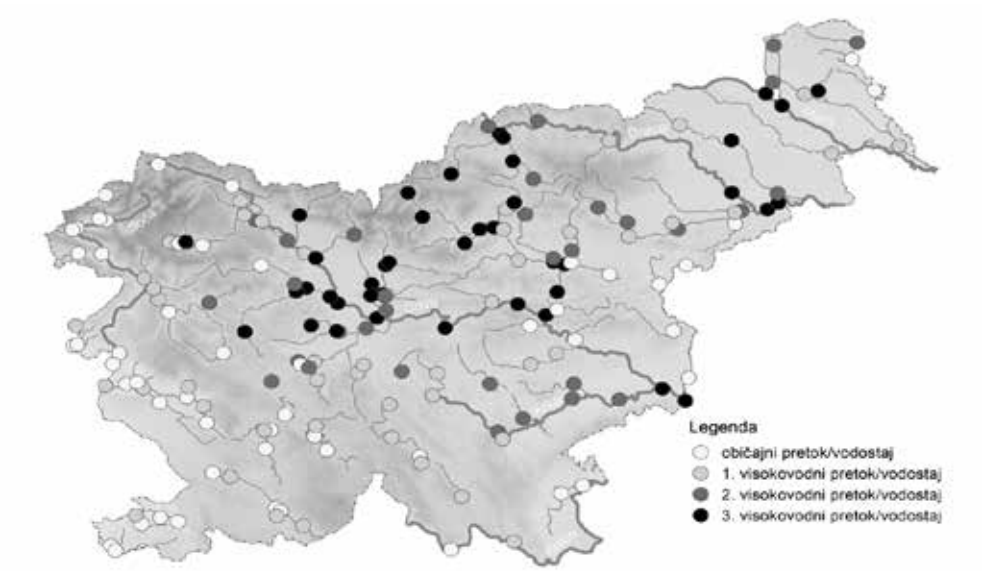
Na sliki 2 je prikazan časovni potek razmer po porečjih oz. območjih, ki so jih prizadele poplave. Pri tem so za vsak 12-urni interval prikazane visokovodne razmere v treh kategorijah – razlivanja, poplave, obsežne poplave, glede na najvišjo zabeleženo visokovodno stopnjo na pripadajočih vodomernih postajah posameznega območja.



Slika 2 Časovni potek razlivanja, poplavljanja in obsežnega poplavljanja po območjih

2.1 Poplavljanje rek

V celotnem trajanju poplavnega dogodka med 4. in 8. avgustom 2023 so bile visokovodne vrednosti pretokov ali vodostajev presežene na 122 vodomernih postajah Agencije RS za okolje na 74 rekah po Sloveniji (slika 3). Za kratek čas se je 5. avgusta razlilo tudi morje ob slovenski obali. Tretja visokovodna vrednost, pri kateri pride do poplav večjega obsega, je bila presežena na 41 vodomernih postajah na 22 rekah. Druga visokovodna vrednost, pri kateri reke začnejo poplavljati, je bila presežena na dodatnih 33 vodomernih postajah na 28 rekah. Prva visokovodna vrednost, pri kateri nastopijo razlivanja ob vodotokih, pa je bila presežena na dodatnih 48 vodomernih postajah na 42 rekah (Poročilo, 2023).



Slika 3 Prikaz vodomernih postaj in preseženih visokovodnih vrednosti pretokov ali vodostajev v času poplavnega dogodka med 4. in 8. avgustom 2023.

Največ rek se je silovito razlilo in obsežno popolavljalo v Podravju, kjer so Drava, Meža, Mislinja, Suhadolnica in Pesnica obsežno poplavljale med 4. in 6. avgustom, poplavljale in razlivale pa so se od 3. do 8. avgusta. V porečju Savinje so v večjem obsegu poplavljale Savinja, Lučnica, Dreta in Velunja, presežene visokovodne vrednosti pa so dosegle med 4. in 6. avgustom dopoldan. Sava in njeni pritoki Mostnica, Tržiška Bistrica in Kokra so obsežno poplavljali 4. in 5. avgusta, poplavljali in razlivali pa so se še do 7. avgusta. Reke v porečjih Kamniške Bistrice in Sore, Kamniška Bistrica, Nevljica, Pšata, Poljanska Sora in Sora so obsežno poplavljale le 4. avgusta. V naslednjih dneh se je obseg poplav na tem območju nekoliko zmanjšal, reke pa so se v struge vrnile 6. avgusta popoldan. Najdlje so obsežne poplave vztrajale ob reki Muri, od 4. avgusta popoldan pa vse do 8. avgusta, ko se je obseg poplav sicer zmanjšal, Mura pa se je vrnila v strugo šele naslednji dan. Obsežneje je poplavil tudi Martjanski potok. V porečju Ljubljanice sta obsežno poplavili Šujica in Gradaščica, 4. in 5. avgusta.

3. Zabeležene konice vodostajev in pretokov rek

Med poplavnim dogodkom je večina vodomernih postaj delovala, samodejni prenos podatkov pa je bil ponekod začasno prekinjen. Zaradi poškodb posameznih vodomernih postaj na Savinji, Meži (slika 4) in Muri nekateri podatki o hidrološkem dogajanju rek niso na voljo. Za večino vodomernih postaj, kjer je bila presežena 2. visokovodna vrednost vodostaja ali pretoka, pri kateri nastopijo poplave, so v preglednici 1 podane vrednosti in čas nastopa izmerjenih konic vodostajev in pretokov rek, ocenjene povratne dobe pretokov rek in dosežena visokovodna stopnja (skladno s sliko 3). Prikazani podatki imajo zaradi samodejnega prenosa iz vodomernih postaj zgolj začasni in splošno informativni pomen. Številne ugotovitve hidroloških opazovalcev in informacije, ki so bile pridobljene s fotografskih in video zapisov ter visokovodnih sledi ob vodomernih postajah, so že upoštevane v tem prispevku. Pred uradno objavo podatkov z vodomernih postaj pa so lahko dodatno izvedeni značilno pomembni popravki.



Slika 4: Vodomerna postaja Črna na Meži (levo), 7. avgusta 2023, in ostanki vodomerne postaje Otiški Vrh na Meži (desno), 18. avgusta 2023 (vir: Arhiv ARSO).

Ob izjemnem poplavnem dogodku so bile na številnih vodomernih postajah izmerjene največje konice pretoka ali vodostaja v obdobju izvajanja meritev. V Podravju so bile največje konice izmerjene na šestih vodomernih postajah na Dravi, Meži, Bistrici in Oplotnici, v Pomurju na dveh na Muri, na štirih vodomernih postajah v srednjem toku Save, na Mostnici, na treh vodomernih postajah Kamniške Bistrice, na Nevljici in Pšati, v porečju Sore na dveh vodomernih postajah na Poljanski Sori in dveh na Sori, pa tudi na Kokri, Gradaščici in Šujici. V porečju Savinje smo največje konice zabeležili na treh vodomernih postajah v zgornjem toku Savinje in v Velikem Širju, kot tudi na Dreti.

Povratne dobe največjih pretokov manjših rek in glavnih odvodnikov v povirnih delih porečij Meže, Savinje, Kamniške Bistrice in Sore kot tudi reke Save na odseku od Medvod do Hrastnika so bile ocenjene na 100 in več let. Mura in Savinja v spodnjem toku sta dosegli od 50- do 100-letno, Sava pod sotočjem s Krko 20-letno, Drava v spodnjem toku pa 10- do 20-letno povratno dobo.

Preglednica 1 Izmerjene konice vodostajev in pretokov rek med 4. in 8. avgustom 2023 na vodomernih postajah

Šifra	**Vodomerna postaja**	**Vodotok**	**Konica vodostaja in pretoka**	**Čas nastopa konice [CET[1]]**	**Uvrstitev konice [rang(OO[2])]**	**Ocena PD[3] [leta]**	**Visokovodna stopnja**
1060	Gornja Radgona	Mura	489 cm 1461 m³/s	6. 8. 2023 ob 10.10	1. najvišja (1930–2023*)	50–100	3.
1070	Petanjci	Mura	531[4] cm 1348[4] m³/s	6. 8. 2023 ob 1.30[4]	1. najvišja (1956–2023*)	-	3.
1100	Cankova	Kučnica	308 cm 21,1 m³/s	4. 8. 2023 ob 8.20	7. najvišja (1981–2023*)	5	2.
1165	Nuskova	Ledava	389 cm 43,6 m³/s	4. 8. 2023 ob 9.40	2. najvišja (1992–2023*)	20	2.
1300	Martjanci	Martjanski potok	342 cm 25,1 m³/s	4. 8. 2023 ob 16.20	2. najvišja (1970–2023*)	20	3.
1355	Hodoš	Velika Krka	279 cm 40,8 m³/s	4. 8. 2023 ob 17.40	12. najvišja (1974–2023*)	5	2.
2005	Črneče	Drava	624 cm 1300 m³/s	5. 8. 2023 ob 22.00	10. najvišja (1965–2023)	2–5	2.
2110	Ptuj	Drava	621 cm 2000 m³/s	6. 8. 2023 ob 8.00	6. najvišja (1938–2023*)	10	3.
2150	Borl	Drava	574 cm 1916 m³/s	6. 8. 2023 ob 8.30	2. najvišja (1990–2023)	20	3.
2160	Zavrč	Drava	588 cm 1903 m³/s	6. 8. 2023 ob 9.20	1. najvišja (2016–2023*)	-	3.
2220	Črna	Meža	321 cm 154 m³/s	4. 8. 2023 ob 3.10	1. najvišja (1970–2023*)	>100	3.
2250	Otiški Vrh	Meža	534[4] cm 517[4] m³/s	4. 8. 2023 ob 5.40	1. najvišja (1953–2023)	>100	3.
2372	Dovže	Mislinja	175 cm 63,9 m³/s	4. 8. 2023 ob 5.00	4. najvišja (1955–2023*)	20	2.

Šifra	**Vodomerna postaja**	**Vodotok**	**Konica vodostaja in pretoka**	**Čas nastopa konice [CET[1]]**	**Uvrstitev konice [rang(OO[2])]**	**Ocena PD[3] [leta]**	**Visokovodna stopnja**
2390	Otiški Vrh	Mislinja	340 cm - m^3/s	4. 8. 2023 ob 8.40	2. najvišja (1973–2023)	-	3.
2420	Stari trg	Suhodolnica	313 cm 96,4 m^3/s	4. 8. 2023 ob 6.40	1. najvišja (1989–2023)	20-50	3.
2432	Muta	Bistrica	151 cm 43,9 m^3/s	4. 8. 2023 ob 3.30	1. najvišja (2005–2023)	20	2.
2600	Zreče	Dravinja	154 cm 16,9 m^3/s	3. 8. 2023 ob 21.50	8. najvišja (1973–2023*)	5-10	2.
2640	Makole	Dravinja	320 cm 113 m^3/s	5. 8. 2023 ob 5.20	4. najvišja (1973–2023*)	10	2.
2652	Videm	Dravinja	440 cm 217 m^3/s	5. 8. 2023 ob 17.50	7. najvišja (1938–2023*)	5-10	2.
2667	Perovec	Oplotnica	293 cm 51,4 m^3/s	4. 8. 2023 ob 15.10	1. najvišja (2017–2023)	-	2.
2880	Gočova	Pesnica	516 cm 72,4 m^3/s	5. 8. 2023 ob 14.40	2. najvišja (1970–2023*)	20	3.
2900	Zamušani	Pesnica	345 cm 109 m^3/s	5. 8. 2023 ob 13.00	9. najvišja (1946–2023*)	10	2.
3250	Bodešče	Sava Bohinjka	380 cm 372 m^3/s	4. 8. 2023 ob 8.30	20. najvišja (1951–2023*)	2–5	2.
3300	Stara Fužina	Mostnica	355 cm 160 m^3/s	4. 8. 2023 ob 2.20	1. najvišja (1951–2023*)	50	3.
3530	Medno	Sava	643 cm 1929 m^3/s	4. 8. 2023 ob 9.30	1. najvišja (1978–2023*)	>100	3.
3570	Šentjakob	Sava	873[4] cm 1558[4] m^3/s	4. 8. 2023 ob 9.40[4]	1. najvišja (1926–2023*)	-	3.
3660	Litija	Sava	610 cm 2571 m^3/s	4. 8. 2023 ob 18.10	1. najvišja (1898–2023)	>100	3.
3725	Hrastnik	Sava	1198 cm 2541 m^3/s	4. 8. 2023 ob 22.20	1. najvišja (1993–2023)	100	3.
3850	Čatež	Sava	823 cm 3399 m^3/s	5. 8. 2023 ob 7.50	3. najvišja (1976–2023)	20	3.
3900	Jesenice na Dolenjskem	Sava	775 cm 3319 m^3/s	5. 8. 2023 ob 10.00	2. najvišja (2004–2023*)	20	3.
4400	Kamnik	Kamniška Bistrica	385 cm 307 m^3/s	4. 8. 2023 ob 4.30	1. najvišja (1926–2023*)	>100	3.
4430	Vir	Kamniška Bistrica	384 cm 397 m^3/s	4. 8. 2023 ob 6.00	1. najvišja (1978–2023*)	>100	3.
4445	Bišče	Kamniška Bistrica	416 cm - m^3/s	4. 8. 2023 ob 6.30	1. najvišja (2016–2023*)	-	2.
4480	Nevlje	Nevljica	393 cm - m^3/s	4. 8. 2023 ob 5.10	1. najvišja (1959–2023)	-	3.
4520	Podrečje	Rača	305 cm 72,0 m^3/s	4. 8. 2023 ob 7.00	5. najvišja (1981–2023)	5–10	2.
4570	Topole	Pšata	351[6] cm 77,3[6] m^3/s	4. 8. 2023 ob 6.00	1. najvišja (1989–2023)	100	3.

Šifra	Vodomerna postaja	Vodotok	Konica vodostaja in pretoka	Čas nastopa konice [CET[1]]	Uvrstitev konice [rang(OO[2])]	Ocena PD[3] [leta]	Visokovodna stopnja
4575	Loka	Pšata	226 cm - m^3/s	4. 8. 2023 ob 9.30	1. najvišja (1997–2023)	-	3.
4200	Suha	Sora	641 cm 797 m^3/s	4. 8. 2023 ob 6.20	1. najvišja (1926–2023*)	>100	3.
4209	Medvode	Sora	768[4] cm - m^3/s	4. 8. 2023 ob 8.10[4]	1. najvišja (1989–2023)	>100	3.
4222	Žiri	Poljanska Sora	403 cm 211 m^3/s	4. 8. 2023 ob 3.50	1. najvišja (1949–2023*)	100	3.
4230	Zminec	Poljanska Sora	605 cm 519 m^3/s	4. 8. 2023 ob 5.40	1. najvišja (1954–2023*)	100	3.
4298	Vešter	Selška Sora	344 cm 277 m^3/s	4. 8. 2023 ob 7.30	4. najvišja (1989–2023)	10	2.
4025	Ovsiše	Lipnica	229 cm 66,4 m^3/s	4. 8. 2023 ob 6.40	6. najvišja (1955–2023*)	10	2.
4050	Preska	Tržiška Bistrica	292 cm - m^3/s	4. 8. 2023 ob 4.15	2. najvišja (1971–2023*)	-	3.
4120	Kokra	Kokra	308 cm 118 m^3/s	4. 8. 2023 ob 3.30	cca 10. najvišja (1911–2023*)	10	2.
4155	Kranj	Kokra	429 cm 307 m^3/s	4. 8. 2023 ob 5.40	1. najvišja (1957–2023*)	50	3.
5030	Vrhnika	Ljubljanica	419 cm 106 m^3/s	5. 8. 2023 ob 19.00	32. najvišja (1926–2023)	5	2.
5078	Moste	Ljubljanica	265 cm 278 m^3/s	5. 8. 2023 ob 10.30	30. najvišja (1924–2023)	2–5	2.
5270	Bistra	Bistra	291 cm 19,5 m^3/s	5. 8. 2023 ob 19.20	3. najvišja (1970–2023)	5	2.
5479	Bokalce	Gradaščica	229 cm 157 m^3/s	4. 8. 2023 ob 8.00	2. najvišja (2012–2023*)	-	2.
5500	Dvor	Gradaščica	327[5] cm - m^3/s	4. 8. 2023 ob 3.30	1. najvišja (1979–2023*)	>20	3.
5540	Razori	Šujica	342[5] cm - m^3/s	4. 8. 2023 ob 7.20	1. najvišja (1954–2023)	>20	3.
5940	Logatec	Logaščica	237 cm 12,5 m^3/s	5. 8. 2023 ob 1.30	13. najvišja (1955–2023*)	5	2.
6020	Solčava	Savinja	335[5] cm - m^3/s	4. 8. 2023 ob 3.00	1. najvišja (1959–2023)	-	3.
6060	Nazarje	Savinja	536 cm 859 m^3/s	4. 8. 2023 ob 7.10	1. najvišja (1926–2023)	>100	3.
6068	Letuš	Savinja	696 cm 935 m^3/s	4. 8. 2023 ob 7.20	1. najvišja (1954–2023*)	>100	3.
6120	Medlog	Savinja	554 cm - m^3/s	4. 8. 2023 ob 11.00	2. najvišja (2003–2023*)	-	3.
6140	Celje – brv	Savinja	700 cm 1173 m^3/s	4. 8. 2023 ob 14.30	3. najvišja (1960–2023*)	50	3.
6200	Laško	Savinja	682 cm 1450 m^3/s	4. 8. 2023 ob 16.20	3. najvišja (1907–2023*)	50	3.

Šifra	Vodomerna postaja	Vodotok	Konica vodostaja in pretoka	Čas nastopa konice [CET[1]]	Uvrstitev konice [rang(OO[2])]	Ocena PD[3] [leta]	Visokovodna stopnja
6210	Veliko Širje	Savinja	1010 cm 1532 m³/s	4. 8. 2023 ob 17.50	1. najvišja (1955–2023*)	50	3.
6220	Luče	Lučnica	402 cm 271 m³/s	4. 8. 2023 ob 4.00	2. najvišja (1955–2023*)	-	3.
6240	Kraše	Dreta	486 cm 345 m³/s	4. 8. 2023 ob 5.50	1. najvišja (1959–2023)	>100	3.
6280	Velenje	Paka	260 cm 37,7 m³/s	4. 8. 2023 ob 14.20	5. najvišja (1953–2023*)	5–10	2.
6415	Gaberke	Velunja	361 cm 68,6 m³/s	4. 8. 2023 ob 05.00	2. najvišja (1986–2023)	10–20	3.
6630	Levec	Ložnica	319 cm 101 m³/s	4. 8. 2023 ob 18.10	5. najvišja (1954–2023)	10	2.
6790	Škofja vas	Hudinja	292 cm 89,7 m³/s	4. 8. 2023 ob 15.50	4. najvišja (1983–2023)	5–10	2.
7060	Soteska	Krka	382 cm 182 m³/s	5. 8. 2023 ob 20.00	4. najvišja (2006–2023*)	5	2.
7110	Gorenja Gomila	Krka	448 cm 285 m³/s	6. 8. 2023 ob 5.10	8. najvišja (1962–2023*)	5	2.
7160	Podbočje	Krka	341 cm 302 m³/s	6. 8. 2023 ob 14.20	93. najvišja (1926–2023*)	2	2.
7200	Mlačevo	Grosupeljščica	226 cm 7,51 m³/s	5. 8. 2023 ob 10.10	3. najvišja (1956–2023*)	10	2.
7308	Rožni Vrh	Temenica	227 cm 11,6 m³/s	5. 8. 2023 ob 10.30	15. najvišja (1956–2023*)	2–5	2.
7340	Prečna	Prečna	341 cm 41,3 m³/s	5. 8. 2023 ob 22.10	3. najvišja (1953–2023)	5	2.
7380	Škocjan	Radulja	268 cm 39,4 m³/s	5. 8. 2023 ob 11.00	13. najvišja (1961–2023)	2	2.

*podatkovni niz v opazovalnem obdobju ni popoln
[1] CET … srednjeevropski čas. [2] OO … opazovalno obdobje. [3] PD … povratna doba
[4] navedeni so podatki ob zadnjem terminu pred uničenjem vodomerne postaje.
[5] obtekanje vodomerne postaje, vrednost določena na podlagi nivelacije visokovodne sledi
[6] podcenjena vrednost zaradi obtekanja vodomerne postaje (prelitje nasipov gorvodno)

4. Zaključki

Nenavadna vremenska situacija z jesensko-poletnim padavinskim značajem, pogojena z nadpovprečno visoko temperaturo Sredozemskega morja, in predhodna namočenost porečij sta botrovali izjemnim poplavam na obsežnem delu severne polovice Slovenije. V treh dneh avgusta so obilni nalivi in močne nevihte krajevno prispevale tudi več kot 300 mm dežja. Hitro in silovito so narasle številne reke, manjši vodotoki in hudourniki. Obsežne poplave so nastopile v porečjih Sore, Kamniške Bistrice, Savinje, Meže in vzdolž reke Save v srednjem toku. Na mnogih vodomernih postajah v porečjih z izjemnimi padavinami je bila izmerjena konica pretoka ali vodostaja največja v obdobju izvajanja meritev. Povratne dobe največjih pretokov manjših rek v povirjih Meže, Savinje, Kamniške Bistrice, Sore in Save na odseku od

Medvod do Hrastnika so bile ocenjene na 100 in več let, večine drugih rek pa nad 20 let. Posebnost tokratnega dogodka je bila tudi ta, da so največje tri slovenske reke, Sava, Drava in Mura, poplavljale hkrati.

Po samem nastanku je izjemni hidrometeorološki dogodek avgusta 2023 močno spominjal na uničujoče poplave v delih Nemčije, Belgije in Nizozemske julija 2021, ko je življenje izgubilo več kot 220 ljudi. V Sloveniji je ob samem dogodku in ob odpravljanju njegovih posledic umrlo sedem ljudi. Poplave in posledično zemeljski plazovi so naredili območja popolnoma nedostopna in povzročili ogromno škodo na zgradbah in infrastrukturi (Flooding, 2023). Poplavna škoda neposredno po dogodku je bile ocenjena na 500 milijonov EUR, ob koncu avgusta 2023 pa se je ta ocena podeseterila. Poplavni dogodek je spominjal na pretekle izjemne dogodke, ki so Slovenijo prizadele v letih 1990, 1998, 2005, 2007, 2010, 2012 in 2014, a jih je tokratni presegel po obsegu, v najbolj prizadetih porečjih pa tudi po silovitosti. Obenem se glede na vzroke in značilnosti tokratnega dogodka zavedamo, da smo lahko v prihodnje priče še bolj izjemnim poplavnim dogodkom (Bezak in sod., 2023). Pozno poletje 2023, ki se nakazuje kot rekordno tako po globalni temperaturi ozračja kot po temperaturi Sredozemskega morja, bomo pomnili tudi po izjemnih požarih in poplavah v Grčiji ter nepojmljivih poplavah v Libiji.

Ocenjene povratne dobe največjih pretokov lahko vzbujajo pomisleke, da so ponekod prenizke, drugod pa previsoke. Na eni strani je dolžina dolgoletnih nizov pretokov na večini vodomernih postaj v Sloveniji relativno kratka za izvedbo verjetnostne analize, ki bo rezultirala gotove ocene povratnih dob izjemnih dogodkov. Obenem smo v zadnjih desetletjih priča zgoščevanju poplavnih dogodkov, ki so ali pa jih le zaznavamo kot redke. V Spodnji Savinjski dolini smo na primer v preteklih 35 letih doživeli tri primerljive obsežene poplavne dogodke, ki so bili ocenjeni z vsaj 50-letno povratno dobo. Podobno velja tudi v povirnem delu Gradaščice, kjer smo bili v preteklih 15 letih priča prav tako trem primerljivim obsežnim poplavnim dogodkom, ki smo jih ocenili z vsaj 20-letno povratno dobo. Tako se sprašujemo, ali je v času spreminjajočega se podnebja koncept povratnih dob primeren za ocenjevanje jakosti vremensko pogojenih dogodkov (Brenčič, 2023), med katere sodijo tudi poplave.

5. Viri

[1] Arhiv hidroloških podatkov, 2023. Agencija Republike Slovenije za okolje.

[2] Brenčič, M., 2023. Paradoks povratnih dob. Slovensko društvo za zaščito voda. Dostopno na: https://sdzv-drustvo.si/novice/paradoks-povratnih-dob/ [dostop 9. september 2023]

[3] Bezak, N., Panagos, P., Liakos, L., and Mikoš, M.2023. Brief communication: A first hydrological investigation of extreme August 2023 floods in Slovenia, Europe, EGUsphere [preprint], Dostopno na: https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-1979 [dostop 14. september 2023]

[4] Flooding in Slovenia - August 2023. 2023. Copernicus EMS - European Flood Awareness System (efas.eu) https://www.efas.eu/en/news/flooding-slovenia-august-2023 [dostop 15. september 2023]

[5] Nalivi in obilne padavine od 3. do 6. avgusta 2023. 2023. Agencija Republike Slovenije za okolje. Dostopno na: https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/weather_events/padavine_3-6avg2023.pdf [dostop 9. september 2023]

[6] Poročilo o poplavah. 2023. Izjemne poplave v Sloveniji med 4. in 8. avgustom 2023. Agencija Republike Slovenije za okolje. Dostopno na: http://www.arso.gov.si/vode/poro%c4%8dila%20in%20publikacije/Porocilo_visoke_vode_in_poplave_avg2023.pdf [dostop 8. september 2023]

ZEMELJSKI PLAZOVI IN OSTALI POJAVI POBOČNEGA MASNEGA PREMIKANJA MED UJMO AVGUSTA 2023

dr. TINA PETERNEL, dr. JERNEJ JEŽ, dr. ANDREJ NOVAK,
dr. MATEJA JEMEC AUFLIČ, dr. ELA ŠEGINA, dr. MILOŠ BAVEC

Geološki zavod Slovenije

POVZETEK

Slovenija je zaradi geološke zgradbe in reliefnih ter podnebnih značilnosti zelo podvržena pojavom različnih vrst pobočnih masnih premikov. Najpogostejši med njimi so zemeljski plazovi, ki se največkrat sprožijo kot posledica padavin. Prispevek se osredotoča na opis nastanka več tisoč pojavov zemeljskih plazov in sorodnih pojavov, ki so nastali ob ujmi v avgustu 2023. Obseg in razsežnost zemeljskih plazov je velikostnega reda, ki mu v sodobni zgodovini v Sloveniji še nismo bili priča.

Strokovnjaki geologi smo v času avgustovske ujme, v sklopu interventnih ogledov, ugotavljali vrsto pobočnih masnih premikov, obseg dogodkov, vzroke za plazenje in ocenili možnosti nadaljnjih premikov ter podali možne začasne interventne ukrepe. Za potrebe ocene škode nastale, zaradi avgustovske ujme, smo tudi pripravili strokovne podlage na podlagi katerih smo ocenili, da je v tem času nastalo okrog 10.000 zemeljskih plazov.

Zadnja ujma, ki je zahtevala ogromno škode in tudi smrtne žrtve, je trden dokaz, da je Slovenija zelo podvržena nastanku zemeljskih plazov. To nedvomno med drugim poudarja nujnost vključevanja in upoštevanja preventivnih ukrepov za obvladovanje naravnih nesreč.

Ključne besede:

ujma, zemeljski plaz, padavine, ocena škode

1. Uvod

Prispevek opisuje aktivnosti Geološkega zavoda Slovenije v času trajanja obilnih padavin ter takoj po ujmi. V prvem delu predstavlja ugotovitve interventnih geoloških ogledov plazov na prizadetih območjih ter sodelovanje s civilno zaščito. V nadaljevanju pa opisuje aktivnosti povezane s pripravo strokovnih podlag za ugotavljanje obsega nastalih zemeljskih plazov ter oceno škode. S pogledom naprej poudarjamo pomen preventivnega delovanja na področju opozarjanja na nastajanje zemeljskih plazov, ki zajema izdelavo opozorilnih kart verjetnosti pojavljanja teh pojavov ter zgodnje opozarjanje ob napovedanih padavinah.

2. Obseg in značilnosti zemeljskih plazov med avgustovsko ujmo

V obdobju med 3. in 6. avgustom 2023 so predvsem južno predgorje Julijskih Alp ter Idrijsko, Polhograjsko, Gorenjsko, Koroško in Zgornje Savinjsko dolino zajele padavine z nevihtami in močnimi nalivi, ki so povzročile obsežne poplave in sprožile številne pojave pobočnih masnih premikov. Razlog za nastanek številnih pobočnih masnih premikov so bile obilne padavine in deloma tudi namočenost tal kot posledica predhodnih padavin v juliju (Agencija RS za okolje, 2023). Po podatkih Agencije RS za okolje naj bi padavine v občini Kamnik dvakrat presegle dolgoletno mesečno povprečje, na merilni postaji Ambrož pod Krvavcem pa so 12-urne padavine med 3. in 4. avgustom presegle 250-letno povratno dobo (ARSO, 2023). V času avgustovske ujme smo poleg obsežnih poplav in sorodnih procesov bili priča tudi pojavu številnih zemeljskih plazov, ki so povzročili veliko gmotno škodo tako na objektih in infrastrukturi.

Največ pojavov zemeljskih plazov je bilo zabeleženih na območju severno od Kamnika, na območju Zgornje Savinjske doline in v širši Koroški regiji, med Črno na Koroškem ter Dravogradom, ter na območju Poljanske doline.

Terenske podatke o nastalih zemeljskih plazovih in sorodnih pojavih smo na Geološkem zavodu Slovenije (GeoZS) pridobivali predvsem v okviru interventnih ogledov, ki smo jih ob sodelovanju Oddelka za geologijo Naravoslovnotehniške fakultete Univerze v Ljubljani izvajali v koordinaciji s štabi civilne zaščite. V sklopu interventnih ogledov smo ugotavljali vrsto pobočnih masnih premikov, obseg dogodkov, vzroke za plazenje in ocenili možnosti nadaljnjih premikov ter podali možne začasne interventne ukrepe.

Ocenjujemo, da se je v Sloveniji v času ujme sprožilo do 10.000 pobočnih masnih premikov, njihova gostota je bila na posameznih območjih izjemna. (Slika 1). Vplivna območja posameznih plazov t.j. območja odlaganja materiala kažejo, da je šlo za ekstremne dogodke, ki se razlikujejo od doslej znanih pojavov plazenja na teh območjih. V zelo malo primerih se je zemeljski plaz odložil v neposredni bližini izvornih območij (Slika 1). Plazovi so se zaradi velikih količin vode neredko pretvorili v blatne ali drobirske tokove (Slika 2), katerih material se je odložil na vznožjih pobočij nekaj 10, 50, 100, včasih tudi več 100 metrov daleč stran od njihovih izvornih lokacij. Posledično so bili prizadeti in ogroženi tudi objekti ter infrastruktura, ki se včasih nahajajo daleč stran od primarnih izvornih območij pojavov (Slika 2 A in B).

V večini primerov je splazela preperina klastičnih sedimentih kamnin različnih debelin. Na Koroškem tudi preperina metamorfnih in magmatskih kamnin. Redkejši so bili primeri klinastih zdrsov kamnin, pri katerih je material zdrsel po globokih strukturnih diskontinuitetah v hribini. Pri nekaterih izjemnih primerih so se zgodili zdrsi zemljine na zelo neobičajni geološki podlagi, kjer jih sicer ne bi pričakovali. Evidentirali smo usade na strmih pobočjih iz apnenca in dolomita. V teh primerih je šlo za zdrse plitve preperine skupaj s koreninami in drevesi, kar kaže ne izjemne količine vode, ki je zemljino utekočinila (Slika 2 C).

Obsegi zemeljskih plazov so zelo različni, od plitvih usadov metrskih dimenzij (do 1.000 m^2) do plazov velikega obsega, kjer se je mobiliziralo več deset tisoč m^3 materiala.

Poleg klasičnih zemeljskih plazov, skalnih podorov, blatnih in drobirskih tokov so bili pomembni procesi v času padavinskega dogodka tudi različni hiper-koncentrirani tokovi (mešanica vode, skal, zemljin in sedimentov različnih zrnavosti). Ti so nastajali vzdolž hudourniških grap s karbonatnim zaledjem in visokim energijskim potencialom. V teh primerih je voda v zaledju erodirala velike količine karbonatnega grušča ter ga v obliki zrnskih tokov ali drobirskih poplav odnašala vzdolž strug do dolin. V takšnih primerih se je lahko ponekod transportiralo tudi nad 100.000 m^3 materiala. Material se je po večini odlagal na aluvialnih pahljačah (vršajih) ali



Slika 1: Primerjava izseka digitalnega ortofoto posnetka območja Laniščv občini Kamnik, kjer območje sestavljajo oligocenske klastične kamnine. Na približno 1 km^2 lahko naštejemo preko 50 plazov (poligoni z rdečo obrobo), pri čemer se je večina pretvorila v blatne ali drobirske tokove. Zaradi tega so bila njihova vplivna območja in posledično škoda bistveno večja.

v rečnih dolinah, kjer je zapiral pot večjim vodotokom. Tudi sicer so različni tipi pobočnih premikov prispevali material direktno v vodotoke, s čimer je voda močno pridobila na erozijski moči in dolvodno uničevala objekte in infrastrukturo.

Nastali zemeljski plazovi so zmanjšali stabilnost brežin, posledično so številna območja dovzetna za reaktivacijo obstoječih zemeljskih plazov ali pa za nastanek novih. Vsa ta območja je do sanacije potrebno pozorno spremljati predvsem v času obilnejših padavin. Pobočni masni premiki so pomembno vplivali tudi na vodotoke, saj so v struge rek, potokov in hudournikov prispevali večje količine sedimenta. Večje količine labilnega materiala so po ujmi ostale v strugah, zaradi česar predstavljajo tveganje za sprožitev drobirskih in hiper-koncentriranih tokov ob pojavu obilnejših padavin.



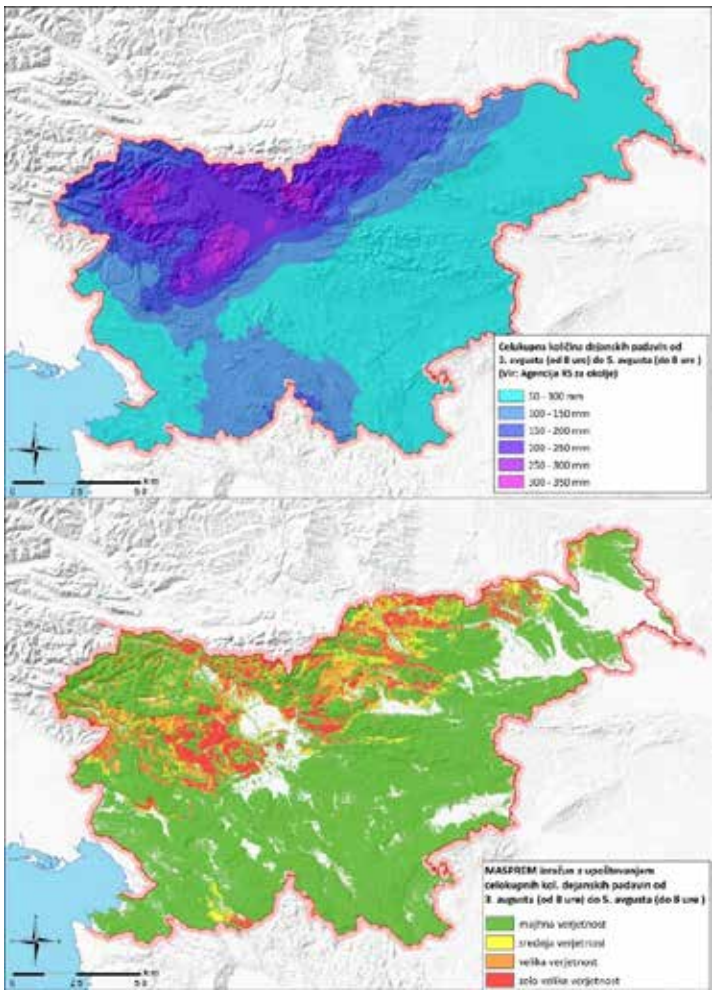
Slika 2: Primeri pobočnih masnih premikov. A) Klinasti zdrs, ki se je pretvoril v drobirski tok, ki ga sestavlja material peska, grušča in več kamninskih blokov, ki imajo dimenzije več m². B) Drobirski tok je na dnu doline deloma zasul strugo potoka. C) Primer plazu, ki se je pretvoril v blatni tok, ki ga sestavlja pesek, mulj in glina. D) Primer zdrsa z vodo zasičene plitve preperine skupaj s koreninami in drevesi, ki je povzročil popolno uničenje hiše. Zdrs se je zgodil na apnenčasti podlagi, ki je za nastanek plazov neobičajna.

3. Priprava strokovnih podlag za oceno in obseg škode nastale zaradi zemeljskih plazov

Strokovna podlaga za trenutno oceno in obseg škode nastale zaradi zemeljskih plazovi ob ujmi v avgustu 2023 je bila pripravljena na podlagi dostopnih podatkov ob koncu avgusta 2023. Ocenjeni obseg prizadetih območij zaradi zemeljskih plazov ne prikazuje realnega stanja, ampak preliminarno oceno, izračunano na podlagi zelo omejenih dostopnih podatkov. Za izdelavo natančne ocene škode in obsega plazov bi v prvi vrsti potrebovali podatke o lokacijah, obsegu in vrsti zemeljskih plazov, ki pa niso bili sistematično zbrani.

Za grobo oceno in obseg škode smo uporabili naslednje podatkovne vire:

1. Zajem območij zemeljskih plazov, ki so bili določeni z digitalizacijo digitalnih ortofoto posnetkov (DOF), ki so bili posneti na poplavnih območjih po ujmi v dneh 7. in 8. avgusta 2023 (vir: Direkcija RS za vode). Digitalizacija plazov na DOF posnetkih je bila izvedena po metodi ročne vizualne interpretacije (Scaioni et al., 2014). Digitalizacija plazov je bila izvedena na območjih znotraj sedmih občin: Kamnik, Luče, Ljubno, Črna na Koroškem, Ravne na Koroškem, Solčava in Žiri. Območja digitalizacije so omejena na območja za katere je na voljo trenutni DOF in ne pokrivajo celotnega prizadetega območja.
2. Uporabili smo terenske popise s strani GeoZS, ki so bili izdelani v okviru interventnih ogledov. Terenski popisi ne odražajo dejanskega števila zemeljskih plazov, ampak vključujejo samo plazove, ki so bili popisani ob interventnem ogledu. Služijo pa kot dober vpogled v vrsto in obseg teh procesov v času ujme (*Slika 1*).
3. Popisi plazov s strani občin (spletna aplikacija e-Plaz: https://www.e-plaz.si/). Tudi ta popis ne odraža celotnega stanja plazov na območju, ampak samo število plazov, ki so jih vpisale občine do konca avgusta 2023.
4. Za določanje območij podvrženosti zemeljskim plazovom v času ujme smo uporabili izračune sistema MASPREM, ki predstavlja državni sistem napovedovanja in zgodnjega opozarjanja pred zemeljskimi plazovi zaradi povečanih količin padavin (Jemec Auflič et al. 2016; Peternel et al., 2022). Sistem MASPREM, ki omogoča prostorsko napovedovanje, deluje avtomatizirano od leta 2013 in za izračun prostorskih napovedi uporablja karto verjetnosti pojavljanja plazov, sprožilne količine padavin in napoved padavin (ALADIN in INCA). Za potrebe ocene škode smo v MASPREM izračun vpeljali celokupno količino padavin od 3. avgusta do 5. Avgusta 2023 (Slika 3).



Slika 3: Primerjava med celokupno količino padavin od 3. avgusta do 5. avgusta 2023 (Agencija RS za okolje, 2023) (zgornja) in MASPREM izračun z upoštevanjem celokupnih dejanskih količin padavin za isto obdobje (spodaj).

Na podlagi analize prej naštetih podatkovnih slojev smo zaključili:

- Na omejenem poplavnem območju (površine 280 km^2) znotraj sedmih občin smo s pomočjo vizualne interpretacije določili 682 zemeljskih plazov, velikosti od 1,000 m^2 in nad 75.000 m^2 in ga poimenovali »učni niz«.
- Izračun MASPREM z uporabo celokupnih dejanskih količin padavin od 3. avgusta do 5. avgusta 2023 je pokazal, da je veliki do zelo veliki verjetnosti za nastanek zemeljskih plazov bilo podvrženo 15 % ozemlja Sloveniji, srednji verjetnosti 10 % in majhni verjetnosti 75 % Slovenije (Slika 3).
- Na podlagi učnega niza smo za vsak MASPREM razred statistično določili značilno gostoto zemeljskih plazov (plz/km^2). Razredu z zelo veliko do veliko podvrženostjo izračunana gostota znaša 3,7 plz/km^2. Za srednji razred podvrženosti gostota znaša 2,1 plz/km^2, medtem ko je za majhno

podvrženost značilna gostota 0,67 m^2. Gostota zemeljskih plazov za razred z zelo majhno podvrženostjo je bila določena ekspertno in znaša 0,02 plz/km^2.

- Na podlagi učnega niza in MASPREM izračuna smo zgornje podatke ekstrapolirali na celotno ozemlje Sloveniji.
- Skupno ocenjeno število zemeljskih plazov za območje Slovenije po ujmi v avgustu 2023 tako znaša med 8.000 in 10.000.

4. Zaključki

Obilno deževje v avgustu je sprožilo veliko število različnih pobočnih masnih premikov, pri čemer se je velik del hribinskih in zemljinskih plazov pretvoril v drobirske in blatne tokove. Nastanek drobirskih in blatnih tokov je povečal obseg prizadetih območij, kot tudi škodo na objektih in infrastrukturi. Hkrati so se premiki zgodili tudi na neobičajni geološki podlagi (apnenci in dolomiti), kjer jih sicer ne bi pričakovali. Pobočni masni premiki so v struge rek, potokov in hudournikov prispevali večje količine materiala, ki je povečal erozijsko moč vode in dolvodno uničeval objekte in infrastrukturo. Po ujmi je material ostal na številnih mestih v strugah. Ob nadaljnjih obilnejših padavinah bo mesta delovanja pobočnih masnih premikov ter struge z večjimi količinami sedimenta potrebno pozorno spremljati zaradi tveganja sprožitve novih dogodkov.

Sistematsko popisovanje lokacij in obsega zemeljskih plazov po ujmi ni bilo izvedeno zato se podatki o nastalih pojavih še zbirajo, večinoma preko sistema e-Plaz. Izdelana ocena obsega pobočnih masnih premikov in obsega škode tako predstavlja le preliminarno oceno, ki bo po zaključku zbiranja terenskih podatkov lahko drugačna.

5. Viri

[1] Agencija RS za okolje, 2023. Hidrometeorološko poročilo Nalivi in obilne padavine od 3. do 6. avgusta 2023.

[2] SCAIONI, M., LONGONI, L., MELILLO, V., PAPINI, M. 2014. Remote Sensing for Landslide Investigations: An Overview of Recent Achievements and Perspectives. Remote Sens., 6, 9600-9652.

[3] JEMEC AUFLIČ, M., ŠINIGOJ, J., KRIVIC, M., PODBOJ, M., PETERNEL, T., KOMAC, M. 2016. Landslide prediction system for rainfall induced landslides in Slovenia (Masprem). Geologija.

[4] JEMEC AUFLIČ, M., ŠINIGOJ, J., PETERNEL, T., PODBOJ, M., KRIVIC, M., KOMAC, M. 2018. TXT-tool 2.386-2.1 A System to Forecast Rainfall-Induced Landslides in Slovenia. Landslide Dynamics: ISDR-ICL Landslide Interactive Teaching Tools. London.

[5] PETERNEL, T., ŠINIGOJ, J., JEMEC AUFLIČ, M., KUMELJ, Š., KRIVIC, M. 2022. MASPREM - Slovenian landslide forecasting and warning system. V: PERANIĆ, Josip et al. (ur.). Landslide modelling & applications: proceedings of the 5th Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region: [23-26 March 2022, Rijeka]. Rijeka: Faculty of Civil Engineering, University of Rijeka; Zagreb

SUŠOMER – STANJE SUŠNIH RAZMER NA ENEM MESTU

ANDREJ GOLOB, ANDREJA MODERC, dr. URŠKA PAVLIČ,
dr. SAŠO PETAN, dr. PETRA SOUVENT,
dr. ANDREJA SUŠNIK, ŽIVA VLAHOVIĆ, mag. MAJA ŽUN

Agencija RS za okolje

POVZETEK

Z namenom spremljanja in obveščanja javnosti o sušnih razmerah v Sloveniji smo na Agenciji RS za okolje razvili orodje Sušomer. Gre za spletni tedenski bilten. V Sušomeru na enotni prostorski in časovni skali obravnavamo tri vrste suše in sicer kmetijsko sušo, sušo površinskih voda in sušo podzemnih voda. Opredelitev in jakost sušnih razmer temelji na oceni odstopanja kazalnikov aktualnega stanja vodnih razmer posameznega dela vodnega kroga od referenčnega obdobja 1991–2020. Sušomer je predmet nenehnega razvoja, ki je odvisen tako od pridobivanja novih znanj kot tudi od potreb uporabnikov. Prispevek predstavlja orodje Sušomer, njegove prednosti in slabosti ter vizijo za nadaljnji razvoj orodja.

Ključne besede:

Sušomer, suša v površinskem sloju tal, hidrološka suša, obveščanje in opozarjanje

1. Uvod

Suša je dogodek ali niz različnih dogodkov, ki so povezani s pomanjkanjem vode. Do suše pride v vzročno posledični verigi, katere začetek je praviloma v pomanjkanju padavin. Tako najprej nastopi meteorološka suša, tj. stanje, ko je padavin manj kot običajno, kar povzroči znatnejše pomanjkanje vode v površinskem sloju tal oz. v plodnih tleh in takrat nastopi kmetijska suša. Ob daljšem trajanju izpada padavin nastopi hidrološka suša, za katero so značilni nizki pretoki vodotokov in kasneje tudi nizke gladine podzemne vode.V tem sosledju sušnih dogodkov zaradi velike človekove odvisnosti od vode pride tudi do posledic v številnih dejavnostih, ki so odvisne od vode [1].

Čeprav je suša običajni, ponavljajoči se del naravne spremenljivosti podnebja, se zaradi podnebnih sprememb v zadnjih desetletjih pogostost, intenzivnost in trajanje suš povečuje v različnih delih sveta, tudi v Sloveniji. V Sloveniji smo na primer od leta 2000 naprej beležili kar sedem suš površinskega sloja tal v razsežnosti naravne nesreče [2]. Od leta 1992 dalje se povečuje tudi pogostost in intenzivnost hidrološke suše površinskih voda glede na obdobje pred tem, pri čemer se ta večkrat pojavlja v obdobju rastne sezone med aprilom in septembrom. Narašča tudi pogostost hidrološke suše podzemnih voda – od desetih najbolj sušnih let obdobja 1981–2022 se jih kar 8 uvršča v obdobje po letu 2000 [3].

Podnebni scenariji do konca 21. stoletja za Slovenijo kažejo na pozitiven trend naraščanja povprečne letne temperature zraka, medtem ko pri količini padavin signali sprememb niso tako enoznačni. Največje spremembe v skupni količini padavin bodo v zimskem času, ko se pričakuje več padavin. Ker se bo temperatura zraka zviševala, se v prihodnje pričakuje povečan pojav zimskih padavin v obliki dežja. V poletnem času večjih sprememb v skupni količini padavin do sredine stoletja ne pričakujemo, zmanjšalo pa se bo število padavinskih dni, kar pomeni, da bo večina padavin padla v zelo kratkem času. Zato lahko pričakujemo močnejše in pogostejše nalive ter neurja, pogosteje pa se bomo srečevali tudi z vmesnimi sušnimi obdobji, ki bodo intenzivnejši zaradi vročine [4].

2. Sušomer: poikazovalnik stanja suše

Z namenom aktualnega obveščanja javnosti smo na ARSO že pred leti pričeli izdajati hidrometeorološki bilten, ki je podajal aktualne hidrološke in agrometeorološke razmere v državi. Hidrometeorološki bilten je predstavljal osnovo za informiranje javnosti o sušnih razmerah v primeru, ko je suša nastopila, ni pa podajal informacij redno, prek celega leta ter na enoten način za vse tipe suše [5].

Zaradi povečane pogostosti suš in povečanega povpraševanja uporabnikov po preteklih in aktualnih sušnih razmerah smo ob koncu leta 2020 pričeli z rednim tedenskim poročanjem o suši v Sloveniji, ki smo ga kasneje, tudi s pomočjo javnomnenjskih anket, poimenovali Sušomer.

Sušomer je spletni prikazovalnik, ki podaja sistematične informacije, opozorila in izglede o aktualnih sušnih razmerah v državi in s tem nudi pravočasno podlago za morebitno ukrepanje in obvladovanje posledic suše. Sušomer interdisciplinarno povezuje meteorološke, agrometeorološke in hidrološke vsebine na enem mestu in pri tem uporablja enotno časovno in prostorsko skalo. Posodablja se enkrat tedensko, razdelitev na posamezne prostorske enote v Sušomeru pa sledi Arsovi prognostični razdelitvi Slovenije, ki izhaja iz dostopnosti kakovostnih in dovolj dolgih nizov podatkov ter primerljivi vremenski karakteristiki v prostoru.

Stopnje sušnih razmer v regiji delimo na zmerno sušne, zelo sušne in izjemno sušne. Posamezne stopnje so opredeljene z barvno lestvico, ki je določena v skladu z opozarjanjem na ekstremne vremenske dogodke.

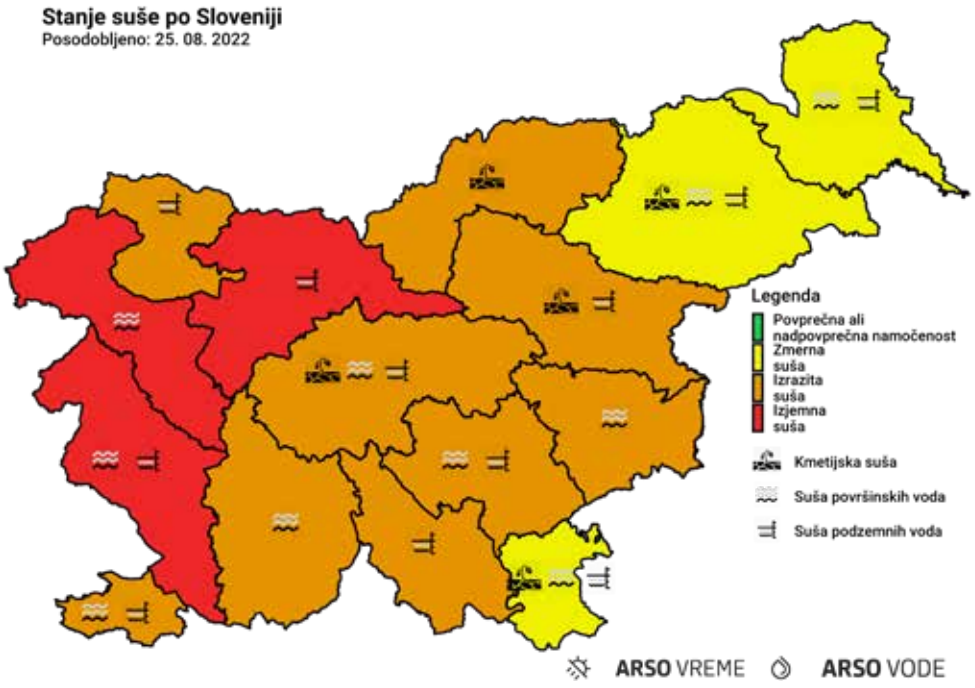
Stopnjo sušnih razmer posamezne vrste suše določajo kazalniki, ki so prilagojeni posameznemu delu vodnega kroga in analizi njihovih odstopanj od pragov, določenih na podlagi referenčnega obdobja meritev 1991–2020 (slika 1). Vhodni podatki za izračun posameznih sušnih kazalnikov so v dometu in upravljanju ARSO. Razglasitev najvišje, izjemne stopnje sušnih razmer se poleg analize sušnih kazalnikov izvede s potrditvijo pristojnega strokovnjaka.

Barva	*Stopnja sušnih razmer*	*Kmetijska suša*	*Suša površinskih voda*	*Suša podzemnih voda*
	Povprečna ali nadpovprečna namočenost	Kazalnik ne dosega 65 % praga	Kazalnik ne dosega 75 % praga	Kazalnik ne dosega 75 % praga
	Zmerno sušno	Kazalnik presega 65 % prag, a ne dosega 85 % praga	Kazalnik presega 75 % prag, a ne dosega 95 % praga	Kazalnik presega 75 % prag, a ne dosega 95 % praga
	Zelo sušno	Kazalnik praviloma presega 85 % prag	Kazalnik praviloma presega 95 % prag	Kazalnik praviloma presega 95 % prag
	Izjemno sušno	Kazalnik praviloma presega 95 % prag; stopnjo mora potrditi tudi pristojni strokovnjak	To stopnjo mora potrditi pristojni strokovnjak	To stopnjo mora potrditi pristojni strokovnjak

Slika 1 Stopnje sušnih razmer Sušomera

Osnovna stran Sušomera vsebuje zbirni zemljevid, na katerem je posamezna regija obarvana z najvišjo izmed stopenj sušnih razmer v različnih delih vodnega kroga, dodane pa so tudi pripadajoče grafične ikone (slika 2). Zemljevidu sledi povzetek sušnih razmer po državi ter tedenska vremenska napoved. Podrobnejši opis sušnih razmer po posameznih področjih so podani v samostojnih zavihkih spletnega prikazovalnika. Sušomer je javnosti dostopen na spletni strani ARSO (https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/agromet/bulletin/drought/sl/) (slika 3).

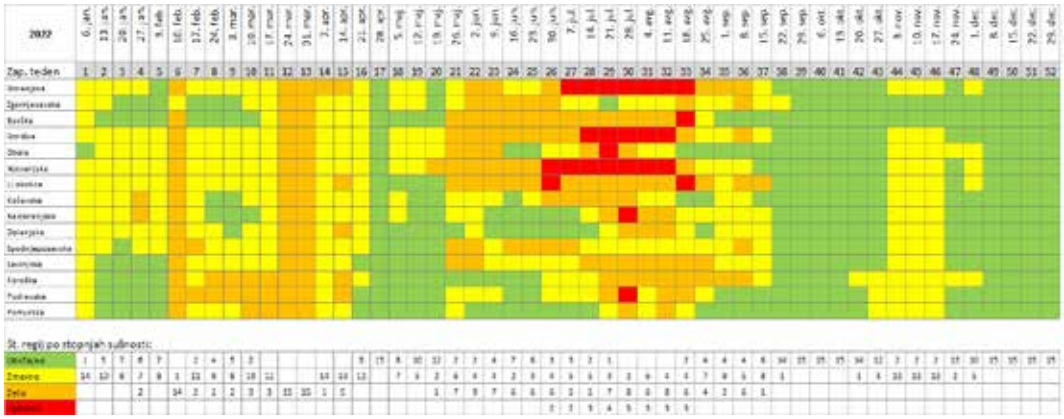
Sušomer poleg aktualnih sušnih razmer omogoča tudi časovni pregled sušnih razmer v preteklosti za posamezni del vodnega kroga (slika 4). Tak način prikaza omogoča hiter in učinkovit vpogled v stopnjo in trajanje sušnih razmer po državi, nakazuje izpostavljena sušna območja, nudi pa tudi informacijo o tem, v katerem delu leta so se sušne razmere v preteklem obdelovalnem obdobju pojavljale.



Slika 2 Zemljevid Sušomera z dne 25.8.2022

Slika 3 QR koda za dostop do Sušomera

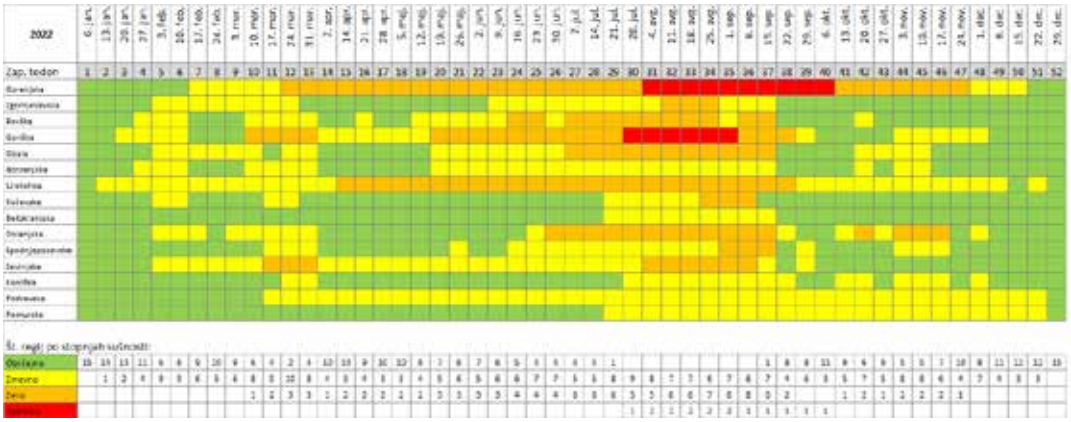
Stanje površinskega sloja tal



Stanje vodotokov



Stanje podzemnih voda



Slika 4 Časovi in prostorski potek posameznih vrst suše v letu 2022

2.1 Kazalniki suše in tedenska napoved sušnih razmer

Suša površinskega sloja tal

Glavni kazalnik za oceno sušnih razmer v površinskem sloju tal je 30-dnevna meteorološka vodna bilanca, ki pomeni razliko med količino padavin ter količino izhlapele vode iz tal in referenčne rastline za izbrano obdobje. V primerih, ko kazalnik kaže izjemno sušne razmere, mora stopnjo potrditi tudi pristojni strokovnjak, ki uporabi dodatne kazalnike in razpoložljive informacije o posledicah suše na kmetijskih rastlinah s terena, ki jih deloma pridobi z mrežo terenskih poročevalcev o suši. V opisu stanja kmetijskih ekosistemov se upoštevajo temperaturne razmere v površinskem sloju tal.

Hidrološka suša površinskih voda

Hidrološka suša v vodotokih se vrednoti v dveh časovnih intervalih, dnevnem in 30-dnevnem. Glavni del ocene sušnih razmer v vodotokih predstavlja primerjava trenutnih dnevnih pretokov na izbranih reprezentativnih postajah v primerjavi z najnižjimi dnevnimi pretoki v pripadajočem mesecu v referenčnem obdobju. Pri določevanju stopnje za posamezno regijo se v večji meri upošteva postaje z večjim prispevnim območjem. Izjemna hidrološka suša površinskih voda nastopi, ko trenutni pretoki v referenčnem obdobju praviloma še niso bili izmerjeni. Ta najvišja stopnja suše mora biti potrjena s strani strokovnjakov, ki vodnatost vodotokov vrednotijo tudi s 30-dnevnim drsečim povprečjem pretoka.

Hidrološka suša podzemnih voda

Količino podzemne vode v medzrnskih vodonosnikih se vrednoti z višino gladine podzemne vode, v kraških vodonosnikih pa s pretokom površinske vode na izbranih reprezentativnih hidroloških postajah. Pri določevanju stopnje sušnih razmer v regijah z vodonosniki z medzrnsko in kraško poroznostjo se zaradi večje sposobnosti zadrževanja vode v večji meri upošteva merilne postaje na medzrnskih vodonosnikih. Razglasitev izjemne hidrološke suše se izvede po presoji strokovnjaka, ki zajema trajanje sušnih razmer na referenčnih merilnih mestih oziroma v posamezni regiji, pa tudi dostopne informacije o vplivih suše iz terena, ki se večinoma nanašajo na težave pri oskrbi s pitno vodo.

Tedenska napoved sušnih razmer

Sušomer poleg aktualne ocene sušnih razmer podaja tudi trend oziroma tedensko napoved posameznih vrst suše po državi. Osnovo za napoved sušnih razmer predstavlja meteorološka napoved ključnih meteoroloških parametrov in strokovna presoja pripravljalca vsebin, ki med drugim zajema aktualne sušne razmere v posamezni regiji Sušomera. Napoved hidrološke suše površinskih voda temlji na interpretaciji rezultatov hidrološkega prognostičnega sistema ARSO.

3. Pogled v prihodnost

Od svojega začetka delovanja pa do danes je Sušomer dosegel že marsikatero osebo s področja strokovne in splošne javnosti. Želimo si, da bi bila razširjenost in uporabnost informacij, ki jih ponuja Sušomer s časom še večja. S tem namenom želimo v razvoj Sušomera vključiti ključne uporabnike, s katerimi bomo idejno zasnovali sistem sprotnega opozarjanja na sušne razmere, ki bo predstavljal odločilni element pri pravočasnem obvladovanju tveganj in izvajanju potrebnih ukrepov za blaženje posledic suše.

Pomemben element upravljanja s sušo je tudi ustrezna in preverjena povratna informacija o dejanskih vplivih različnih vrst suš v stvarnem času. Zato na ARSO stremimo k večjemu medinstitucionalnemu sodelovanju ter razširitvi nabora preventivnih ukrepov v različnih sektorjih.

Monitoring sušnih razmer na državnem nivoju se stalno razvija in nadgrajuje z novimi dognanji v stroki, kar je v veliki meri povezano tudi s tehnološkim in strokovnim razvojem, nova znanja pa pridobivamo tudi s sodelovanjem v mednarodnih projektih in skupinah. Projekta, ki sta prinesla novosti na področju spremljanja sušnih razmer v Sloveniji, predvsem zaradi dodatnih virov podatkov kot so satelitska opazovanja in modelski izračuni, sta bila DriDanube (Drought Risk in the Danube region, https://www.droughtwatch.eu/) in projekt ADO (Alpine Drought Observatory, https://ado.eurac.edu/). Regionalni platformi (Drought Watch in ADO), ki sta nastali v okviru obeh projektov, nudita pomembne podporne kazalnike za oceno sušnih razmer v Sloveniji, ki bodo sčasoma še bolj integrirani v metodologijo Sušomera. K temu bodo k nadaljnjemu razvoju Sušomera prispevali tudi aktualni projekti v izvajanju in v pripravi kot sta X-RISK-cc (How to adapt to changing weather eXtremes and associated compound RISKs in the context of Climate Change) in Danube Water Balance (Development of a harmonized water balance modelling system for the Danube River Basin).

4. Zaključki

ARSO želi z rednim tedenskim izdajanjem biltena Sušomer in s stalnim razvojem podajanja sušnih vsebin obveščati javnost in spodbuditi k pravočasnemu ukrepanju v sektorjih vezanih na vodo in tako pomagati pri zmanjševanju škode, ki jo čedalje pogosteje povzročajo sušne razmere.

Dosedanje izkušnje kažejo, da je tovrstno podajanje vsebin koristno, kar se je izkazalo predvsem v letu 2022, ko je državo prizadela ena najbolj dolgotrajnih in mestoma tudi najbolj intenzivnih suš zadnjega desetletja. Kljub temu je dosedanje delo pokazalo na določene vrzeli in pomanjkljivosti, ki nudijo priložnost in podlago za izboljšanje lastne in uporabniške izkušnje izdajanja tovrstnih informacij v prihodnje.

Pri svojem delu se bomo poleg lastnega znanja in izkušenj tudi v prihodnje opirali na primerljive izkušnje iz tujine ter nadgrajevali znanje s sodelovanjem v v mednarodnih projektih.

5. Viri

[1] BRENČIČ, M., 2017. Kaj je suša. V: Zborniki mišičevih vodarskih dni 1989-2022. Vodnogospodarski biro Maribor. Dostopno na: https://www.mvd20.com/zbornik.php?page=letnik

[2] SUŠNIK, A., PUŠKARIĆ, M., MODERC, A., ŽUN, M., VLAHOVIĆ, Ž., 2023. Nov spletni portal za prikazovanje sušnih razmer v Sloveniji. V: Novi izzivi v agronomiji 2023. Slovensko agronomsko društvo. Dostopno na: https://www.agronomsko-drustvo.si/wp-content/uploads/2023/01/NIA-2023-zbornik-simpozija.pdf

[3] Agencija RS za okolje. 2023. Kazalci okolja v Sloveniji. Dostopno na: http://kazalci.arso.gov.si

[4] BERTALANIČ, R., DOLINAR, M., DRAKSLER, A., HONZAK, L., KOBOLD, M., KOZJEK, K., LOKOŠEK, N., MEDVED, A., VERTAČNIK, G., VLAHOVIĆ, Ž., ŽUST, A., 2018. Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. Stoletja. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje

[5] DOLINAR, M., GOLOB, A., GREGORIČ, G., HABIČ, B., HLADNIK ZAKOTNIK, V., KLANČAR, M., MEDVED, A., MODERC, A., PAVLIČ, U., PETAN, S., PUŠKARIĆ, M., SOUVENT, P., SUŠNIK, A., VLAHOVIĆ, Ž., ŽUN, M., ŽUST, A., 2021. Sušomer. V: Zborniki mišičevih vodarskih dni 1989-2022. Vodnogospodarski biro Maribor. Dostopno na: https://www.mvd20.com/zbornik.php?page=letnik

SPREMEMBE TEMPERATURE VODA V SLOVENIJI DO KONCA 21. STOLETJA

dr. PETER FRANTAR[1], ANDREJ DRAKSLER[2]

[1]Agencija RS za okolje
[2]TC VODE d.o.o.

POVZETEK

Temperatura vode v morju, rekah, jezerih in podzemnih vodah v Sloveniji kaže v zadnjih desetletjih naraščajoč trend. Glede na segrevanje Zemlje predvidevamo, da bodo podnebne spremembe v prihodnje vplivale na temperaturo voda. Na izbranih vodomernih postajah smo ocenili stopnjo sprememb temperature vode do leta 2100. Uporabili smo modelske nize temperature zraka po treh podnebnih scenarijih, jih vstavili v regresijske modele ter izračunali temperaturo vode do konca 21. stoletja. Rezultati so izdelani za 57 vodomernih postaj na površinskih vodah, podzemnih vodah in na morju, prav vsi pa kažejo na dvig povprečne letne temperature vode po vseh treh podnebnih scenarijih.

Ključne besede:

temperatura vode, podnebne spremembe, reke, jezera, morje, podzemne vode

1. Uvod

Temperatura vode v rekah, jezerih in morjih ter temperatura podzemne vode so pomembni kazalniki podnebnih sprememb. Številne študije so pokazale naraščajoče trende temperatur vode, kar je posledica dviga temperature zraka in vpliva podnebnih sprememb. Trendi merjenih podatkov kažejo naraščanje temperatur vode v rekah, jezerih in morjih tako v Sloveniji kot v naši soseščini. Temperature voda v večjih evropskih rekah in jezerih so v zadnjih 100 letih narasle med 1 in 3 °C (EEA 2017), podobni so tudi podatki vodomernih postaj v Sloveniji, ki kažejo na dvig srednje in najvišje letne temperature vode, sezonsko pa na najvišje zvišanje v spomladanskih in poletnih mesecih (Draksler in sod. 2018). Kakšne spremembe temperature voda pa lahko pričakujemo v naslednjih desetletjih? Prispevek na podlagi korelacijskih povezav s temperaturo zraka in s pomočjo regresijskih modelov orisuje odziv temperature voda po podnebnih scenarijih.

2. Temperatura zraka in vode, regresijski modeli ter podnebne projekcije

Podnebne spremembe močno vplivajo na temperaturo vode v rekah, jezerih in morjih ter podzemni vodi. Številne raziskave so ugotovile visoko korelacijo med

temperaturo zraka in temperaturo vode, kar omogoča napovedovanje temperature vode na podlagi temperature zraka (Frantar, Draksler 2022). Učinkovito orodje za tovrstno napovedovanje so regresijski modeli, pri čemer lahko uporabimo linearno ali nelinearno regresijo. Regresijski modeli uspešno napovedujejo temperaturo vode tudi za prihodnja obdobja ob predpostavki nespremenjenega razmerja med temperaturo zraka in temperaturo vode in se uporabljajo za ocenjevanje prihodnjih sprememb (Punzet in sod. 2012; Caldwell in sod. 2014). Ker globalni podnebni modeli najbolje simulirajo temperaturo zraka, je za oceno prihodnje temperature vode pogosta uporaba regresijskih modelov, kjer je temperatura zraka ključni vhodni parameter.

Povezanost med temperaturo zraka in temperaturo morja ter rek so potrdile tudi številne študije v Sloveniji in svetu, zato smo uporabili regresijske modele s temperaturo zraka kot glavnim parametrom vpliva podnebnih sprememb. V raziskavi smo povezanost med podatkovnimi nizi temperature zraka in vode preverili na predhodno homogeniziranih mesečnih merjenih podatkih meteoroloških in vodomernih postaj.

Analizirali smo 57 vodomernih postaj (47 na površinskih vodah, 9 na podzemnih vodah in 1 na morju). Vodomerne postaje na površinskih vodah so razporejene po celotnem ozemlju in porečjih Slovenije: nahajajo se v vseh petih glavnih porečjih (Save, Kolpe, Drave, Mure, Soče, porečjih drugih jadranskih rek). Postaje na podzemnih vodah se nahajajo na Prekmurskem in Murskem polju, Brežiškem in Krškem polju ter na Ljubljanskem barju, vodomerna postaja na morju se nahaja v Kopru.

Za napoved temperature vode smo pripravili regresijske modele, pri čemer smo izbrali nelinearni (sigmoidalni) ali linearni model glede na kakovost prileganja podatkov. Kakovost regresijskih modelov smo ocenili z Nash-Sutcliffe koeficientom (angl. Nash-Sutcliffe Coefficient – NSC) in kvadratnim korenom povprečja kvadratov napake (Root Mean Square Error - RMSE).

Modelske simulacije spremenjene temperature zraka v Sloveniji do konca 21. stoletja so bile izdelane za 3 podnebne scenarije (optimistični oz. RCP2.6, zmerno optimistični RCP4.5, pesimistični RCP8.5) na osnovi 14 kombinacij globalnega in regionalnega podnebnega modela: šest modelov za scenarija RCP4.5 in RCP8.5 in dva za scenarij RCP2.6 (Bertalanič s sodelavci 2018).

Za izračun temperature vode do konca 21. stoletja smo uporabili povprečno temperaturo zraka posamezne kombinacije globalnega in regionalnega podnebnega modela. Iz rastrske mreže z modelskimi vrednostmi temperature zraka smo izbrali točko, ki ustreza lokaciji primerjalne meteorološke postaje in vrednost temperature zraka vstavili v pripravljene regresijske modele ter izračunali temperaturo vode za obdobje od leta 2011 do 2100 za vseh 14 kombinacij podnebnih modelov. Izračunali smo mesečne temperature vode za vseh 57 vodomernih postaj, za nadaljnje analize pa smo mesečne nize združili v sezonska in letna povprečja.

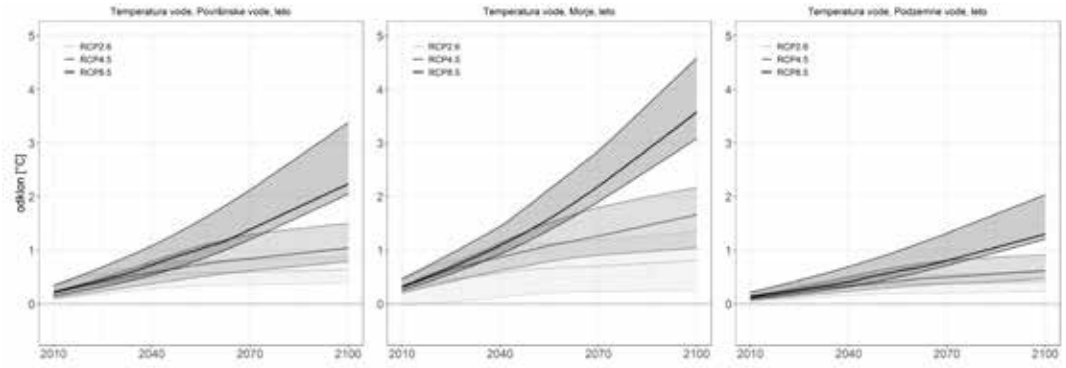
Referenčno obdobje od 1981 do 2010 je bilo uporabljeno za primerjavo z modelskimi rezultati v prihodnjih tridesetletnih obdobjih. Spremembe temperature vode so bile

ocenjene glede na referenčno obdobje, statistična zanesljivost sprememb pa je bila izračunana na podlagi modelov in statističnih testov. Analizirali smo povprečne sezonske in letne vrednosti v tridesetletnih obdobjih, pri čemer smo kot srednjo vrednost uporabili mediano modelov posameznega scenarija.

3. Ocena sprememb temperature vode do konca 21. stoletja

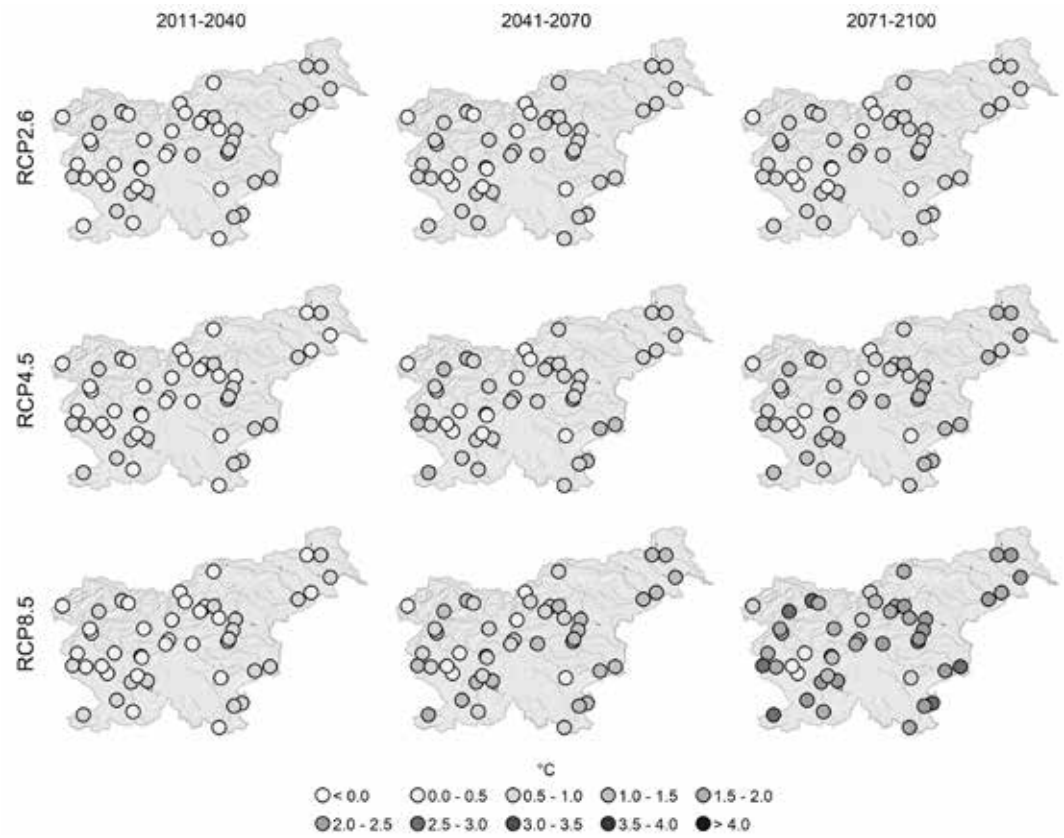
Analiza modelske temperature vode v Sloveniji do konca 21. stoletja kaže na največji dvig povprečne letne temperature **morja**, za 1 °C po optimističnem scenariju RCP2.6, za 1,5 °C po zmerno optimističnem scenariju RCP4.5 in več kot 3 °C po pesimističnem scenariju RCP8.5. **Površinske vode** kažejo dvig povprečne letne temperature za 0,5 °C po optimističnem scenariju, okrog 1 °C po zmerno optimističnem scenariju in skoraj 2 °C po pesimističnem scenariju v primerjavi z referenčnim obdobjem 1981–2010. **Podzemne vode** pričakujejo manjši porast temperature, z dvigom okrog 0,5 °C po optimističnem in zmerno optimističnem scenariju ter blizu 1,5 °C po pesimističnem scenariju.

Časovni potek spremembe povprečne letne temperature (slika 1) kaže na hiter dvig temperature površinskih voda po scenariju RCP8.5, najbolj izrazito v zadnjem 30-letnem obdobju. Scenarija RCP4.5 in RCP2.6 kažeta podoben odklon temperature do sredine stoletja, nato se odklon temperature po scenariju RCP2.6 ustali na okrog 0,6 °C glede na primerjalno obdobje, po scenariju RCP4.5 pa se še naprej zmerno dviguje do konca stoletja. Na podzemnih vodah se do sredine stoletja povprečna temperatura po pesimističnem scenariju dvigne za dobre pol stopinje Celzija, nato sledi hitrejše naraščanje vse do konca stoletja. Podnebna scenarija RCP4.5 in RCP2.6 kažeta na manjše spremembe povprečne letne temperature podzemnih voda. Časovni potek na morju scenarija RCP8.5 kaže na hiter in izrazit porast povprečne letne temperature skozi celotno 21. stoletje, po scenarijih RCP4.5 in RCP2.6 je rast manj izrazita, a jasno izražena.



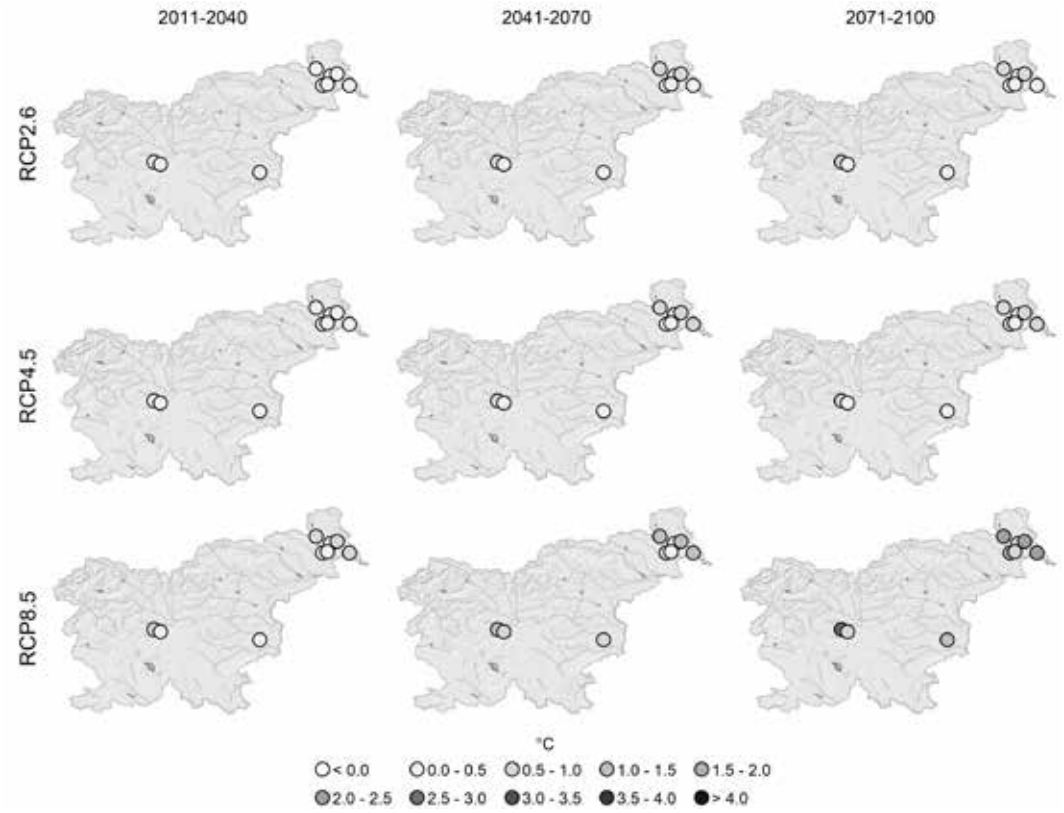
Slika 1 Časovni potek spremembe povprečne letne temperature površinskih voda (levo), morja (na sredini) in podzemnih voda (desno) v Sloveniji do konca 21. stoletja za tri podnebne scenarije, z razponi odstopanj modelov (srednje črte so glajene mediane, ovojnice pa največja in najmanjša vrednost podnebnih modelov).

Scenarij RCP8.5 na 36 od 47 vodomernih postaj predvideva do konca stoletja povišanje povprečne letne temperature površinskih voda za več kot 1,5 °C (slika 2). Po scenariju RCP4.5 so na vseh postajah odkloni nižji od 1,5 °C, po scenariju RCP2.6 pa nižji od 1 °C. Analiza geografske razporeditve odklonov kaže na večje dvige temperature vode vodotokov v srednjem in spodnjem toku, nekoliko manjše spremembe pa na vodomernih postajah v povirjih in v bližini kraških izvirov. Zvišanje povprečne letne temperature Blejskega in Bohinjskega jezera bo izrazitejše kot na rekah.



Slika 2 Geografska razporeditev odklonov povprečne letne temperature površinskih voda in morja glede na referenčno obdobje 1981–2010. Vrednosti odklonov predstavljajo mediane podnebnih modelov za tri podnebne scenarije.

Modelski rezultati za podzemne vode (slika 3) po scenariju RCP8.5 v zadnjem projekcijskem obdobju (2071–2100) kažejo, da je na 5 od 9 vodomernih postaj ocenjeni odklon temperature vode večji od 1 °C. Po rezultatih scenarija RCP4.5 so v istem obdobju odkloni na 5 postajah med 0,5 in 1 °C, po scenariju RCP2.6 pa so takšne štiri postaje.



Slika 3 *Geografska razporeditev odklonov povprečne letne temperature podzemnih voda glede na referenčno obdobje 1981–2010. Vrednosti odklonov predstavljajo mediane podnebnih modelov za tri podnebne scenarije.*

Analiza zanesljivosti kaže, da so ocenjene letne spremembe temperature vseh vodnih sistemov statistično zanesljive. Vsi modeli so enotni, da se bo povprečna letna temperatura vode do konca stoletja dvignila, ne glede na podnebni scenarij.

Glede na sezonsko analizo vodnih sistemov se bo v vseh sezonah najbolj dvignila temperatura morja, sledijo površinske ter podzemne vode. Modeli napovedujejo večje spremembe poleti in jeseni, manjše pa pozimi in pomladi. Pričakuje se dvig temperature vseh vodnih sistemov, pri čemer pesimistični in zmerno optimistični scenarij z visoko zanesljivostjo napovedujeta dvig sezonskih temperatur na površinskih in podzemnih vodah. Optimistični scenarij je z visoko zanesljivostjo pokazal dvig temperature poleti in jeseni.

4. Zaključki

Raziskava je na večjem številu vodomernih postaj v Sloveniji preverila povezavo med temperaturo zraka in temperaturo vode s ciljem napovedovanja temperature vode za prihodnja obdobja. Po metodološkem vzoru uveljavljenih raziskav je bila potrjena povezava med temperaturo zraka in temperaturo vode ter preko različnih regresijskih modelov izvedena ocena temperature vode pod vplivom podnebnih

scenarijev. Z izvedeno analizo smo ugotovili, da je s kvalitetnimi podatkovnimi nizi mogoče napovedovanje temperature vode na podlagi temperature zraka. Obenem rezultati enotno kažejo na nadaljevanje trenda dviganja temperature vode, kar potrjuje jasne odzive temperature vode na podnebne spremembe tudi v prihodnje. Največji dvig temperature vode tako pričakujemo na morju, nekoliko manj izrazit na površinskih vodah in najmanjšega na podzemnih vodah.

5. Viri in literatura

[1] BERTALANIČ, R., DOLINAR, M., DRAKSLER, A., HONZAK, L., KOBOLD, M., KOZJEK, K., LOKOŠEK, N., MEDVED, A., VERTAČNIK, G., VLAHOVIĆ, Ž., ŽUST, A., 2018. Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja. Sintezno poročilo – prvi del [online]. Ljubljana. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje. Dostopno na: http://www.meteo.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/OPS21_Porocilo.pdf [dostop 30. avgust 2023]

[2] CALDWELL, P., SEGURA, C., LAIRD, S. G., SUN, G., MCNULTY, S.G., SANDERCOCK, M., BOGGS, J., VOSE, J. M., 2014. Short-term stream water temperature observations permit rapid assessment of potential climate change impacts. *Hydrological processes*, 29 (9), 2196-2211

[3] DRAKSLER, A., FRANTAR, P., SAVIĆ, V., 2018. Trendi temperatur površinskih in podzemnih voda do leta 2015 v Sloveniji. *Ujma,* 32, 139-146

[4] EEA - European Environment Agency, 2017. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report [online]. Copenhagen. European Environment Agency. Dostopno na: https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016 [dostop 30. avgust 2023]

[5] FRANTAR, P., DRAKSLER, A., 2022. Vpliv podnebnih sprememb na temperaturo vode v Sloveniji v 21. stoletju. *Geografski vestnik*, 94 (2), 45-79

[6] PUNZET, M., VOSS, F., VOSS, A., KYNAST, E., BÄRLUND, I., 2012. A Global Approach to Assess the Potential Impact of Climate Change on Stream Water Temperatures and Related In-Stream First-Order Decay Rates. *Journal of hydrometeorology,* 13 (3), 1052-1065

SUŠA PODZEMNIH VODA V LETU 2022

dr. PETER FRANTAR, dr. MIŠO ANDJELOV, VERONIKA STRMŠEK,
dr. PETRA SOUVENT, dr. URŠKA PAVLIČ, DEJAN ŠRAM

Agencija RS za okolje

POVZETEK

Leto 2022 se je začelo z majhnimi količinami snega ter podpovprečnimi količinami padavin v spomladanskem obdobju. To sta bila glavna vzroka, da se čez zimo in spomladi vodonosniki niso napolnili do običajnih količin. Sledilo je relativno suho poletje, predvsem na zahodu države. V letu 2022 smo tako imeli v Sloveniji zelo nizke gladine podzemne vode v večini aluvialnih vodonosnikov ter nizke izdatnosti kraških izvirov predvsem na območju zahodne in južne Slovenije, kar je vodilo v ti. sušne razmere tudi na podzemnih vodah.

Ključne besede:

podzemne vode, pitna voda, suša, vodonosniki, izviri, izredni dogodki

1. Uvod

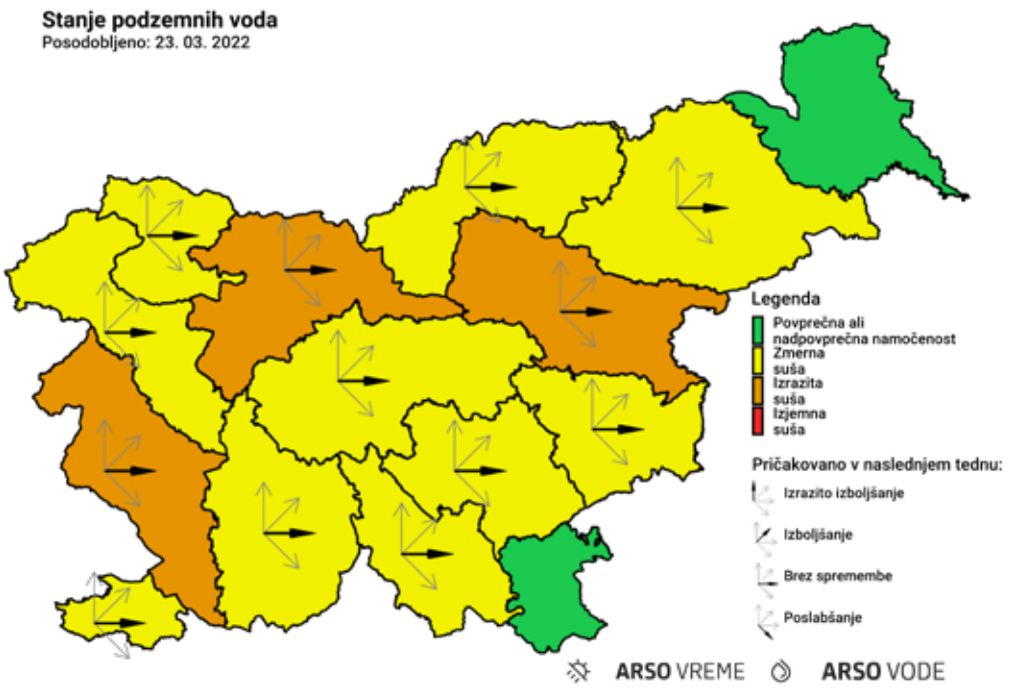
Hidrološka suša je stopnjevanje vpliva meteorološke suše na zemeljski vodni krog in je odvisna od značilnosti vodnega kroga (Draksler et al., 2017). Zmanjšanje razpoložljivih količin podzemne vode lahko nastane zaradi hidrološke suše v vodonosniku, ki se ocenjuje s sušnimi kazalniki in njihovim odstopanjem od pragov referenčnega obdobja meritev. Obstaja več različnih metod merjenja suše, v našem primeru pa temelji na informativnih podatkih o vodostajih in pretokih na avtomatskih vodomernih postajah v realnem času. Podatke Agencija RS za okolje tedensko strokovno presoja in izvaja oceno sušnih razmer podzemnih voda v aktualnem tednu po regijah in metodologiji, ki sta opredeljeni v ti. Sušomeru (ARSO, 2022). Sušne razmere se opredeljuje na osnovi odklonov merjenih vrednosti (vodostajev, pretokov) na merilnih mestih v regiji v primerjavi z obdobjem 1991-2020. Izvedena je percentilna analiza, s poenotenimi mejami pragov za sušo površinskih in podzemnih voda. Mejna vrednost za zmerno sušo je tako 75 percentil, zelo sušno pa opredeljuje 95 percentil. Izjemno sušo opredelimo z dodatno strokovno presojo stanja podzemne vode glede na vodostaje in pretoke v opredeljeni regiji (ARSO, 2023). V celotnem prispevku opisno pojasnjujemo odstopanje vodostajev in pretokov glede na mejne percentilne vrednosti na postajah v posamezni regiji.

2. Stanje količin podzemne vode v letu 2022

2.1 Prvi del leta

Januarja je imela večina vodonosnikov normalne sezonske količine podzemne vode. Izjema so bili nekateri deli na severovzhodu države - predeli Apaškega polja, Dolinsko Ravenskega in Ptujskega polja, kjer so bile vodne gladine višje od običajnih. Kraški izviri so imeli pretežno zmanjšane izdatnosti, ki so se začasno povečale v času padavin. Prevladujoč trend v januarju je bilo zniževanje količin podzemnih voda, proti koncu meseca so se že nakazovale podpovprečne razmere v osrednji in zahodni Sloveniji.

V **februarju** so se količine podzemne vode zmanjšale v večini aluvialnih vodonosnikov Slovenije. Običajne količine vode v vodonosnikih so bile na severovzhodu ter jugovzhodu države, v osrednjem delu in na Goriškem pa so bile razmere pod povprečjem. Vpliv padavin sredi meseca je proti koncu meseca izboljšal razmere na kraških območjih, vendar so bile količine na Dinarskem krasu nižje od povprečja, na Alpskem krasu pa rahlo nad povprečjem. Suša v vodonosnikih se je podaljšala zaradi dolgega primanjkljaja padavin, zato so bile gladine podzemne vode nižje od običajnih v plitvih medzrnskih vodonosnikih na območju Vipave in Ajdovščine, doline Kamniške Bistrice in Spodnje Savinjske doline. Vodonosniki Dravsko-Ptujskega polja, Krško-Brežiškega polja in Murskega polja so imeli nadpovprečnejše razmere od dolgoletnega povprečja.



Slika 1: Stanje podzemnih voda konec marca 2022.

2.2 Pomlad

Pomanjkanje **marčevskih** padavin se je odrazilo na vseh vodonosnikih v Sloveniji, saj so povsod prevladovale podpovprečne sezonske razmere. Količine podzemne vode so se zmanjšale v vseh aluvialnih vodonosnikih Slovenije, pri čemer je prevladovalo stanje nizkih količin podzemne vode. Na posameznih predelih aluvialnih vodonosnikov, kot so Vipavska dolina, deli Kranjskega polja, osrednji del Spodnje Savinjske doline, Apaško polje in Čateško polje, pa so se kazale zelo nizke količine podzemne vode. Na območju Dinarskega krasa je bilo stanje podzemnih voda ves mesec nizko.

V začetku aprila se je količina vode v vodonosnikih povečala, kljub temu pa so bile v vseh vodonosnikih gladine nižje od dolgoletnih povprečij. V medzrnskih vodonosnikih so prevladovale običajne in nizke količine podzemne vode, ponekod pa tudi zelo nizke razmere, ki so bile na območju Kranjskega, Sorškega, Vodiškega polja, Kamniške Bistrice, Spodnje Savinjske doline, doline Bolske in na Čateškem polju. Na območju Dolenjskega in Notranjskega krasa je bilo stanje zalog podzemnih voda v aprilu nizko, pozitiven vpliv padavin na povečanje količine vode v kraških vodonosnikih je bil le v začetku meseca.

Suša v vodonosnikih se je iz aprila prenesla tudi na maj. Nizke količine podzemne vode v primerjavi z značilnimi vrednostmi so bile prisotne v večini vodonosnikov v Sloveniji. Povsod po državi so prevladovale podpovprečne višine gladin, zaostrile pa so se suše na območju osrednje Slovenije ter Goriške in Krasa. Nižje gladine podzemne vode so bile zabeležene na območju Kranjskega polja, Sorškega polja, doline Kamniške Bistrice, Braslovškega polja in spodnje Savinjske doline. Med izrazitejšimi padavinami v začetku meseca se je gladina podzemne vode v kraških vodonosnikih tudi v maju začasno dvignila nad povprečno raven, nato pa postopoma upadla pod dolgoletno povprečje.

2.3 Poletje

Suša podzemnih voda se je junija intenzivirala. V vseh medzrnskih vodonosnikih so bile razmere podpovprečne, prav tako na območju Dinarskega krasa, nadpovprečne pa na območju Alp.

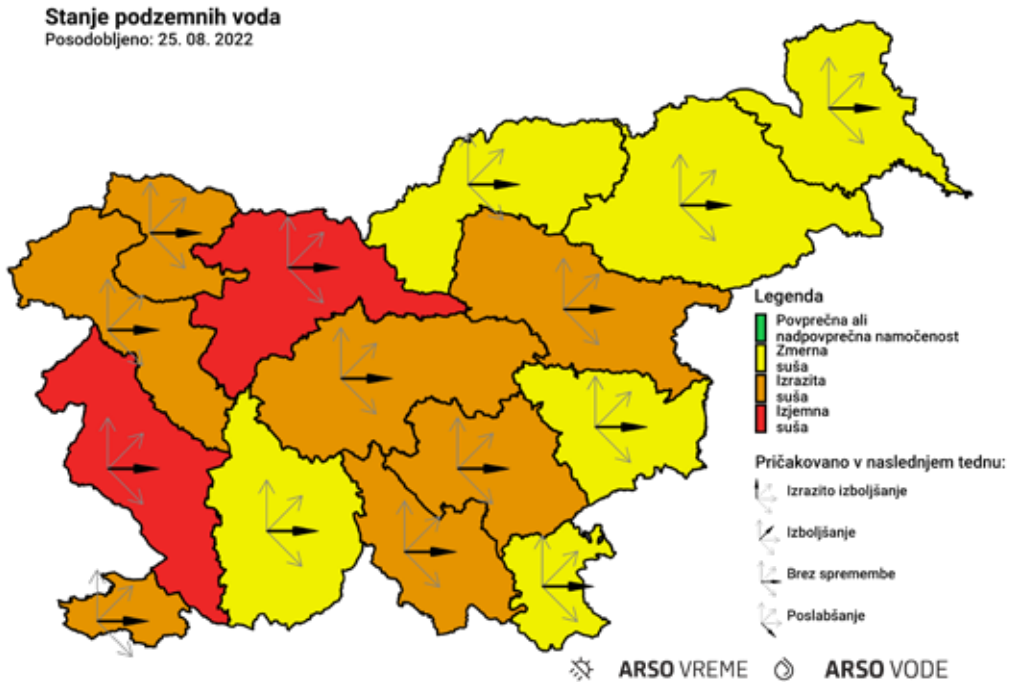
Večina aluvialnih vodonosnikov je imela podpovprečne vodostaje, izredno nizke razmere pa so bile na Kranjskem, Sorškem in Vodiškem polju, v dolini Kamniške Bistrice, Vipavski dolini, Spodnji Savinjski dolini, v dolini Bolske in na Čateškem polju. Na območju vodonosnikov Dolenjskega in Notranjskega krasa je bilo stanje zalog podzemne vode v juniju nizko, izjema je bilo obdobje padavin v prvi polovici meseca junija, ko so se gladine podzemne vode v kraških vodonosnikih Dinarskega krasa začasno dvignile nad povprečno raven.

Julija so se nadaljevale nizko vodne razmere. Konec meseca so tako povsod po Sloveniji prevladovale bolj ali manj sušne razmere. Izredno sušne razmere so bile na območju Goriške regije in Obale, izrazita suša se je razširila na območje večine zahodne Slovenije, na jugu in vzhodu pa smo imeli zmerno sušo podzemnih voda.

Vse gladine podzemnih voda so bile pod povprečjem. Nadpovprečne količine so bile le na območju Alpskega krasa.

Pomanjkanje julijskih in avgustovskih padavin se je odrazilo na zalogah podzemne vode tudi v avgustu. Avgusta so prevladovale izjemno nizke količine podzemne vode po vsej Sloveniji, tako v primerjavi s primerljivim obdobjem meritev, kot tudi referenčnim obdobjem 1991-2020. Na Gorenjskem in Goriškem so bile razglašene izjemno sušne razmere, pri čemer so nekateri merilni objekti za spremljanje gladin podzemne vode tudi presahnili. Izjemno nizke gladine podzemne vode so bile zabeležene v medzrnskih vodonosnikih Ljubljanske in Savinjske kotline, Čateškega polja, območja Vipave in Ajdovščine, Vrtojbenskega polja ter v vodonosniku Krškega polja, Pomurja in Podravja. Najbolj izrazito so se gladine znižale v vodonosnikih Savinjske in Ljubljanske kotline, najmanj pa v vodonosnikih Pomurja.

Tudi v kraških vodonosnikih so bile količine podzemne vode izrazito nižje od dolgoletnih povprečij, kar se je kazalo tudi v moteni oskrbi s pitno vodo. Več upravljavcev vodovodov, vključno z Rižanskim vodovodom Koper in Komunalo Kranj, se je soočalo s težavami pri oskrbi s pitno vodo.



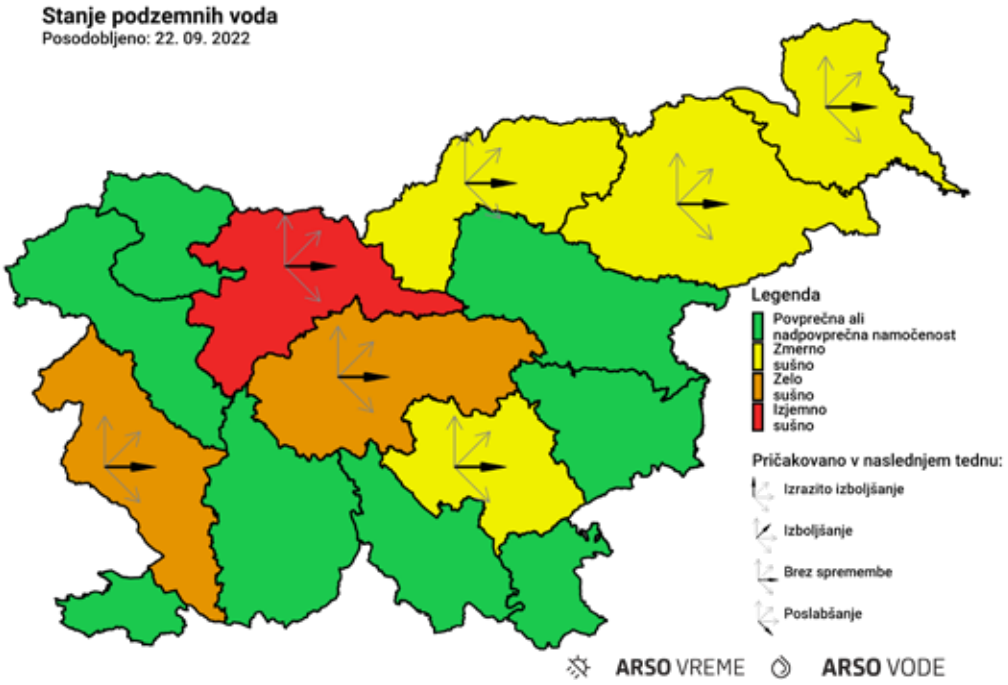
Slika 2: Izjemno nizke gladine podzemne vode konec avgusta 2022.

2.4 Zadnji del leta

Tudi v **septembru** se je nadaljevalo stanje izjemno nizkih gladin podzemne vode v več medzrnskih vodonosnikih osrednje Slovenije, zahodnega dela države ter delih Pomurja in Krške kotline, v drugih medzrnskih vodonosnikih pa so bile gladine nekoliko višje, a vseeno podpovprečne. Dva izrazitejša padavinska dogodka v sredini

in na koncu septembra sta pripomogla k povečanju količin podzemne vode predvsem v kraških in plitvejših medzrnskih vodonosnikih Savinjske kotline. Poletni primanjkljaj padavin se je najbolj odražal na globljih vodonosnikih v Ljubljanski kotlini.

V kraških vodonosnikih se je predvsem po drugem padavinskem dogodku izdatnost dvignila nad dolgoletno povprečje. Kljub nadpovprečnemu napajanju, pa so zaradi počasnega obnavljanja podzemnih voda še vedno prevladovale sušne razmere, saj so bile konec meseca povprečne nizke gladine na večini medzrnskih vodonosnikov. S padavinskimi dogodki ob koncu meseca je sledil postopen prehod iz zelo sušnih vodnih razmer.



Slika 3: Stanje podzemnih voda konec septembra 2022.

Izjemno nizke gladine podzemne vode v oktobru so ostale v nekaterih medzrnskih vodonosnikih osrednje Slovenije, ter na osrednjem delu Dravskega polja in Pomurja, kar je posledica večje globine in počasnega obnavljanja. Višje gladine so bile zabeležene na območju Ljubljanskega in Braslovškega polja. Po septembrskem zvišanju gladin vodonosnikov se je izdatnost kraških izvirov nato postopoma zmanjševala in bila ob koncu meseca pod dolgoletnim povprečjem. Primanjkljaj oktobrskih padavin je najbolj vplival na zniževanje plitvejših medzrnskih vodonosnikov območja Notranjskega krasa. Izdatnosti kraških izvirov so se zniževale, vendar je bila izdatnost višja kot ob koncu poletja 2022. V medzrnskih vodonosnikih stanje še ni prešlo iz sušnih razmer, z najnižjimi gladinami na območju Gorenjske.

Novembra so se v nekaterih medzrnskih vodonosnikih v osrednji Sloveniji še vedno nadaljevale zelo sušne razmere z izjemno nizkimi gladinami podzemne

vode. Kljub postopnemu zviševanju gladine podzemne vode, od druge polovice septembra dalje, je izjemna izsušenost vodonosnikov poleti in večja razsežnost teh vodonosnikov, z daljšim zadrževalnim časom podzemne vode, povzročilo podaljšano nizko vodno stanje v jeseni. Gladine podzemne vode v osrednji Sloveniji so se postopoma zviševale, vendar so bile kljub temu še vedno izjemno nizke na Gorenjskem. Novembra smo opazovali tudi postopno zniževanje gladin podzemne vode v severovzhodnih medzrnskih vodonosnikih, medtem ko so bile vodne razmere v vodonosnikih Savinjske in Krške kotline primerljive z običajnimi vodnimi stanji. Izjemno nizke gladine podzemne vode so bile novembra tudi v delu vodonosnika Dolinsko-Ravensko ob reki Muri, medtem ko so bile na območju Mursko-Ljutomerskega polja in delih vodonosnikov Ptujskega in Dravskega polja zelo nizke. V drugih medzrnskih vodonosnikih so bile gladine podzemne vode podpovprečne do običajno visoke.

Izdatnosti kraških izvirov Dinarskega krasa so se v sredini meseca zvišale nad dolgoletno povprečje, medtem ko na območju Alpskega krasa izrazitega povečanja izdatnosti ni bilo.

Gladine podzemne vode v Sloveniji so se decembra zvišale in konec meseca se je končalo obdobje kritično nizkih vodnih razmer, ki je trajalo osem mesecev. Podpovprečne količine podzemne vode, ki so zaznamovale leto 2022, so se večinoma povzpele do običajnih vrednosti. Kraški vodonosniki so imeli ugodno stanje količin podzemne vode, razen na območju Alp, kjer je bila zaradi zadržanega odtoka v snegu manjša izdatnost kraških vodnih virov. Količinsko stanje podzemne vode v medzrnskih vodonosnikih se je izboljšalo, vendar so bile gladine podzemnih voda vse do konca leta še vedno bile večinoma nižje od povprečja. Sezonska primerjava gladin konec meseca kaže, da je bilo kljub izboljšanju v Ljubljanski, Dravski in Murski kotlini stanje še vedno nižje od običajnega, v drugih vodonosnikih pa so prevladovale običajne gladine podzemne vode.

3. Zaključki

Leta 2022 smo zabeležili eno najhujših suš podzemnih voda. Vodne gladine so se konec avgusta na območju Kranjskega polja in prodnega zasipa Kamniške Bistrice znižale tudi do rekordno nizkih gladin od začetka meritev. Glavni vzroki sušnih razmer podzemnih voda v letu 2022 so bili pomanjkanje padavin konec leta 2021, zelo majhna zaloga vode v snežni odeji in povprečna količina padavin tega leta. Zaradi počasnejše dinamike ter obnavljanja vodnih količin podzemne vode se tudi po jesenskih padavinah stanje ni hitro spremenilo. Predvsem na osrednjih delih večjih in globljih aluvialnih vodonosnikov so bili potrebni tudi štirje meseci, da se je stanje pričelo spreminjati, na posameznih mestih pa vodonosniki tudi po tem obdobju še niso dosegli običajnih vodnih gladin. Kraški vodonosniki imajo krajši zadrževalni čas in se na sušo odzivajo hitreje. Tako so marsikateri izviri poleti tudi presahnili oziroma so nizke izdatnosti dosegli hitro, kot je bilo tudi na izviru Rižane. Oskrba s pitno vodo na območjih, z glavnim virom vode na kraških izvirih, je bila tako marsikje motena. Povečanje vodnatosti kraških izvirov pa je bilo hitrejše, saj so se pretoki na njih po padavinah že jeseni relativno hitro povečali.

4. Viri

[1] Draksler, A., Frantar, P., Savić, V., 2017: Indeks SGI - kazalnik hidrološke suše podzemnih voda. Zbornik 28. Mišičev vodarski dan, Maribor.

[2] ARSO – Agencija RS za okolje, 2022: Mesečni bilten ARSO – Letnik 2022. Medmrežje: https://www.arso.gov.si/o%20agenciji/knji%C5%BEnica/mese%C4%8Dni%20bilten/bilten2022.htm

[3] ARSO – Agencija RS za okolje, 2023: Sušomer. Medmrežje: http://www.meteo.si/uploads/probase/www/agromet/bulletin/drought/sl/

APPLICATION OF STABLE ISOTOPES AND SHORT-LIVED NUCLEOIDS TO BETTER UNDERSTAND GROUNDWATER AND SURFACE WATER INTERACTION DURING EXTREME EVENTS

dr. TAMARA MARKOVIĆ[1], dr. IGOR KARLOVIĆ[1], dr. TATJANA VUJNOVIĆ[2]

[1]Croatian Geological Survey
[2]Croatian Meteorological and Hydrological Service

POVZETEK

Extreme events (floods and droughts) appear more often nowadays, causing various damage (destruction of plantations, houses, stables, livestock, wild animals etc.) and deterioration of ground and surface water quantity and quality. Different techniques are used worldwide to understand how these events affect groundwater recharge and surface water flow. Within the scope of IAEA (International Atomic Energy Agency) the coordinate research project (CRP) Understanding the Importance of Convective Rain Events and Tracing Their Impact on the Catchment with Isotopes, project Convective Rain Events impact on ground and surface waters recharge and water quality in depended ecosystems with intergranular porosity will stress out the application of stable isotopes and short-lived nucleoids to understand impact of rain events on groundwater and surface water recharge. In this work, methodology is described together with preliminary results.

Key words:

extreme events, convective rain events, stable isotopes, Česma and Plitvica - Drava catchments

1. Introduction

Project Convective Rain Events impact on ground and surface waters recharge and water quality in depended ecosystems with intergranular porosity (IAEA CRP F31007) utilizes stable isotopes and short-lived nucleoids as the main tool for understanding the effects of rain events on groundwater and surface water recharge at the two catchments areas: Plitvica – Drava and Česma rivers (Figure 1). Special foucs will be given on the convective rain events because during these events, significant portion of the yearly rainfall can occur, causing excess overland flow, soil erosion, urban flooding, deterioration of ground and surface water quality, etc.

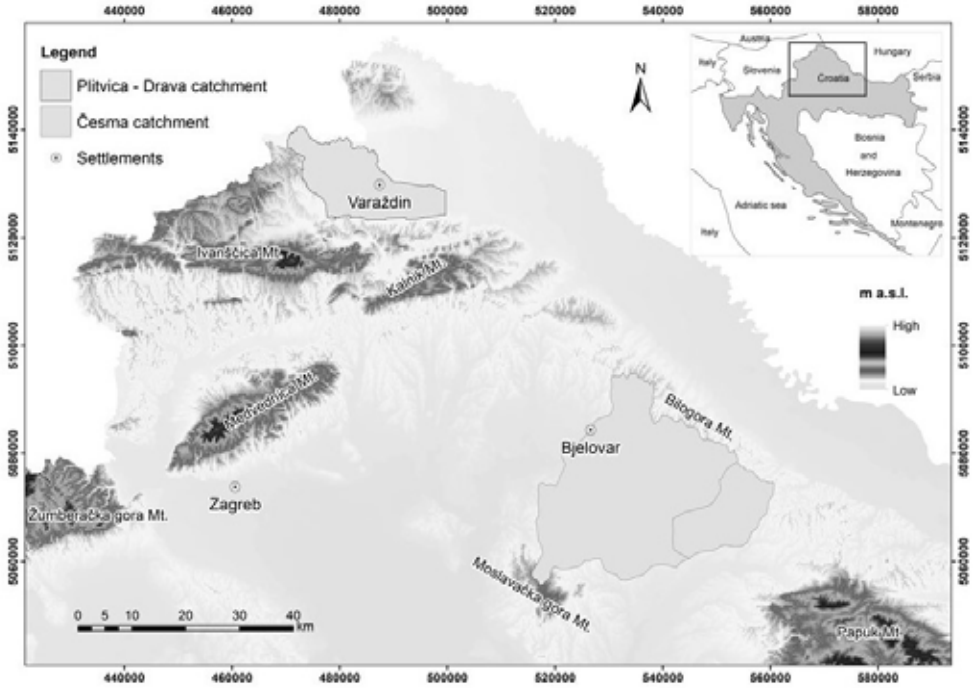


Figure 1 The study areas: catchments of Plitvica – Drava and Česma rivers

The catchment area of Plitvica – Drava rivers is mainly lowland, with hills on the north-western edge where Plitvica originates (Figure 1). The area is densely populated and unconfined alluvial aquifer build up from pebbles and sand is the only source of drinking water. Since the area is very agriculturally and industrially active, there have been problems with elevated nitrate concentration in the shallow parts of the aquifer. The groundwater is hydraulically connected with surface water and this connection has been confirmed by isotopes, chemistry and water level analyses [1, 2]. Stable isotope measurements in precipitation showed changes in isotope fingerprint of precipitation in the last ten years, and the same effect was observed in the shallow parts of groundwater [3]. D-excess in precipitation showed influence of the Mediterranean climate in this continental area during the colder part of the year [3]. Since the area has problems with high nitrate concentration, detailed nitrogen and oxygen isotope research was carried out to determine origin and behavior of nitrates [4], together with carbon isotopes. In the recent years, the amount of precipitation did not decrease, but it has been unevenly distributed [3]. Convective rain events occur more often, especially in spring and summer, and even in the autumn. Winters are more often without much snow or no snow at all, contrary to a decade ago.

The upper catchment area of the Česma River is predominately hilly and aquifer is confined, build up from sand and silt (Figure 1). However, this confined layer is not totally impermeable, it is an aquitard with many shallow wells drilled in this part of the aquifer system. The problem that arises is that these wells dry up during dry periods. The Česma River drains the shallow parts of the aquifer and its tributaries

have drainage or recharge role depending upon hydrological conditions. During dry periods, deep desiccation cracks appear and the occurrence of convective events trigger washing out of surface, resulting in deterioration of groundwater and usually microbiological problems. As in the case of the first pilot area [3], same changes regarding climate and isotope composition of precipitation have been observed too. However, this area does not have high nitrate, problems are water scarcity and floods during storm events. Although the previous research and monitoring helped to better understand these two aquifer systems, there are still many open questions about the impact of climatological conditions on both aquifers, as this changes in weather conditions definitely have and will affect replenishment amount of groundwater in the future. Application of short-lived (Rn-222) and stable isotopes (d^2H and $d^{18}O$) and frequent sampling of rain and water will absolutely help to understand how much of water in such event will be infiltrated into the ground; what amount would be surface runoff and would it endanger inhabitants, crops, animals, etc. (e.g. floods); and to better define hydraulic properties of the unsaturated zone. Since Earth's atmosphere is made up of approximately 78 percent of nitrogen, the question that arises is how much nitrogen is deposited in storm event, especially in the case of the first pilot area?

2. Methodology

Two years sampling campaigns started in February 2023 at nine wells, one spring, three rivers, three streams, two nests of suction lysimeters, and two rain gauges. Distribution of sampling points are shown in Figure 2.

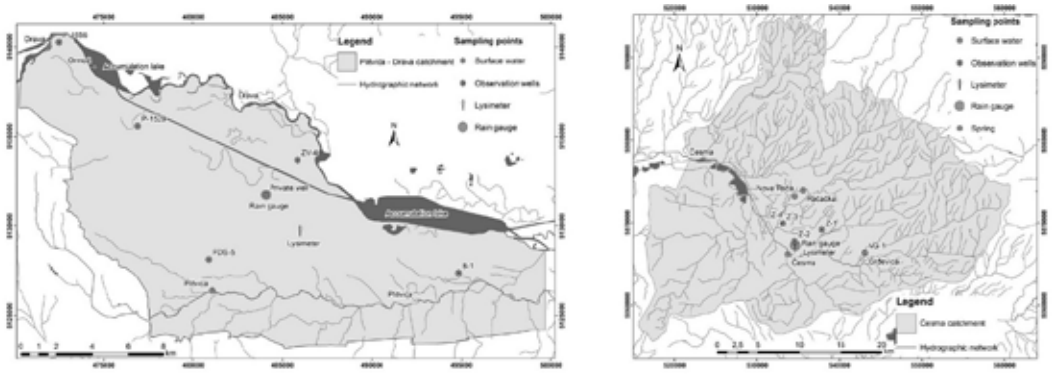


Figure 2 The distribution of sampling points at catchments a) Plitvica – Drava and b) Česma rivers

One nest of suction lysimeter (on 30, 60 and 90 cm) is installed in the unsaturated zone at the Plitvica-Drava study area, and another nest in the unsaturated zone at the upper Česma study area. Sampling of waters from lysimeter is carried out on weekly basis. Sampled waters will be analysed for stable isotopes and chemistry (basic anions, cations, DOC, nutrients). Rain samples are collected on monthly basis in existing rain samplers. During the event, additional rain samplers are used

for minute and/or hourly sampling, depending on the meteorological character of the event. The target is to sample at least three events within the study period, but feasibility depends upon weather conditions. Sampled waters will be analysed for stable isotopes and chemistry (basic anions, cations, nutrients). As for rain, ground and surface waters will also be sampled on monthly and event basis for stable isotopes and chemistry (basic anions, cations, DOC, nutrients). During the post event time, when effect on groundwater will be observed, S-35 and Na-22 will be measured on selected samples. The original idea was to sample at maximum two events, but meterological and climatological conditions allowed us to already sample more than 20 events this year.

Figure 3 shows isotope composition of extreme event wich ocured from 26th February until 27th February 2023. After two weekes of very warm weather, cold front caused high amounts of precipitation, first rain and then snow. Stable isotope results show high Mediterrian air mass effect.

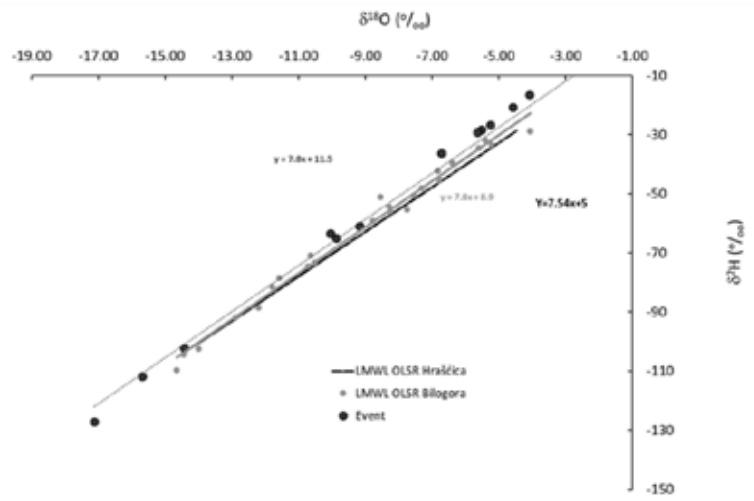


Figure 3 The preliminary results of the event at the catchment of the Česma river

3. Conclusions

High-frequency sampling for isotopes d^2H and $d^{18}O$ in precipitation helped to evaluate the isotopic signal of intense rain events over time and to gain new insights into cloud formation. Futher sampling campaigns would give more detailed insights into behaviour of air masses, surface runoff and groundwater reacharge. Combining stable isotopes, chemical parameters, and water level measurements allows for a more precise definition of how much water from event actually infiltrates into the ground, what is the quality of this water and would it deteriorate groundwater quality, which are useful information that would help water manegment planners.

4. References

[1] KARLOVIĆ, I., MARKOVIĆ, T., ŠPARICA MIKO, M., MALDINI, K. 2021. Geochemical Characteristics of Alluvial Aquifer in the Varaždin Region. *Water*, 13, 11, 1508, 16. doi: 10.3390/w13111508

[2] KARLOVIĆ, I., POSAVEC, K., LARVA, O., MARKOVIĆ, T. 2022. Numerical groundwater flow and nitrate transport assessment in alluvial aquifer of Varaždin region, NW Croatia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 41, 1-17. doi: 10.1016/j.ejrh.2022.101084

[3] MARKOVIĆ, T., KARLOVIĆ, I., PERČEC TADIĆ, M., LARVA, O. 2020. Application of Stable Water Isotopes to Improve Conceptual Model of Alluvial Aquifer in the Varaždin Area. *Water*, 12, 2, 1-13. doi: 10.3390/w12020379

[4] MARKOVIĆ, T., KARLOVIĆ, I.,ORLIĆ, S., KAJAN, K., SMITH, A. C. 2022. Tracking the nitrogen cycle in a vulnerable alluvial system using a multi proxy approach: Case study Varaždin alluvial aquifer, Croatia. *Science of the total environment*, 853, 158632, 12. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.158632

OCENE SPREMEMB PRETOKOV SLOVENSKIH REK V 21. STOLETJU

dr. MIRA KOBOLD

Agencija Republike Slovenije za okolje

POVZETEK

Agencija Republike Slovenije za okolje je v okviru projekta Ocena podnebnih sprememb za Slovenijo do konca 21. stoletja izvedla ocene sprememb podnebnih spremenljivk in vpliv le teh na hidrološke spremenljivke. Spremembe za male, srednje in velike pretoke so prikazane za letno raven za tri 30-letna obdobja v prihodnosti (2011–2040, 2041–2070 in 2071–2100) v primerjavi z referenčnim obdobjem 1981–2010 za tri različne scenarije izpustov toplogrednih plinov: RCP2.6, RCP4.5 in RCP8.5. Rezultati kažejo, da večjih sprememb srednjih letnih pretokov v Sloveniji v primerjavi z obdobjem 1981–2010 ni pričakovati, z izjemo severovzhoda, kjer bi se pretoki po zmerno optimističnem scenariju izpustov RCP4.5 do konca stoletja lahko povečali do 30 odstotkov. Pri visokih vodah se kaže povečanje srednjih letnih konic povsod po državi, v povprečju od 20 do 30 odstotkov. Spremembe srednjih malih pretokov so prostorsko neenotne in signali sprememb nezanesljivi, le ponekod v severni polovici Slovenije kažejo na značilno povečanje malih pretokov za približno 20 odstotkov.

Ključne besede:

podnebne spremembe, scenariji RCP, pretoki rek, spremembe pretokov, zanesljivost sprememb

1. Uvod

Agencija Republike Slovenije za okolje od leta 2016 s finančno podporo iz Sklada za podnebne spremembe izvaja projekt Ocena podnebnih sprememb za Slovenijo do konca 21. stoletja. V sinteznem poročilu (Bertalanič in sod., 2018) so zbrani prvi rezultati projekta. Ti se nanašajo na ocene sprememb najpomembnejših podnebnih spremenljivk in vpliv teh sprememb na rastne razmere ter hidrološke spremenljivke, saj imajo podnebne spremembe vpliv na celoten vodni krog in s tem tudi na odtok površinskih voda.

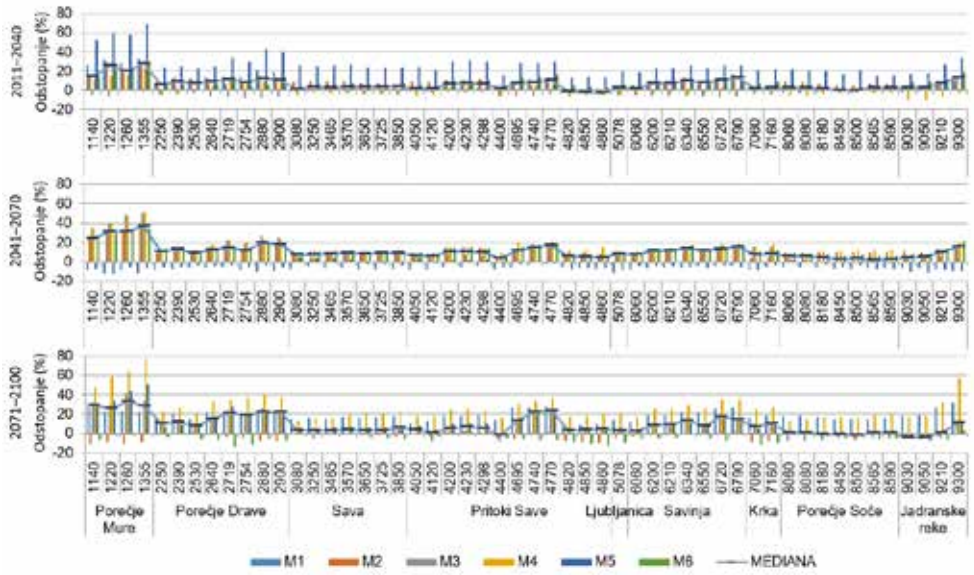
Ocene sprememb za posamezne spremenljivke so bile narejene za tri različne scenarije izpustov toplogrednih plinov (RCP – *Representative Concentration Pathways*, Van Vuuren in sod., 2011): optimistični RCP2.6, zmerno optimistični RCP4.5 in pesimistični scenarij RCP8.5. Pri optimističnem scenariju izpustov se predvideva, da bo politika omejevanja izpustov zelo hitra in uspešna, pri zmerno optimističnem pa, da se bodo izpusti toplogrednih plinov sprva še počasi povečevali,

nato pa sredi in proti koncu 21. stoletja zmanjševali. Pesimističen scenarij izpustov večjih uspehov pri omejevanju izpustov ne predvideva, po tem scenariju se bodo izpusti skozi celotno 21. stoletje povečevali.

Rezultati projekta so podani v obliki sprememb za tri 30-letna obdobja v prihodnosti: bližnjo prihodnost (2011–2040), sredino stoletja (2041–2070) in konec stoletja (2071–2100) glede na primerjalno obdobje 1981–2010. To je obdobje, ki ga je za referenčno obdobje priporočila Svetovna meteorološka organizacija (WMO, 2017).

2. Modelske simulacije

Vpliv podnebnih sprememb na pretok površinskih voda smo izvedli s simulacijo pretokov s hidrološkim modelom, ki ga Agencija Republike Slovenije za okolje uporablja v sklopu hidrološkega prognostičnega sistema (Petan in sod., 2016). V model je bilo vključenih 52 vodomernih postaj, za katere so bile narejene ocene sprememb pretokov do konca 21. stoletja. Vodomerne postaje so bile izbrane na podlagi reprezentativnosti, pokritosti porečij in vodotokov, čim manjšega človekovega vpliva na hidrološki režim ter popolnosti niza podatkov za primerjalno obdobje 1981–2010, ki je služilo tudi za umerjanje modela (Gačnik in Plečko, 2018). Vhodni podatki v umerjen hidrološki model so bili dnevni modelski podatki o padavinah, temperaturi zraka in evapotranspiraciji regionalnih podnebnih modelov projekta EURO-CORDEX, ki so bili izbrani za območje Slovenije in zaradi sistematičnih napak pred uporabo ustrezno popravljeni glede na meritve primerjalnega obdobja 1981–2010 (Bertalanič in sod., 2018). Za scenarija RCP4.5 in RCP8.5 so bili na voljo podatki šestih modelov, za scenarij RCP2.6 pa dveh modelov. Za vsak scenarij izpustov toplogrednih plinov smo za vsako vodomerno postajo, ki je bila vključena v hidrološki model, izračunali modelska odstopanja pretokov za prihodnja 30-letna obdobja 2011–2040, 2041–2070 in 2071–2100 od primerjalnega obdobja 1981–2010 (slika 1).



Slika 1 Odstopanja modelskih srednjih pretokov od primerjalnega obdobja 1981–2010 za vodomerne postaje po scenariju izpustov RCP4.5

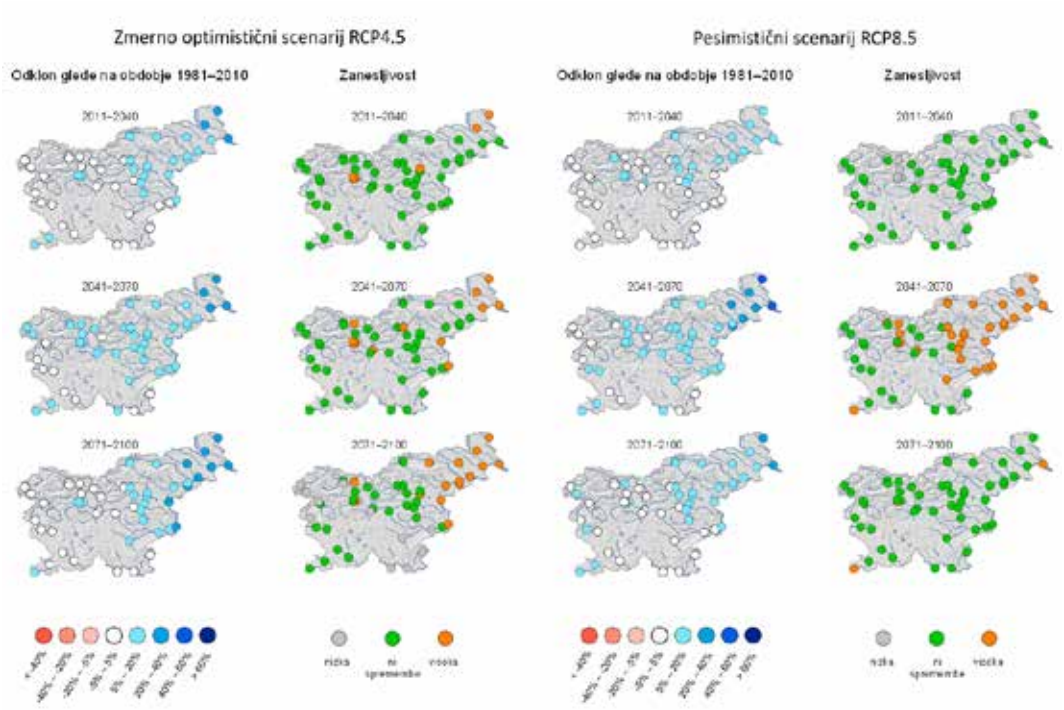
Modelski rezultati se med seboj zelo razlikujejo (slika 1). Razlike med modeli so lahko velike in po predznaku spremembe celo nasprotujoče. Zato smo spremembe značilnih pretokov za prihodnja 30-letna obdobja podali kot odstopanje srednjih vrednosti (mediane) modelskih simulacij od primerjalnega obdobja 1981–2010. Razpon modelskih rezultatov podaja negotovost, ki izhaja iz podnebnih modelov in razlik med njimi kot tudi iz hidrološkega modela (Bertalanič in sod., 2018). Hidrološki modeli so občutljivi na vhodne podatke padavin in je sprememba pri simuliranem odtoku zaradi nelinearnosti naravnih procesov večja kot pri padavinah (Kobold in Brilly, 2006).

3. Projekcije sprememb pretokov

Za projekcije sprememb pretokov rek smo izbrali letne statistike srednjih, malih in velikih pretokov, ki se najpogosteje uporabljajo v hidroloških analizah. Analize trendov slovenskih rek so pokazale veliko medletno spremenljivost pretokov v obdobju meritev in upadanje srednjih in malih letnih pretokov (Kobold, 2022; Oblak, 2017; Jurko, 2009; Frantar in sod., 2008). Rezultati podnebnih projekcij ne kažejo nadaljnega upadanja pretokov.

3.1 Spremembe srednjih pretokov

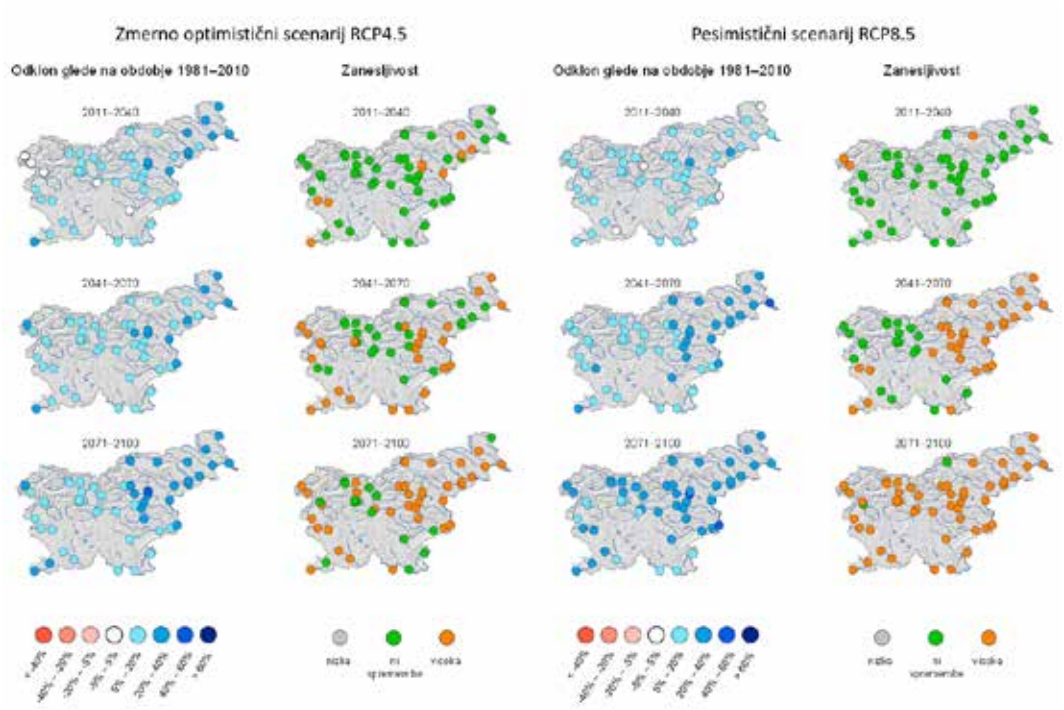
Večjih sprememb srednjih letnih pretokov v Sloveniji po vseh treh scenarijih izpustov RCP2.6, RCP4.5 in RCP8.5 do konca 21. stoletja glede na primerjalno obdobje 1981–2010 ni pričakovati, le za severovzhod države se kaže deloma znatno povečanje pretokov (slika 2). Po zmerno optimističnem scenariju izpustov RCP4.5 kažejo srednji pretoki v primerjavi s primerjalnim obdobjem 1981–2010 za bližnjo prihodnost sicer na manjše povečanje predvsem za severovzhodni del države in na obalnem območju, drugje sprememb ni pričakovati. Za sredino 21. stoletja so povečanja predvidena za večji del države, z izjemo rek Notranjske, Vipave, spodnjega dela Soče in Kolpe. Konec stoletja pa bo stanje srednjih pretokov rek podobno kot v bližnji prihodnosti. Pri vseh obdobjih z večjo vodnatostjo izstopa predvsem Pomurje, kjer je predvideno povečanje pretokov do 30 odstotokov. V vseh treh obdobjih so spremembe deloma zanesljive za severovzhod države in na posameznih postajah v severni Sloveniji. Pesimistični scenarij izpustov RCP8.5 kaže podobno kot RCP4.5. Za sredino stoletja so predvidena povečanja za večji del države, kjer se izrazito in zanesljivo povečanje kaže za večino vzhodnega dela Slovenije, celo do okoli 40 odstotkov, medtem ko za Posočje in v delih južne Slovenije sprememb ni pričakovati. Za konec stoletja je zanesljivost spremembe v severovzhodnem delu države manjša (slika 2). Tudi optimistični scenarij RCP2.6 kaže v bližnji prihodnosti na manjše povečanje na skrajnem severovzhodu države, za sredino in konec stoletja pa kaže na bilančno bolj bogate srednje pretoke skoraj povsod po državi, z izrazitejšim povečanjem srednjih pretokov v Pomurju (Bertalanič in sod., 2018).



Slika 2 Relativna sprememba srednjih pretokov v treh projekcijskih obdobjih glede na obdobje 1981–2010 ter pripadajoča zanesljivost spremembe za scenarija RCP4.5 in RCP8.5

3.2 Spremembe velikih pretokov

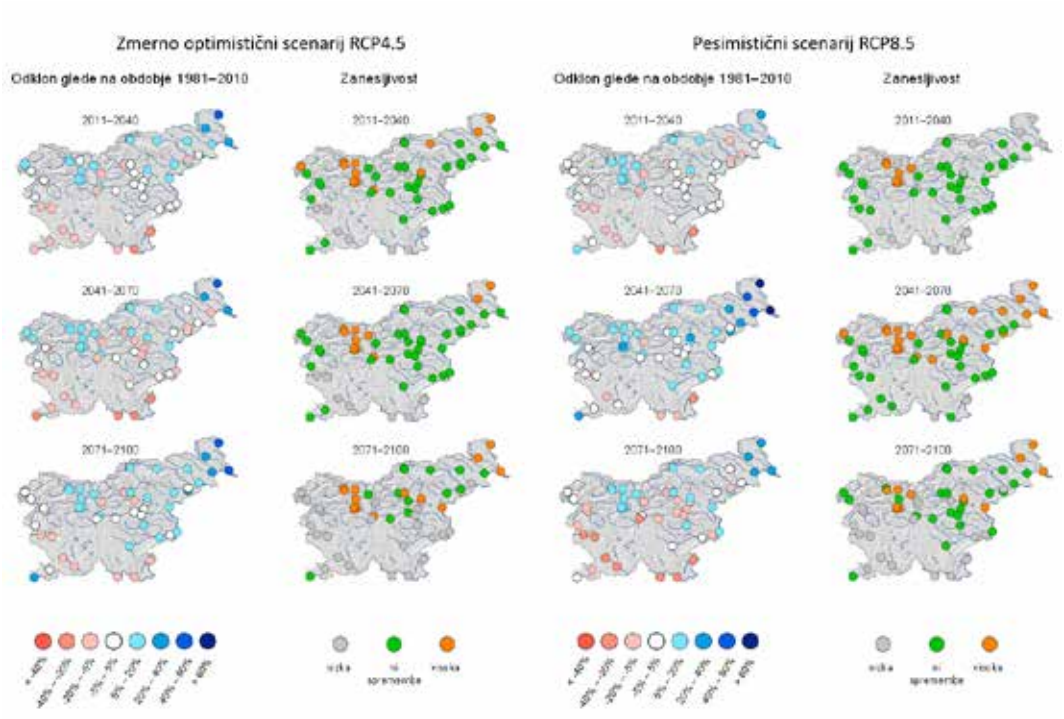
Pri spremembi velikih pretokov (srednjih obdobnih konic) kažejo vsi trije scenariji izpustov za vsa tri obravnavana obdobja v prihodnosti na povečanje srednjih konic po večini države, pri čemer so, podobno kot pri srednjih pretokih, največja povečanja predvidena za severovzhod in deloma vzhod države (slika 3). V primeru scenarijev izpustov RCP4.5 in RCP8.5 se sprememba od bližnje prihodnosti proti koncu stoletja stopnjuje. Za bližnjo prihodnost je v scenariju izpustov RCP4.5 za severovzhodni del predvideno večje povečanje kot v primeru scenarija izpustov RCP8.5, do okoli 30 odstotkov. V sredini stoletja je največji porast pričakovati v severovzhodni Sloveniji in na Obali. Proti koncu stoletja se pri scenariju izpustov RCP4.5 kaže podobna slika kot v sredini stoletja, pri scenariju izpustov RCP8.5 pa se kaže povečanje med 20 in 40 odstotki glede na primerjalno obdobje 1981–2010 na skoraj vseh vodomernih postajah. Zanesljivost sprememb oziroma število postaj z visoko zanesljivostjo spremembe se z vsakim naslednjim obdobjem stopnjuje. Za oba scenarija izpustov so spremembe najbolj zanesljive v zadnjem obdobju, v primeru scenarija izpustov RCP8.5 so takrat zanesljive na skoraj vseh postajah (slika 3). Tudi v primeru scenarija izpustov RCP2.6 se kažejo povečanja velikih pretokov v vseh treh obravnavanih obdobjih, na vzhodu tudi do 30 odstotkov, vendar pa so te spremembe nezanesljive oziroma manjše od naravne spremenljivosti (Bertalanič in sod., 2018).



Slika 3 *Relativna sprememba velikih pretokov (srednjih obdobnih konic) v treh projekcijskih obdobjih glede na obdobje 1981–2010 ter pripadajoča zanesljivost spremembe za scenarija RCP4.5 in RCP8.5*

3.1 Spremembe malih pretokov

Pri srednjih malih pretokih lahko glede na obdobje 1981–2010 pričakujemo tako povečanje kot zmanjšanje pretokov v primeru vseh treh scenarijih izpustov (slika 4). Scenarij izpustov RCP4.5 kaže v bližnji prihodnosti in v sredini 21. stoletja na povečanje za severno polovico države. Večja in zanesljiva povečanja se kažejo za Pomurje. V Pokolpju in jugozahodni Sloveniji je predvideno zmanjšanje srednjih malih pretokov, vendar je to zmanjšanje nezanesljivo, ker si modeli nasprotujejo v predznaku sprememb. Za zadnje obdobje se kažejo podobne spremembe kot v sredini stoletja, z razliko, da je za Krko in spodnjo Savo predviden porast srednjih malih pretokov. Je pa za vse postaje v južnem in jugozahodnem delu zanesljivost sprememb nizka. V primeru scenarija izpustov RCP8.5 v bližnji prihodnosti pričakujemo podobno spremembo malih pretokov kot v scenariju izpustov RCP4.5, vendar je v tem primeru sprememba zanesljiva le v delu Gorenjske. Za sredino stoletja se kaže zanesljivo povečanje malih pretokov v severni in vzhodni Sloveniji. Za južni del države je signal spremembe podoben kot za bližnjo prihodnost in prav tako nezanesljiv. Za konec 21. stoletja se kaže podobna sprememba kot v bližnji prihodnosti, le da je signal zmanjšanja malih pretokov v južni Sloveniji nezanesljiv (slika 4). V primeru scenarija izpustov RCP2.6 so predvidene spremembe podobne kot v scenariju izpustov RCP4.5. Te spremembe so manjše od naravne spremenljivosti. Izjema je le občutno povečanje malih pretokov v Prekmurju ob koncu stoletja (Bertalanič in sod., 2018).



Slika 4 Relativna sprememba srednjih malih pretokov v treh projekcijskih obdobjih glede na obdobje 1981–2010 ter pripadajoča zanesljivost spremembe za scenarija izpustov RCP4.5 in RCP8.5

4 Zaključki

Za pripravo strokovnih podlag za prilagajanje na podnebne spremembe v Sloveniji sta ključna poznavanje pretekle podnebne spremenljivosti in ocenjevanje prihodnjih podnebnih razmer. Zanesljivost sprememb pretokov do kona 21. stoletja je v največji meri odvisna od zanesljivosti spremembe padavin, ki imajo največji vpliv na odtok površinskih voda. Negotovost pri oceni podnebnih sprememb se pojavlja na vseh stopnjah procesa priprave projekcij podnebnih sprememb. Izvira iz negotovosti scenarijev izpustov, negotovosti simulacij podnebnih modelov in naravne podnebne spremenljivosti. Pri vseh spremenljivkah se negotovosti proti koncu stoletja povečujejo (Bertalanič in sod., 2018). Pri velikih pretokih je negotovost večja od negotovosti srednjih in malih pretokov.

5 Viri

[1] BERTALANIČ, R., DOLINAR, M., DRAKSLER, A., HONZAK, L., KOBOLD, M., KOZJEK, K., LOKOŠEK, N., MEDVED, A., VERTAČNIK, G., VLAHOVIĆ, Ž., ŽUST, A., 2018. Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja. Sintezno poročilo – prvi del. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.

[2] FRANTAR, P., KOBOLD, M., ULAGA, F., 2008. Trendi pretokov. V: Vodna Bilanca Slovenije 1971–2000 (ur. Frantar, P.), Agencija RS za okolje, Ljubljana, 50–60.

[3] GAČNIK, N. in PLEČKO, J., 2018. Nadgradnja ocene izrednih meteoroloških in hidroloških razmer v Sloveniji do konca 21. stoletja: poročilo projekta za sklopa 4 in 5. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje.

[4] JURKO, M., 2009. Statistična analiza trendov značilnih pretokov slovenskih rek. Diplomska naloga, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

[5] KOBOLD, M., 2022. Primerjava značilnih pretokov slovenskih rek novega referenčnega obdobja 1991–2020 s predhodnimi referenčnimi obdobji. Ujma, 36, 76-88.

[6] KOBOLD, M., BRILLY, M., 2006. The use of HBV model for flash flood forecasting. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 6, 407–417.

[7] OBLAK, J., 2017. Analiza sezonske spremenljivosti pretokov rek v Sloveniji. Magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

[8] PETAN, S., GOLOB, A., MODERC, M., 2015. Hidrološki prognostični sistem Agencije Republike Slovenije za okolje. Acta hydrotechnica 28/49, 119–131.

[9] van VUUREN, D., EDMONDS, J., KAINUMA, M., RIAHI, K., THOMSON, A., HIBBARD, K., ROSE, S., 2011. The representative concentration pathways: an overview. Climatic Change, 109, 5–31.

[10] WMO, 2017. WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals. WMO-No. 1203, Geneva.

PROBLEMATIKA HIDROLOŠKIH PODLAG IN DOLOČANJA PROJEKTNIH HIDROGRAMOV V SLOVENIJI

prof. dr. MOJCA ŠRAJ, NEJC BEZAK, prof. dr. MATJAŽ MIKOŠ,
izr. prof. dr. SIMON RUSJAN, asis. dr. KLAUDIJA LEBAR

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

POVZETEK

Praktični inženirski problemi, s katerimi se srečujemo pri umeščanju v prostor, gradnji različnih objektov in pri zagotavljanju varstva pred poplavami, zahtevajo v procesu načrtovanja tudi podatek o projektnih pretokih oziroma projektnih hidrogramih. Določitev projektnih pretokov pa ni enoznačna, saj je na voljo veliko različnih metod, ki so bolj ali manj primerne za uporabo. Metodologija določanja projektnih pretokov oziroma hidrogramov v Sloveniji ni predpisana oz. v ta namen ni podanih niti strokovnih usmeritev. Posledično se v praksi uporabljajo zelo različne metode različnega nivoja zahtevnosti, vse od empiričnih enačb do kompleksnejših hidroloških modelov ali postopkov regionalizacije. Zaradi vsega navedenega pogosto prihaja do izrazitih nesorazmerij med natančnostjo in kompleksnostjo hidroloških in hidravličnih izračunov, kar zmanjšuje uporabno vrednost oziroma natančnost rezultatov hidrološko-hidravličnih študij. Pri interpretaciji končnih rezultatov hidravličnih modelov pa se po navadi pozabi na kakovost vhodnih hidroloških podatkov in se jih obravnava z močno precenjeno natančnostjo. Poleg vsega naštetega se v procesu določanja projektnih pretokov in hidrogramov v slovenski vodarski praksi skoraj nikoli ne upošteva negotovosti. Ne smemo pozabiti tudi na upoštevanje podnebnih sprememb, ki jih klasična izdelava hidrološko-hidravličnih študij v Sloveniji ne predvideva. Zaradi vsega navedenega je treba v slovensko vodarsko prakso nujno vpeljati strokovne smernice o priporočenih hidroloških metodah določanja projektnih pretokov in hidrogramov, ki bodo zmanjšale negotovosti v procesu projektiranja.

Ključne besede:

hidrologija, projektni pretoki, projektni hidrogrami, verjetnostne analize, hidrološko modeliranje

1. Uvod

Za načrtovanje hidrotehničnih objektov in/ali protipoplavnih gradbenih in negradbenih ukrepov za zmanjševanje poplavnih tveganj ipd. so ključnega pomena podatki o projektnih pretokih oziroma projektnih hidrogramih. Metodologija določanja projektnih pretokov v Sloveniji ni predpisana oz. v ta namen ni podanih niti strokovnih usmeritev (smernic, priporočil); posledično se v praksi uporabljajo zelo različne metode različnega nivoja zahtevnosti. Tako se med drugim v praksi pogosto za določitev projektnih pretokov še vedno uporabljajo preproste empirične enačbe, ki so se uveljavile v preteklosti v vsakdanji inženirski praksi. Drugi relativno pogosto uporabljen način določanja projektnih pretokov so verjetnostne analize visokovodnih konic, s katerimi na podlagi merjenih podatkov o pretokih določimo zvezo med projektnimi pretoki in povratnimi dobami. Pri takšnih analizah dobimo kot rezultat podatek o verjetnosti pojava določene visokovodne konice, ne pa tudi ostalih informacij o lastnostih poplavnega vala (npr. prostornina poplavnega vala), ki so prav tako pomembne za nadaljnjo inženirsko rabo (npr. hidravlično modeliranje). Relativno redko se v slovenski vodarski praksi uporabljajo umerjeni in validirani hidrološki modeli ali postopki regionalizacije projektnih pretokov, saj gre v večini primerov za kompleksnejše metode. Na splošno se pri vseh omenjenih metodah zelo redko upošteva negotovosti (meje zaupanja).

Velik problem, ki ga velja še posebej poudariti pa predstavlja dejstvo, da je v slovenski praksi hidrološki del projektne dokumentacije večinoma zelo kratek in preveč podcenjen glede na pomembnost izvrednotenih hidroloških podatkov za vse nadaljnje korake. Pogosto prihaja do izrazitih nesorazmerij med natančnostjo in kompleksnostjo hidroloških in hidravličnih izračunov, kar zmanjšuje uporabno vrednost oziroma natančnost rezultatov hidrološko-hidravličnih študij. Pri interpretaciji končnih rezultatov hidravličnih modelov pa se po navadi pozabi na kakovost vhodnih hidroloških podatkov in se jih obravnava z močno precenjeno natančnostjo.

Za reševanje in omilitev zgoraj omenjene problematike je bila v okviru ciljnega raziskovalnega projekta (CRP) z naslovom »Razvoj metodologije za izračun visokovodnih valov na podlagi ekstremnih padavinskih dogodkov« (trajanje od 1. 10. 2021 do 30. 4. 2023), ki sta ga finančno podprli Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS (ARRS) in Ministrstvo za okolje in prostor (MOP), razvita ustrezna metodologija za določanje projektnih pretokov in hidrogramov za uporabo v slovenski vodarski praksi. Rezultati projekta so dostopni na spletni strain: https://www.fgg.uni-lj.si/raziskovalna-dejavnost/projekti/v2-2137-razvoj-metodologije-za-izracun-visokovodnih-valov-na-podlagi-ekstremnih-padavinskih-dogodkov/. Verjamemo, da bo metodologija, ki je predlagana v skladu z mednarodnimi smernicami, dvignila raven kakovosti hidrološko-hidravličnih študij kot dela projektne dokumentacije in s tem k večji varnosti in učinkovitosti ukrepov.

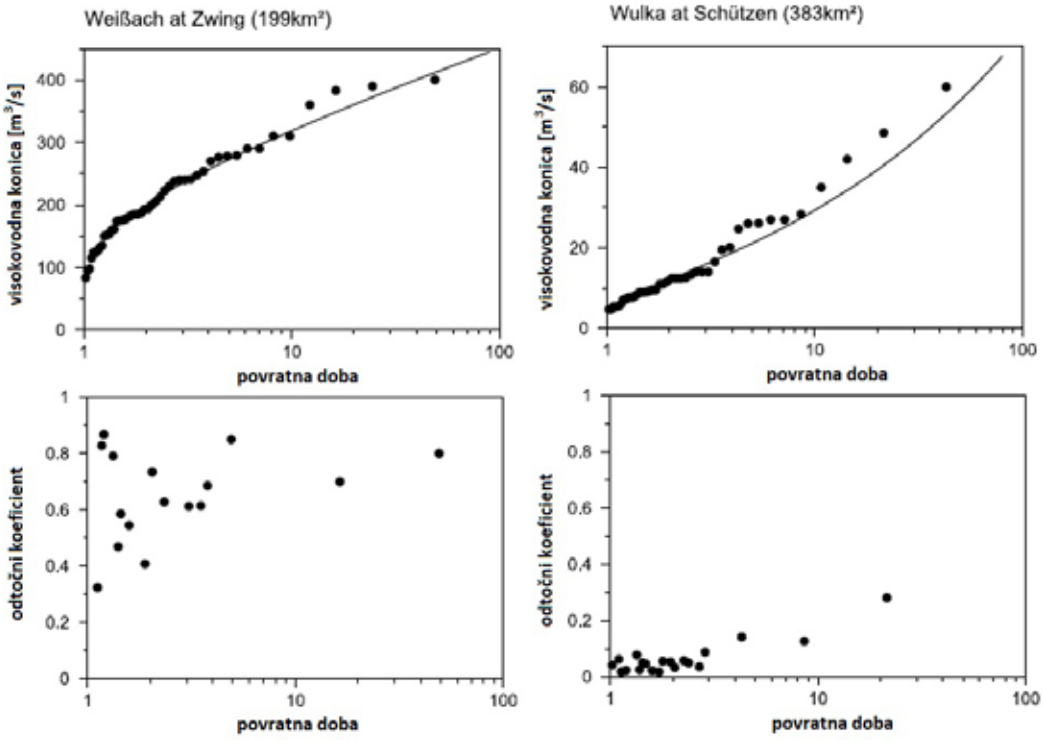
2. Problematika določanja projektnih pretokov

V svetovni literaturi je možno zaslediti številne, različno kompleksne metode za določitev projektnih pretokov in/ali hidrogramov, ki se med seboj razlikujejo tudi po tem, ali uporabljajo razpoložljive podatke o pretokih ali pa podatki o pretokih niso na voljo.

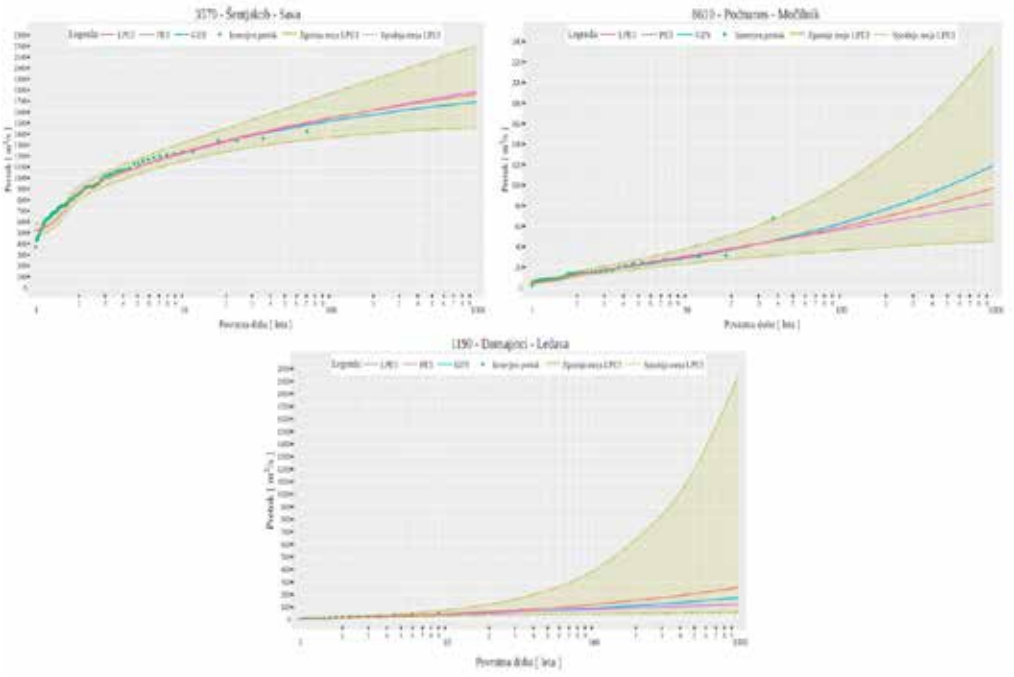
Pristope za določanje projektnih hidrogramov lahko v osnovi razdelimo na i) verjetnostne ali statistične metode in ii) deterministične metode, obstajajo tudi pristopi, ki so iii) kombinacija obeh omenjenih (Rogger et al., 2012). Za prve so osnova dovolj dolgi podatkovni nizi o pretokih, druge pa temeljijo na padavinskih podatkih in konceptualnem opisu procesov na porečju (Brunner et al., 2016). Na merjenih porečjih se za določitev projektnih pretokov z določeno povratno dobo oziroma verjetnostjo nastopa najpogosteje uporabljajo verjetnostne analize visokovodnih konic (angl. *flood frequency analysis*). So pa že tekom izdelave takih analiz potrebne številne odločitve, saj lahko v literaturi zasledimo različne pristope, ki se med seboj razlikujejo npr. v izbiri metode za pripravo vzorca, v velikosti vzorca, časovni ločljivosti vhodnih podatkov, izbiri teoretične porazdelitvene funkcije, izbiri metode za določitev parametrov porazdelitve ipd. (Bezak et al., 2014; Šraj et al., 2012). Subjektivnost izbire v postopkih ocene projektnih hidrogramov ali pretokov se pojavlja praktično v vsakem posameznem koraku in je posledica nestandardiziranosti postopkov in metod tako na ravni Evropske unije kot na ravni posameznih držav. To seveda vpliva tudi na rezultate oz. vrednosti projektnih pretokov. Smernice ali navodila za oceno projektnih pretokov in hidrogramov so na voljo v redkih državah in so na kratko povzete tudi v Šraj et al. (2023).

V Nemčiji je smernice za določanje verjetnosti pojava poplav podalo Združenje za vodo, odpadno vodo in odpadke (DWA, 2012). V dokumentu je poleg opisa ustreznih metod izpostavljeno, da je za zmanjšanje negotovosti ocenjenih projektnih pretokov in hidrogramov, ki izhajajo iz samih podatkov in metod ter stohastične spremenljivosti, priporočeno uporabiti dodatne obstoječe kvalitativne in/ali kvantitativne informacije, ki jih avtorji omenjenih smernic opredelijo kot časovne (npr. zgodovinski podatki o poplavah), prostorske (npr. merjeni podatki na podobnih sosednjih porečjih) in vzročne (razumevanje lokalnih vzrokov za nastanek poplav in odziva posameznih porečij). Pomembnost uporabe dodatnih hidrološko relevantnih virov sta v članku na številnih primerih ilustrirala tudi Merz and Blöschl (2008), ki sta tudi soavtorja nemških smernic (DWA, 2012).

Na sliki 1 (Merz and Blöschl, 2008) je prikazan primer rezultatov verjetnostnih analiz visokih vod za dve porečji v Avstriji ter dodatna analiza koeficientov odtoka pripadajočih visokovodnih dogodkov. Prvo porečje (slika 1, levo) prejme letno okrog 2000 mm padavin, drugo (slika 2, desno) pa okrog 600 mm padavin.



Slika 1 Primer rezultatov verjetnostnih analiz in dodatnih analiz koeficientov odtoka pripadajočih visokovodnih dogodkov za mokro (levo) in suho (desno) porečje v Avstriji. Privzeto po Merz and Blöschl (2008).



Slika 2 Trije različni primeri rezultatov verjetnostnih analiz z upoštevanjem negotovosti in mej zaupanja za tri vodomerne postaje v Sloveniji (Piry, 2020)

Na sliki 1 je lepo razviden vpliv koeficientov odtoka na rezultate verjetnostnih analiz. Za prvo, bolj mokro porečje (slika 1, levo), se koeficienti odtoka večinoma gibljejo med 0,4 in 0,9, in z večanjem velikosti dogodka koeficient odtoka ostaja okrog 0,8. To pomeni, da v primeru pojava še bolj ekstremnih padavinskih dogodkov težko pričakujemo drastičen porast koeficienta odtoka. To kaže tudi konkavna ukrivljenost krivulje verjetnostne analize. V primeru drugega bolj suhega porečja (slika 1, desno) so koeficienti odtoka precej nižji (med 0,05 in 0,3) in hitro naraščajo s povratno dobo dogodka. Ob še bolj ekstremnem padavinskem dogodku lahko pričakujemo, da koeficient odtoka lahko naraste na 0,5 ali celo več. Enako kaže konveksno ukrivljena krivulja verjetnostne analize, ki izkazuje izrazito naraščanje v območju večjih povratnih dob (Merz and Blöschl, 2008).

Za kritično presojo rezultatov in zmanjšanje negotovosti ocenjenih projektnih pretokov je vsekakor nujno tudi upoštevanje mej zaupanja (slika 2). Prikaz mej zaupanja pri npr. klasičnih verjetnostnih analizah nam omogoča dodaten vpogled v analize in kritično presojo rezultatov, saj izdelovalcu hidrološke študije in uporabnikom pokaže, kako daleč v območje izven razpona merjenih podatkov je še smiselno ekstrapolirati krivuljo oz. koliko lahko zaupamo v ocenjene vrednosti projektnih pretokov večjih povratnih dob.

3. Predlagana metodologija

Predlagana metodologija je razdeljena na dva dela, in sicer metode, ki jih uporabimo v primeru, ko imamo na voljo dovolj merjenih podatkov o pretokih, in metode, ki jih lahko uporabimo v primeru, da meritev nimamo oziroma je podatkov premalo za izvedbo analiz (preglednica 1). V obeh primerih je metodologija razdeljena na »enostavnejše metode«, ki naj se uporabljajo pri npr. izračunih, povezanih z načrtovanjem premostitvenih in ostalih objektov na manj pomembni infrastrukturi, izrisu kart poplavne nevarnosti in razredov poplavne nevarnosti ter vodnogospodarskih ureditvah na območjih, ki niso opredeljena kot območja pomembnega vpliva poplav ter »kompleksnejše metode«, ki naj se uporabljajo za npr. načrtovanje zahtevnih hidrotehničnih objektov (npr. hidroenergetskih objektov, vodnih zadrževalnikov, hidrotehničnih objektov na kritični infrastrukturi), analize poplavne nevarnosti na območjih pomembnega vpliva poplav ter načrtovanje protipoplavnih ukrepov na teh območjih.

Enostavnejša metoda, ki jo predlagamo za določanje projektnih hidrogramov na podlagi merjenih pretokov, je zelo podobna tisti, ki jo povzemajo Yue et al. (2002), in temelji na uporabi tipičnega visokovodnega hidrograma (angl. *typical flood hydrograph*) (TFH). Podrobneje je metodologija razložena v Šraj et al. (2023).

Kompleksnejša metoda, ki jo predlagamo za določanje projektnih hidrogramov na podlagi merjenih pretokov, pa je povzeta po metodologiji, ki so je razvili Brunner et al. (2017). Podrobneje je metodologija razložena v Šraj et al. (2023).

Preglednica 1 *Kratek povzetek predlaganih metod za določanje projektnih pretokov in hidrogramov v Sloveniji. Podrobnejši opisi metod so podani v Šraj et al. (2023)*

		Merjena porečja (podatki o pretokih so na voljo)	Nemerjena porečja (podatkov o pretokih ni ali jih je premalo)
1	Enostavnejša metoda	Univariatne verjetnostne analize z uporabo največjih letnih konic o pretokih (AM). Rezultati že izdelanih verjetnostnih analiz do leta 2018 so na voljo za 179 vodomernih postaj na območju Slovenije (Piry, 2020). Negotovost se upošteva preko intervalov zaupanja.	Uporaba regionalnih empiričnih krivulj za podatek o projektnem pretoku in (ali) uporaba hidrološkega modela padavine-odtok (npr. HEC-HMS) z upoštevanjem projektnih padavin. Negotovost se upošteva z definicijo različnih projektnih padavin.
2	Kompleksnejša metoda	Multivariatne analize z uporabo metodologije, ki so jo predlagali Brunner et al. (2017). Negotovost se upošteva z upoštevanjem različnih definicij povratnih dob.	Uporaba hidrološkega modela padavine-odtok, ki omogoča zvezne simulacije ali z uporabo stohastičnega padavinskega modela ali z upoštevanjem več različnih scenarijev projektnih padavinskih dogodkov in predhodne vlažnosti v odvisnosti od velikosti porečja.

4. Zaključki

Trenutno je v slovenski praksi hidrološki del projektne dokumentacije večinoma zelo kratek in preveč podcenjen glede na pomembnost izvrednotenih hidroloških podatkov za vse nadaljnje korake. Pogosto prihaja do izrazitih nesorazmerij med natančnostjo in kompleksnostjo hidroloških in hidravličnih izračunov, kar zmanjšuje uporabno vrednost oziroma natančnost rezultatov hidrološko-hidravličnih študij. Pri interpretaciji končnih rezultatov hidravličnih modelov pa se po navadi pozabi na kakovost vhodnih hidroloških podatkov in se jih obravnava z močno precenjeno natančnostjo. Točnost določitve projektnih pretokov je namreč ključnega pomena za učinkovito upravljanje voda in zmanjševanje poplavne nevarnosti.

V okviru CRP projekta V2-2137 z naslovom: »Razvoj metodologije za izračun visokovodnih valov na podlagi ekstremnih padavinskih dogodkov« je bila na podlagi izvedenega pregleda svetovne literature izdelana metodologija za izračun projektnih pretokov v Sloveniji, tako na podlagi merjenih podatkov o pretokih kot tudi za primere, ko merjenih podatkov o pretokih ni na voljo. Za vsakega izmed teh primerov je predlaganih več različnih načinov določitve projektnih pretokov oziroma projektnih hidrogramov, ki jih je treba smiselno uporabiti glede na zahteve projektnih nalog, kjer se uporabljajo rezultati hidroloških analiz (Šraj et al., 2023).

Eden od pomembnih zaključkov projekta je tudi ta, da je vsako porečje treba obravnavati kot unikatno in uporabiti diagnostični pristop pri vrednotenju rezultatov posameznih hidroloških metod. To pomeni, da uporabimo vse dodatne obstoječe kvalitativne in/ali kvantitativne informacije, kar lahko naredi le strokovno usposobljena in izkušena oseba, ki dobro razume hidrološke procese in povezave med njimi. Skladno s tem se priporoča, da se v postopku priprave projektne dokumentacije obvezno izvedejo tudi terenski ogledi in po potrebi tudi dodatne meritve pretoka, ki so ključne predvsem pri umerjanju tako hidroloških kot tudi

hidravličnih modelov. Dodatno je smiselno rezultate (npr. projektne hidrograme) ovrednotiti tudi z vidika ocene koeficienta odtoka ter volumnov visokovodnih valov glede na lastnosti določenega porečja (npr. maksimalna količina padavin, ki jo lahko pričakujemo na določenem območju). Poleg tega je smiselno kritično ovrednotiti tudi obliko projektnih hidrogramov, ki jih dobimo kot rezultat izračunov.

Predlagamo, da se v vseh primerih v izračune oziroma končne rezultate vključi tudi oceno negotovosti (npr. meje zaupanja) določenih projektnih pretokov in hidrogramov ter v nekaterih primerih naredi kontrolo izračunov z uporabo vsaj dveh različnih postopkov in na ta način pridobi možen razpon rezultatov projektnih vrednosti. Upoštevanje negotovosti pa se potem smiselno prenese v naslednje korake uporabe teh podatkov.

Za zmanjšanje negotovosti pa je vsekakor potrebna tudi kritična presoja vhodnih podatkov, pri čemer bi kritično presojo poleg samih podatkov izboljšale dodatne informacije o morebitnih spremembah pretočnih krivulj in sledljivost teh sprememb, informacije o načinu merjenja pretokov in zgodovinska sledljivost izbranih načinov meritev, mnenje o ustreznosti merskega profila, informacije o morebitnih razlivanjih in obtekanjih merskih profilov ob visokih vodah ipd., ki bi bile dostopne skupaj s podatki posamezne vodomerne postaje. Nujno bi bilo potrebno tudi nadgraditi oziroma periodično obnavljati podatke, ki predstavljajo vhodne podatke v hidrološke študije (npr. ITP krivulje, Huffove krivulje), predvsem pa jih najprej uradno potrditi s strani pristojnih institucij. To velja tudi za novo razvite metode ali podatke (npr. Huffove krivulje), ki so bili razviti v sklopu raziskovalnih nalog ali zaključnih del na UL FGG. Taka potrjevanja novih podatkov in metod bi se morala izvajati periodično, saj se hidrologija kot veda v svetu in s tem tudi v Sloveniji nenehno razvija, zaradi podnebne spremenljivosti pa lahko že eno dodatno leto novih meritev spremeni situacijo.

Dodatno neznanko in velik problem pri določanju projektnih pretokov v zadnjih desetletjih predstavlja tudi vpliv spremenljivosti podnebja oz. njegova nestacionarnost (Blöschl et al., 2019). Ta dokazano vpliva tudi na pretoke v Sloveniji (ARSO, 2021; Oblak et al., 2021), zato bi jo bilo potrebno smiselno upoštevati. Možni načini upoštevanja podnebnih sprememb in prakse nekaterih drugih držav so predstavljeni v poročilu (Šraj et al., 2023), za končno odločitev o primerni metodologiji pa je potreben širši konsenz več strok in pristojnih institucij.

Zahvala

Prispevek je nastal v okviru ciljnega raziskovalnega projekta V2-2137 »Razvoj metodologije za izračun visokovodnih valov na podlagi ekstremnih padavinskih dogodkov«, ki sta ga financirata Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS (ARRS) in Ministrstvo za okolje in prostor (MOP).

5. Viri

[1] ARSO, 2021. Podnebne spremembe 2021: Fizikalne osnove in stanje v Sloveniji. Poročilo IPCC 2021. Povzetek za odločevalce z dodanim opisom stanja v Sloveniji. Ljubljana, Slovenia.

[2] Bezak, N., Brilly, M., Šraj, M., 2014. Comparison between the peaks-over-threshold method and the annual maximum method for flood frequency analysis. Hydrol. Sci. J. 59, 959–977.

[3] Blöschl, G., Hall, J., Viglione, A., …, Šraj, M., Szolgay, J., Volpi, E., Wilson, D., Zaimi, K., Živković, N., 2019. Changing climate both increases and decreases European river floods. Nature 573, 108–111.

[4] Brunner, M.I., Seibert, J., Favre, A.C., 2016. Bivariate return periods and their importance for flood peak and volume estimation. Wiley Interdiscip. Rev. Water 3, 819–833.

[5] Brunner, M., Viviroli, D., Sikorska, A.E., Vannier, O., Favre, A.C., Seibert, J., 2017. Flood type specific construction of synthetic design hydrographs. Water Resour. Manag. 53, 1390–1406.

[6] DWA, 2012. Ermittlung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten. Merkblatt DWA-M 552.

[7] Merz, R., Blöschl, G., 2008. Flood frequency hydrology: 1. Temporal, spatial, and causal expansion of information. Water Resour. Res. 44, 1–17.

[8] Oblak, J., Kobold, M., Šraj, M., 2021. The influence of climate change on discharge fluctuations in Slovenian rivers. Acta Geogr. Slov. 61, 155–169.

[9] Rogger, M., Kohl, B., Pirkl, H., Viglione, A., Komma, J., Kirnbauer, R., Merz, R., Blöschl, G., 2012. Runoff models and flood frequency statistics for design flood estimation in Austria - Do they tell a consistent story? J. Hydrol. 456–457, 30–43.

[10] Šraj, M., Viglione, A., Parajka, J., Bloeschl, G., 2016. The influence of non-stationarity in extreme hydrological events on flood frequency estimation. J. Hydrol. Hydromechanics 64, 426–437.

[11] Šraj, M., Bezak, N., Brilly, M., 2012. Vpliv izbire metode na rezultate verjetnostnih analiz konic, volumnov in trajanj visokovodnih valov Save v Litiji. Acta Hydrotechnica 25, 41–58.

[12] Šraj, M. Bezak, N., Lebar, K., Mikoš, M., Rusjan, S. 2023. Razvoj metodologije za izračun visokovodnih valov na podlagi ekstremnih padavinskih dogodkov. Končno poročilo projekta (CRP V2-2137). UL FGG, Ljubljana, 89 str.

[13] Yue, S., Ouarda, T.B.M.J., Bobée, B., Legendre, P., Bruneau, P., 2002. Approach for Describing Statistical Properties of Flood Hydrograph. J. Hydrol. Eng. 7, 147–153.

VPLIV INTENZIVIRANJA HIDROLOŠKIH EKSTREMOV NA KOLIČINO RAZPOLOŽLJIVE VODE

NINA HUMAR[1], izr. prof. dr. ANDREJ KRYŽANOWSKI[2]

[1]Slovenski nacionalni komite za velike pregrade, SLOCOLD
[2]Univerza v Ljubljani, fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

POVZETEK

Podnebne spremembe ne vplivajo le na posameznika in družbeno okolje, temveč tudi na naravo in njeno biotsko raznovrstnost. V zadnjih desetletjih smo priča vse pogostejšim hidrološkim ekstremom. Slovenijo skoraj vsako leto prizadenejo hidrološki dogodki izjemnih razsežnosti (suše, poplave, žled, nevihte s točo). Izmenjava sušnih in poplavnih dogodkov je postala skoraj stalnica, intenziteta ekstremov pa narašča. Škoda, ki jo povzročijo izredni dogodki, se povečuje sorazmerno z intenziviranjem hidroloških ekstremov. Treba je ukrepati in obrniti trend naraščanja škode. Čeprav se na prvi pogled zdi, da razporeditev padavin – ki se vse pogosteje pojavljajo skoncentrirane v obliki izrednih dogodkov – na letno količino padavin ne vpliva tako močno, nadaljnja analiza že pokaže drastične razlike. Podnebne spremembe, ki se kažejo v naraščajočih odklonih, Sloveniji in večini Evrope ne napovedujejo svetlega scenarija, zato bo potrebno pri načrtovanju rabe vodnih virov stremeti k racionalnemu in trajnostnemu razvoju, ki bo služil tako ljudem kot naravi. Glede na neenakomerno porazdelitev padavin med letom zgolj varovanje vodnih virov brez ustreznega upravljanja in vlaganja v ohranjanje voda ter urejanje vodotokov ne bo več mogoče. Gradnja zadrževalnikov in pregrad, ki bodo pomagali uravnavati količine vode in jih prerazporejati čez leto, da bomo v prihodnosti poleg pitne vode, vode za namakanje in bogatenja podtalnice lahko zagotavljali tudi pogoje za ohranjanje biotske raznovrstnosti, je neizogibno dejstvo. V prispevku izpostavljamo ključni pomen zadrževalnikov v procesu trajnostnega razvoja in ohranjanja narave ter opozarjamo, kako pomembni so za prihodnost.

Ključne besede:

Podnebne spremembe, poplave, zadrževalniki, pregrade, ekosistemske storitve

1. Uvod

Podnebne spremembe in degradacija okolja postajajo resen problem za Evropo, v nekaterih delih sveta pa postajajo celo vprašanje obstoja. Zaradi hitra rast prebivalstva ob koncu prejšnjega stoletja je postalo upravljanje virov in rabo zemljišč eno izmed najbolj perečih vprašanj, varstvo okolja pa kot ena od ključnih tem za razvoj v prihodnje. Spričo vse večjih obremenitev in pritiskov, ki jih človeštvo predstavlja za okolje, postaja vse bolj jasno, kako pomembno je dobro stanje okolja in s tem stanje voda.

Voda je eden najpomembnejših naravnih virov. Pomembna je ne le za ljudi, temveč tudi za številne druge žive organizme, in je predpogoj za ohranitev številnih habitatov. Nudi številne oskrbovalne, regulacijske, kulturne in podporne ekosistemske storitve [1] in je ena od ključnih dobrin za vodno, prehransko, energetsko in okoljsko varnost ter odpornost družbe na naravne in druge nesreče (vključno z epidemijami) v prihodnosti.

Evropska komisija v strategiji trajnostnega razvoja, sprejeti leta 2001, predlaga spremembo politike na gospodarskem, družbeno-socialnem in okoljskem področju – da bi to dosegli, je zelo pomembno, da vsa tri navedena področja tesno sodelujejo. Kot zaveza k doseganju le-tega je bil 2020 sprejet Evropski zeleni dogovor – načrt, ki temelji na odgovornosti in zavezanosti ohranjanju okolja in naravnih virov za naše potomce (medgeneracijska pravičnost in solidarnost) in katerega cilj je ustvariti trajnostno (krožno) gospodarstvo brez emisij ter preoblikovanje Unije v sodobno in konkurenčno gospodarstvo, ki zagotavlja varnost preskrbe z vodo, hrano in energijo, pri čemer njegova rast ne bo zahtevala veliko virov. Trajnostni razvoj je organizacijsko načelo za doseganje ciljev človekovega razvoja ob hkratnem ohranjanju sposobnosti naravnih sistemov, da zagotavljajo naravne vire in ekosistemske storitve, od katerih sta odvisna gospodarstvo in družba – to pomeni učinkovito rabo okoljskih pogojev in racionalno prostorsko načrtovanje, pri čemer se preprečuje prekomerno izkoriščanje naravnih virov.

2. Voda – naravni vir, ki zagotavlja številne ekosistemske storitve

EU je v preteklosti sprejela več direktiv (med njimi Okvirno vodno direktivo, Direktiva Sveta 2000/60/ES) in načrtov (npr.: Načrt varstva vodnih virov), s katerimi vpeljuje trajnostne vidike zagotavljanja in ohranjanja kakovosti in ustreznosti vodnih virov, pri čemer se je zelo ozko omejila na okoljski vidik z biološkega, kemijskega in morfološkega stanja voda. Težko se je znebiti občutka, da so koristi vodnih zadrževalnikov v obliki ekosistemskih storitev (npr. izboljšanje mikroklime, regulacija vodnih količin, razbremenitev cestnega omrežja, namakanje, zagotavljanje pitne vode itd.) in podpora, ki jo zagotavljajo v primeru izrednih dogodkov in naravnih nesreč (npr. suše, poplave, požari), v omenjeni direktivi nekoliko marginalizirane ali povsem spregledane.

Vendar pa je potrebno poudariti, da je Evropska komisija leta 2013 priznala številne ekološke, gospodarske in družbene koristi zelene ali modre infrastrukture, vključno z vodo v vseh njenih oblikah. Vodo (vključno z zadržano vodo) je prepoznala kot strateško orodje, ki uravnoveša upravljanje naravnih virov in prostora ter tako ključno prispeva k trajnostnemu razvoju, pri čemer je upoštevala tudi antropološko prisotnost. Poudarila je potrebo po povezovanju gospodarskih, socialnih in okoljskih ciljev (intermodalnost) ter po uravnoteženju gospodarske rasti s trajnostno proizvodnjo in potrošnjo (načela trajnosti in samo obnovljivi viri energije), kar zahteva tesno sodelovanje in medsektorsko usklajevanje.

V skladu z opredelitvijo EU temeljita zelena in modra infrastruktura na načelu ekosistemskih storitev in omogočata prehod na premišljeno, trajnostno in

medsektorsko usklajeno rast, ki je ključni cilj strategije EU 2020. Koncept zelene infrastrukture implementira strategijo EU za biotsko raznovrstnost ne le v smislu koristi za prostoživeče živali, temveč tudi z namenom ohranjanja zdravega okolja in posledičnega dobrega počutja ljudi. Skupaj z drugimi protokoli (RBMP, ICZM, MSP itd.) ponuja rešitve za spodbujanje naravne obnove, vendar s priznavanjem in upoštevanjem človekove prisotnosti. Implementacija zelene infrastrukture je tudi eden od glavnih ciljev evropske makroregionalne strategije za jadransko-jonsko regijo (EUSAIR).

3. Vloga pregrad in zadrževalnikov pri prilagajanju na podnebne spremembe

Pomanjkanja vode ali njeno onesnaženje je razlog zaradi katerega na svetovni ravni vsak dan umre 4.000 ljudi. Dezertifikacija, ki je doslej prizadela od 6 do 12 milijonov km^2 Zemljinega površja, zdaj ogroža dodatno še približno milijardo ljudi. Spremembe vplivajo tudi na naravno okolje (naravno presihanje vodotokov) in so – zaradi neizpolnjevanja osnovnih življenjskih pogojev – vzrok za izumrtje številnih živalskih in rastlinskih vrst. Podnebne spremembe so eden najpomembnejših vzrokov za zmanjšanje razpoložljivih količin vode. Ob vse večjih hidroloških ekstremih se zadrževanje vode vse bolj kaže kot nujen in ključen ukrep za ublažitev hidrološkega neravnovesja in učinkovito zmanjšanje škode, ki jo hidrološki ekstremi povzročajo, ter predstavlja ključno orodje za zagotavljanje številnih ekosistemskih storitev, kot so (1) oskrba z vodo, (2) preprečevanje škode zaradi poplav, (3) bogatenje vodnih virov, (4) proizvodnja hrane – namakanje, pitna voda, (5) proizvodnja hidroenergije, kjer se izkaže kot eden najčistejših obnovljivih virov energije, (6) blaženje podnebjih ekstremov in nenazadnje (7) ustvarjanje pogojev za preživetje organizmov, vezanih na vodo in vodno okolje, ter posledično ohranjanje biotske raznovrstnosti. Zadrževalniki ustrezajo opredelitvi zelene/modre infrastrukture EU, saj njihovo načrtovanje, upravljanje in delovanje že dolgo temelji na načelu ES (večnamenske zadrževalnike v Sloveniji načrtujemo in gradimo že od 80-ih let dalje, drugod pa tudi že od prej) in omogoča prehod na premišljeno, trajnostno in medsektorsko usklajeno rast, kar je ključni cilj strategije EU 2020.

Zadrževalniki v številnih primerih ne zagotavljajo le pitne vode (zagotavljanje zanesljive preskrbe s pitno vodo), vode za namakanje in bogatenje podtalnice (zagotavljanje zanesljive preskrbe s hrano), energije za proizvodnjo hidroelektrarn (zagotavljanje zanesljive preskrbe z energijo), temveč zagotavljajo tudi ugodnejši časovni razpored zadostnih količin vode na območjih, kjer je vpliv podnebnih sprememb najbolj očiten (odpornost proti naravnim nesrečam). Zadrževanje in postopno odvajanje ter uravnavanje vodnih količin omogoča vzpostavitev in ohranjanje ugodnih življenjskih razmer in s tem tudi ohranjanje ogroženih vrst ali habitatnih tipov, saj je voda pogoj za obstoj nekaterih organizmov ali za ohranitev življenjskih združb. Njihov obstoj ponuja številne ekosistemske storitve vseh štirih kategorij po klasifikaciji »The Millennium Ecosystem classification« (npr. zagotavljanje oskrbovalnih storitev z oskrbo z vodo; regulacijske storitve z ugodnimi učinki na mikroklimo, zaščito pred poplavami, blaženje posledic suš in

posledic drugih vremenskih ekstremov, kulturne storitve s prispevanjem k estetiki prostora in končno s ponudbo podpornih storitev) [1].

V nasprotju s prepričanjem, da gradnja pregrad škoduje živalskim in rastlinskim vrstam in da so posledice nepopravljive, lahko pregrade že nekaj let po gradnji zagotovijo pogoje za ohranitev ogroženih vrst, saj se te prilagodijo „novim" razmeram in izkoristijo slabšo dostopnost območij okrog zadrževalnika ter ugodnejšo časovno in količinsko prerazporeditev količine vode.

Glede na podnebne spremembe in hidrološke ekstreme, s katerimi se soočamo, sta zadnja dva vidika vse pomembnejša. Prikazati želimo, kako se na videz majhne spremembe povprečnih letnih količin padavin v resnici odražajo na realnih razpoložljivih količinah vode. Medtem ko beležimo le majhno zmanjšanje statistično izračunane povprečne letne količine padavin, se je realna razpoložljiva količina vode na večjem delu ozemlja Republike Slovenije zaradi neenakomerne razporeditve padavin v zadnjih treh desetletjih bistveno zmanjšala. Letno zbiranje vode nekoliko bolj plastično in neposredno prikazuje vpliv podnebnih sprememb in neenakomerne porazdelitve na količine vode ter morebitno nezmožnost zagotavljanja ustreznih pogojev za ohranjanje z vodo povezanih habitatov. Potrjuje domnevo, da bodo zbiralniki v prihodnosti še pomembnejši in ponekod celo ključni, ne le za človeka temveč za ohranjanje habitatov. Vpliv bo prikazan na primeru enega od slovenskih zadrževalnikov.

4. Značilnosti pilotnega območja

Vipavska dolina leži na prehodu iz osrednje Slovenije v Furlanijo. Nad dolino se v smeri vzhod-zahod dvigajo Nanos, Hrušica in Trnovska planota. Vipavsko hribovje ločuje Vipavsko dolino od Krasa na jugu. Dolina se na zahodu konča z Goriško ravnino. Reka Vipava si je utrdila strugo med visokim dinarskim krasom na severovzhodu in nizkim dinarskim krasom na jugozahodu. Večino dna doline prekriva ilovica. Podobno velja za večino večjih pritokov reke Vipave (**slika 1**).

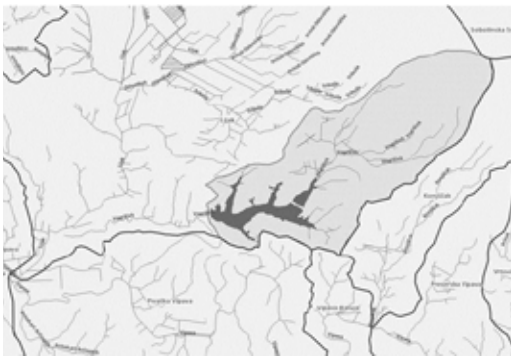
Potok Vogršček je levi pritoka Lijaka, enega izmed štirih večjih pritokov reke Vipave. Povirje Vogršča iz katerega se napaja zadrževalnik Vogršček omejujejo pobočja Trnovske planote, z najvišjim vrhom Čavnom (1186 m) na južnem robu Trnovskega gozda. V nižjem toku potok Vogršček obdaja gričevnat svet (150–190 m nadmorske višine) in ravnine. Povprečni naklon vodozbirnega območja, izmerjen pravokotno na vodotok, znaša 23,5 % (**slika 2**).

Zadrževalnik Vogršček leži v jugozahodnem delu Vipavske doline in je nastal z izgradnjo zemeljske pregrade na samem potoku Vogršček leta 1989. Akumulacija je dolga približno štiri kilometre. Zadrževalnik na dva dela deli nasip avtoceste Selo–Vrtojba: spodnji del, iz katerega se zajema voda za namakanje in kjer vodostaj niha ter zgornji del, kjer se vzdržuje stalna gladina in je mišljen kot ekoremediacijski ukrep. Oba dela sta povezana preko vodnega povezovalnega cevovoda, ki poteka pod avtocesto. Osnovni namen vodnega zadrževalnika Vogršček je zagotavljanje vode za namakanje, namakanje in bogatenje podtalnice (85 % razpoložljive prostornine), sekundarni namen pa je izravnavanje vrhov visokovodnih valov in zaščita pred

škodljivim delovanjem voda (15 % razpoložljive prostornine). Med drugimi nameni, ki jih je mogoče zaslediti v idejni zasnovi je tudi za bogatenje podtalnice, po izgradnji pa so se na zadrževalniku vzpostavile tudi druge, s človekom bolj ali manj povezane rabe, kot so rekreacija, ribištvo in ne nazadnje ohranjanje biotske raznovrstnosti (zgornje jezero).



Slika 1: Porečje reke Vipave [10]



Slika 2: Vodozbirno območje vodotoka Vogršček [8]

Vogršček zajema vodo več manjših vodotokov v povirju potoka Vogršček (v prvotnem projektu [9] jih je bilo evidentiranih 16, danes jih je redno „aktivnih" le 9, ostali se aktivirajo ob močnem deževju), zlasti jeseni in pozimi. Povodje obsega 10,94 km^2.

Izviri vodotoka Vogršček, ki napaja zadrževalnik Vogršček, so skoraj v celoti na gruščnati podlagi [13]. Glineno-peščeni zasipi iz glinenih, meljastih in peščenih prodnikov, peskov, meljevcev in glin predstavljajo le 1 % površine na jugozahodni strani povodja; zastopani so z glinenimi, meljastimi in peščenimi prodniki, peski, meljevci in glinami in segajo od tistih z majhnim odtočnim potencialom do tistih z velikim odtočnim potencialom.

Prostorska analiza CORINE Land Cover 2012 [11] in prostorski podatki o dejanski rabi tal so pokazali, da na povodju potoka Vogršček prevladujejo kmetijske površine (21,2 %), gozdovi (45 %) in travniki (22,3 %).

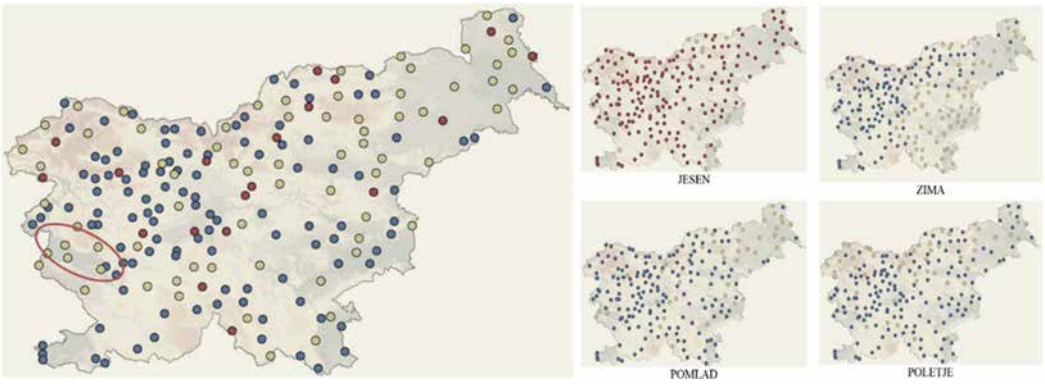
5. Podnebje pilotnega območja

Porečje reke Vipave je na zahodni strani odprto do Jadranskega morja, zato je izpostavljeno sredozemskemu podnebju, ki se meša s celinskim podnebjem v zaledju. Za povodje Vipave in potoka Vogršček je značilno submediteransko podnebje z milimi zimami in zmerno vročimi poletji, ki pomembno vplivajo na hidrološke razmere, rastlinstvo in tla. Na dnu doline se temperature redko spustijo pod ničlo. Povprečna letna temperatura v referenčnem obdobju 1981–2016 na dnu doline znaša 12–13 °C. Najtoplejši mesec je julij s povprečno temperaturo (1981–2010) 22 °C, najhladnejši mesec pa je januar s povprečno temperaturo 3 °C.

Kljub temu, da se v zadnjih letih v tem delu Slovenije pogosto spopadajo s sušo, ki ga prizadene predvsem v poletnih mesecih, je porečje, sodeč po količini povprečnih

letnih padavin, eno bolj „mokrih“ območij v Sloveniji. Povprečna letna količina padavin namreč znaša okoli 1500 mm/leto. Trnovska planota predstavlja pomembno topografsko oviro za vlažne (zlasti) južne vetrove, ki potiskajo zračne mase proti severu in povzročajo pojav orografskih padavin, ki napajajo desne pritoke reke Vipave.

Padavine so čez leto zelo neenakomerno razporejene in običajno padejo v obliki močnih nalivov, ki povzročijo hiter porast pritokov reke Vipave. Za Vipavsko dolino sta značilna dva padavinska vrhunca: pozno spomladanski in jesenski maksimum. **Slika 3** kaže, da je v obdobju med letoma 1971 in 2005 v Vipavski dolini največ padavin padlo med septembrom in novembrom ter med aprilom in junijem. Rdeči znak nakazuje trend povečanja letnih količin padavin, modri znak pomeni trend zmanjšanja letnih količine padavin, rumena oznaka pa pomeni, da se trend bistveno ne spreminja. Trend letne količine padavin za obdobje 1971–2005 kažejo, da ostaja letna količina padavin v Vipavski dolini na približno enaki ravni. Izjemo predstavlja le območje Zgornje Vipavske doline, kjer je opaziti rahlo zmanjšanje letne količine padavin. Iz pregleda podatkov nizov dnevnih padavin in pretokov hidro meteoroloških postaj pa je mogoče zaznati krepitev padavinskih in odtočnih ekstremov.



Slika 3: Statistično značilni trendi letnih padavin v obdobju 1971–2005 [9]

Na sliki 4 so analizirane spremembe količine padavin, ki bi jih lahko opredelili kot podnebne spremembe, in njihov vpliv na količino padavin med letom (vrhovi). Ugotovimo, da se količina padavin poveča le jeseni, medtem ko se količina padavin v preostalem delu leta ni bistveno spremenila oziroma se je celo zmanjšala. Tudi ekstremni dogodki se pojavljajo predvsem ob koncu poletja in zgodaj jeseni, medtem ko se število »ekstremnih« padavinskih dogodkov spomladi in pozimi v obdobju 1971–2005 celo zmanjšuje.

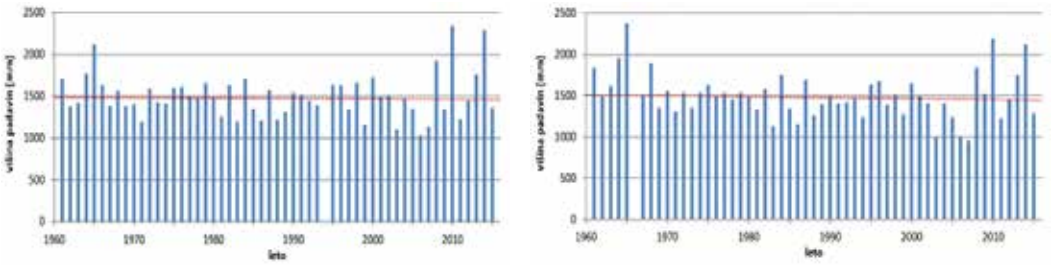
Ker v zaledju Vogršča ni hidro-meteoroloških postaj (nadalje HM postaje) mreže Agencije Republike Slovenije za okolje (nadalje ARSO), kakovostnih podatkov o padavinah ali pretokih gorvodno od zadrževalnika Vogršček ni na voljo. Najbližja postaja vključena v mrežo HM postaj ARSO je postaja Bezovljak, ki meri odtok

iz zadrževalnika in je od pregrade oddaljena približno 200 m. Najbližji padavinski postaji sta Šempas in Zalošče; najbližja meteorološka postaja opremljena z dežemerom je postaja v Biljah pri Novi Gorici. V **preglednici 1** je podana primerjava med vrednostmi ekstremnih dnevnih padavin, ki so bile določene v hidrološki obravnavi idejne zasnove projekta za zadrževalnik Vogršček [9], in vrednostmi ekstremnih dnevnih padavin, ki so bile določene na podlagi posodobljenega nabora razpoložljivih podatkov (do vključno leta 2018). Večjih sprememb ni – količina padavin s 100-letno povratno dobo se je na padavinski postaji Šempas povečala za približno 10 %, na padavinski postaji Zalošče pa nekoliko (za manj kot en odstotek) zmanjšala.

Preglednica 1: Ekstremne dnevne padavine z različnimi povratnimi dobami [9]

Verjetnostna porazdelitev	Pz (mm)	Ps (mm)	P10 (mm)	P20 (mm)	P50 (mm)	P100 (mm)	P500 (mm)	P1000 (mm)
Šempas (VGI,19501999)	80.40		129.9	136.5	156.6	171.6		221.3
VP Šempas	83.60	110.3	128.9	147.5	172.7	192.6	242.5	265.8
Zalošče (VGI 1950 - 2015)	83.30		129	146.5	169.1	186		242
VP Zalošče	76.80	110.3	121.3	140.4	165.7	184.7	229	248.1

Na najbližjih postajah (Šempas in Zalošče) v zadnjem desetletju v primerjavi s prejšnjim obdobjem ni bilo opaziti bistvenih razlik v letni količini padavin. Trendna črta na obeh postajah kaže rahlo zmanjšanje letne količine padavin. Določitev treh najvišjih in treh najnižjih letnih količin padavin kaže nekoliko drugačno sliko trenda padavin (**slika 4**). Omeniti velja dejstvo, da je bilo med letoma 1961 in 2016 pet od šestih najbolj mokrih ali sušnih let, zabeleženih v zadnjih 13 letih. Iz pregleda diagrama je jasno razviden tudi vse večji razkorak med suhimi in mokrimi leti, kar kaže, da se podnebne spremembe kljub splošnemu trendu, ki ne kaže večjih sprememb, odražajo v vse hujših ekstremih.



Slika 4: Letne količine padavin, izmerjene v obdobju 1961–2016 na padavinskih postajah Šempas (levo) in Zalošče (desno) – pikčasta črta je trendna črta

6. Vodna bilanca

Mesečni dotok je bil ocenjen po isti metodologiji, kot je bila uporabljena v idejni študiji pregrade in zadrževalnika Vogršček [9] – torej na podlagi izmerjenih mesečnih padavin, vrednosti mesečnih odtočnih koeficientov določenih v odvisnosti od vrednosti letnih padavin in velikosti prispevnega zaledja zadrževalnika Vogršček vse

do pregradnega odseka. Pri pričujoči ocene pa so bili uporabljeni daljši podatkovni nizi – medtem ko je bilo v idejni zasnovi upoštevano obdobje 1948 – 1977 je bila pričujoča analiza opravljena za obdobje od leta 1948 do 2016. Letna količina padavin v obravnavanem obdobju (1948–2016) je bilo razdeljeno v tri kategorije, in sicer na suha leta (do 1430 mm), srednja leta (1430 mm do 1560 mm) in mokra leta (nad 1560 mm). Upoštevani so enaki koeficienti odtoka (**Preglednica 2**) kot v idejni hidrološki študiji za vodni zadrževalnik Vogršček iz leta 1983. Srednja vrednost dotoka v zadrževalnik v obravnavanem obdobju (1948–2016) je 7,52 milijona m^3. V študiji iz leta 1983 je bila razpoložljiva količina ocenjena na 8,5 milijona m^3.

Preglednica 2: Mesečni koeficienti odtoka za suha, srednje mokra in mokra leta [9]

januar	februar	marec	april	maj	junij	julij	avgust	september	oktober	novemberdecember
Suho leto										
0.56	0.63	0.5	0.43	0.31	0.13	0.1	0.1	0.16	0.42	0.49	0.56
rednje leto										
0.65	0.72	0.59	0.52	0.4	0.22	0.19	0.19	0.25	0.51	0.58	0.65
Mokro leto										
0.75	0.82	0.69	0.62	0.5	0.32	0.29	0.29	0.35	0.61	0.68	0.75

7. Vpliv podnebnih sprememb na razpoložljive količine vode

Poleg daljšega niza padavin smo analizirali tudi niz za obdobje 1948–2016. Analiza je pokazala, da v najbolj mokrih letih skupni dotok v jezero še vedno lahko preseže 10 milijonov m^3 in lahko doseže celo 15 milijonov m^3 (kar je skoraj dva krat toliko, kolikor je zadrževalnik sposoben zadržati), vendar pa je potrebno opozoriti, da v zadnjem desetletju prevladujejo bolj sušna leta. Za opazovanje razlik, ki so lahko povezane s podnebnimi spremembami, so podatki o povprečni mesečni količini padavin za različna obdobja prikazani v **Preglednici 3**.

	Padavine (mm)			
	1948-2010	**1948-1977**	**1981-2010**	**1996-2010**
januar	104.3	114.8	86.4	90
februar	96.2	118.8	73.6	75.3
marec	89.4	89.7	86.9	86.1
april	114	118.5	107.6	112.5
maj	117.4	119.2	118.5	113.7
junij	140.1	143.2	134.5	103.7
julij	115.4	131.9	99.3	121
avgust	121	127.2	114.9	113.7
septembe	153.8	150.7	163	169.9
oktober	153.1	151.8	154.9	133.6
november	165	167.8	164.1	186.6
december	136.2	133.3	139.9	153.5
letno	**1506**	**1567**	**1444**	**1460**

Preglednica 3: Povprečne vrednosti mesečnih in letnih padavin (mm) na obravnavanem območju

Pregled analiziranih padavin in srednjih vrednosti mesečnih in letnih podatkov o padavinah nas je spodbudil k nadaljnji analizi izjemno sušnega obdobja, kakršnemu smo priča zlasti v zadnjih 15 letih. Za primerjavo smo izbrali krajše, 20-letne nize padavin in nabiri vode v nizu zaporednih let ter tako poskušali natančneje opredeliti razliko v izdatnosti vodnega vira. Pri oblikovanju serij so bili uporabljeni obstoječi podatki o padavinah in nabiri vode. Sklopi so bili izbrani tako, da ponazarjajo vpliv podnebnih sprememb na razpoložljivo količino vode za dolgoročno zagotavljanje vode za namakanje.

7.1 Obdobje, upoštevano pri načrtovanju: 1957–1976

Iz razpoložljivih podatkov smo izluščili dvajsetletno serijo, v kateri prevladujejo povprečna leta (vendar z večjo količino padavin), izjemno suha in izjemno mokra leta pa so približno uravnotežena. V vzorčnem podatkovnem nizu prevladujejo zmerna leta; suha in mokra leta so približno enakomerno zastopana. Zaporedje let je enakomerno razporejeno. Analiza je pokazala, da bi bilo v takem primeru na voljo 8,29 milijona m^3.

7.2 Zadnje obdobje: 1997–2016

Predvsem zaradi podnebnih sprememb, ki morda niso tako očitne, ko opazujemo povprečno letno količino padavin, ki pade v Vipavski dolini, smo preverili tudi niz za obdobje 20-tih let, v kateri se izmenjujejo daljši nizi sušnih let in krajši nizi izredno mokrih let. Ugotovimo, da je obdobje 20-tih letih izredno neugoden, saj vključuje dve daljši sušni obdobji (med letoma 2001 in 2007 ter 2008 in 2012). Sušna obdobja sicer prekinejo tri izjemno mokra leta z obilnimi padavinami, pri čemer je potrebno opozoriti, da v primerih izjemno mokrih let zadrževalnik ne bi mogel zadržati celotnega dotoka, saj je le-ta lahko tudi dva-krat tolikšen kot prostornina povsem praznega zadrževalnika in bi bilo tako treba izpustiti velik del visokovodnega vala. Čeprav prevajanje viškov vode ni bilo upoštevano v oceni povprečne nabire vode (saj kot taka ni pomembna za celokupno oceno razpoložljivih količin vode), je bilo ugotovljeno, da bi razpoložljiva količina vode znašala le 6,53 milijona m^3.

Izračun je narejen na krajšem nizu zadnjih let jasno kaže na trend vpada količine razpoložljive vode in na posledice neenakomerne porazdelitve padavin v prihodnosti. Opazimo lahko, da se je kljub temu, da se je letna količina padavin zmanjšala le za 6 %, končna letna nabira vode v zadnjih 20 letih zmanjšala za dobrih 22 %.

8. Sklepne ugotovitve

Voda je eden redkih naravnih obnovljivih virov energije, ki najbolje ustreza načelom trajnosti. V zadnjih letih je izmenjava ekstremnih razmer, kot so suše in poplave, postala skoraj stalnica, zato je treba ukrepati, da bi obrnili trend naraščanja škode in ublažili posledice vse bolj neenakomerne porazdelitve padavin in pojav hidroloških ekstremov. Predstavljeni primer ponazarja posledice, ki jih imajo lahko na videz majhne spremembe (le 6% zmanjšanje letnih padavin) na količino razpoložljive vode (upad za dobrih 22 %).

Podnebne spremembe ne vplivajo le na posameznika in družbeno okolje, temveč tudi na naravo in posledično na njeno biotsko raznovrstnost. Zavedati se moramo, da živimo v okolju, ki se je zaradi naših posegov in potreb že močno spremenilo. Vztrajanje pri tem, da pustimo naravi prosto pot povsem brez človekovih posegov, ne zagotavlja, da določene vrste ne bodo izumrle. Glede na projekcije, ki napovedujejo spremembe padavinskega režima, zmanjšanje srednjih pretokov in povečanje temperature vodotokov, lahko upravičeno sklepamo, da bomo brez ustreznih ukrepov za ublažitev hidroloških ekstremov težko zagotovili ugodne življenjske razmere za ljudi in naravo. Upravljanje vodotokov, ki temelji le na ohranjanju obstoječih razmer, v prihodnosti ne bo zadostovalo.

V takšnih okoliščinah postaja vloga vodnih zadrževalnikov v procesu prilagajanja podnebnim spremembam vse pomembnejša, saj predstavljajo najučinkovitejši ukrep za uravnavanje hidroloških nihanj in zmanjševanje letne škode zaradi sprememb režima odtoka. Ponujajo dobro rešitev tudi v okviru celostnega upravljanja vodnih virov ter z vidika varstva ekosistemov, vezanih na vodo, in nenazadnje ohranjanja biotske raznovrstnosti. S tem prispevajo k večji odpornosti narave in družbe na podnebne spremembe.

Zadrževalniki niso zaključeni prostori, kot se jih običajno razume. Prispevajo lahko tako k plemenitenju pretokov v sušnem obdobju, bogatenju podtalnice (zadrževalnik ni neprepusten, ampak omogoča tako infiltracijo kot izhlapevanje vode), kot k ohranjanju ugodnih življenjskih razmer (z blaženjem pogojev in nihanj, kot npr. temperaturnih sprememb, pomanjkanja vode itd.) za številne vrste.

9. Viri

[1] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press (2015), Washington, DC,

[2] Okvirna vodna direktiva (Direktiva Sveta 2000/60/ES z dne 23. oktobra 2000)

[3] Poplavna direktiva (Direktiva Sveta 2007/60/ES, z dne 23. oktobra 2007)

[4] Uredba Sveta Evrope o vzpostavitvi okvira za doseganje podnebne nevtralnosti in spremembe Uredbe (EU) 2018/1999 (evropska podnebna pravila), 4. marec 2020

[5] The European Green Deal (COM/2019/640, 12, november 2019)

[6] Agencija Republike Slovenije za okolje: Podnebne razmere v Sloveniji (obdobje 1971–2000), Ljubljana, november 2006)

[7] Hidroinštitut: Hidrološka in hidravlična študija za projekt Sanacija pregrade Vogršček s pripadajočimi objekti, Ljubljana, 2018,

[8] Poročilo Agencije Republike Slovenije za okolje: Podnebne razmere v Sloveniji (obdobje 1971–2000), Ljubljana, november 2006

[9] Zadrževalnik Vogršček – idejna študija. Oznaka projekta C – 417. 1983. Ljubljana, VGI

[10] Idejna zasnova primarnega cevovoda za namakanje zgornje Vipavske doline – Analiza kvalitete in kvantitete vode v Zadrževalniku Vogršček, IZVRS, Ljubljana, Julij 2020

[11] Karta pokrovnosti in rabe tal – CLC 2018, ARSO, Ljubljana, 2018

[12] Raba tal Grafični podatki za celotno Slovenijo, MAFF, Ljubljana, 2020

[13] Kladnik, D., Natek, M. 1996. Vipavska dolina V: Regionalnogćeografska monografija Slovenije, 4. del. Submediteranski svet. Ljubljana, SAZU, str. 84–103.

[14] 1GE GeoZS 1M površinske geološke enote, Geološki zavod Slovenije, Ljubljana, 2010

UPRAVLJANJE S PLAVINAMI V POREČJU SAVE DOLINKE NA PODLAGI MODELA TRANSPORTA RINJENIH PLAVIN

mag. LUKA JAVORNIK, dr. SAŠO ŠANTL

Inštitut za vode Republike Slovenije

POVZETEK

Leta 2022 se je začel izvajati skupni partnerski projekt za pripravo strokovnih podlag za namen oblikovanja strategije upravljanja z naplavinami v porečju reke Save v Sloveniji. V podporo oblikovanju te strategije je bil pripravljen dvodimenzionalni model transporta rinjenih plavin z namenom določiti količine, prostornine, bilance in ključne lokacije odlaganja oz. odplavljanja plavin v najbolj prodonosnem delu porečja reke Save, v porečju Save Dolinke v severozahodnem delu Slovenije. Za optimalno obdelavo je bil model razdeljen na 9 odsekov (podmodelov). Robni pogoji modela transporta plavin so bili določeni za tri hidrološke scenarije - enkratni dogodek s konico poplavnega vala velikosti Q_{100}, mokro in sušno hidrološko leto. Rezultati prikazujejo premestitveno zmogljivost za rinjene plavine vzdolž posameznega odseka modeliranja, reprezentativna območja s preseženimi ravnmi erodiranja in predvsem odlaganja. Poleg tega količine premeščenih rinjenih plavin na povprečni letni ravni oz. na podlagi dogodka kažejo pričakovano bilanco plavin, količine/prostornine za izbran hidrološki scenarij in vpogled v prihodnje trende dinamike transporta plavin ob upoštevanju ekoloških vidikov in vidikov upravljanja z vodami, kar pristojnim organom podaja ključna izhodišča za podelitev koncesije za komercialno izkoriščanje rečnih naplavin.

Ključne besede:

Modeliranje transporta plavin; Odlaganje; Erozija; Bilanca plavin; Rinjene plavine.

1. Uvod

Z namenom ohranitve zveznosti rek, zmanjšanja poplavne in erozijske nevarnosti, stabilnosti rečne struge in raznolikosti habitatov z zagotavljanjem dobrega ekološkega stanja, je ključno vzpostaviti ustrezno strategijo upravljanja plavin na nacionalni in lokalni ravni. Upravljanje s plavinami v Sloveniji doslej ni bilo posebej opredeljeno v okviru nacionalnih in lokalnih predpisov, smernic in drugih aktov. Nacionalna in lokalna zakonodaja [1] opredeljuje osnovne pogoje odvzema rinjenih plavin, kjer so podane nekatere splošne smernice o interventnih ukrepih za upravljanje z rinjenimi plavinami z namenom zmanjšanja poplavne in erozijske nevarnosti ter ohranjanja pretočne sposobnosti vodotokov. Raba vode in posledično odvzem rinjenih plavin

v komercialne namene pa sta dovoljena le s pridobitvijo koncesijskih pravic, ki se podeljujejo na obdobni ravni. Koncesije za odobritev odvzema rinjenih plavin v komercialne namene nimajo skupne strategije; obstoječe koncesije se podeljujejo na podlagi grobih ocen bilance rinjenih plavin znotraj rečnih odsekov. Upravljanje z rinjenimi plavinami v Sloveniji nima sistemskega pristopa, ki bi vključeval vidike ključnih deležnikov, tj. predvsem s področja upravljanja z vodami in ekologije. Leta 2022 se je začel izvajati projekt za pripravo strategije upravljanja s plavinami na porečju reke Save v Sloveniji, ki bi podprl upravljanje z rečnimi plavinami z analizo porečja Save v kontekstu zagotavljanja ravnovesja rinjenih plavin, zaščite pred poplavami/erozijo in dobrega ekološkega stanja, hkrati pa bi zagotovil podlago za odvzem (na)plavin za gospodarsko izkoriščanje. V prispevku je podana analiza transporta plavin z uporabo dvodimenzionalnega (2D) modeliranja transporta plavin, ki podpira postopke odločanja o podelitvi koncesij za komercialno rabo (na) plavin z ugotavljanjem letnih količin in ključnih lokacij odloženih oz. erodiranih (na)plavin na porečju Save Dolinke s Pišnico do Jesenic.

2. Metoda

2.1 Območje analize

Reka Sava v Sloveniji izvira kot Sava Dolinka na severozahodu Slovenije v naravnem rezervatu Zelenci, blizu meje z Italijo in Avstrijo, teče kot alpska reka skozi Jesenice, kjer počasi pridobiva predalpske značilnosti, ko se zlije s pritokom Save Bohinjke in pri Radovljici postane reka Sava. Predalpske značilnosti, tj. visoki pretoki, ki so spomladi predvsem posledica taljenja snega, jeseni pa obilnih padavin, kot je značilno za jugovzhodne Alpe [2], so vidne vse do državne meje s Hrvaško na jugovzhodu. Za namen optimalne analize transporta rinjenih plavin je bilo računsko porečje Save v Sloveniji preoblikovano tako, da je vključevalo le: i) porečja, na katerih se nahajajo pobude za podelitev koncesije za odvzem rinjenih plavin za gospodarske namene, ii) porečja, za katera je na podlagi letnih podatkov o odvzemih rinjenih plavin [3] znano, da se znotraj njih premeščajo večje količine rinjenih plavin ter iii) porečja, kjer razpoložljivi podatki o koncentraciji plavin pri višjih pretokih (npr. dvoletna povratna doba visokih voda – Q_2) kažejo na vodotok z nizko premestitveno zmogljivostjo. Glavni viri rinjenih plavin v porečju Save so ledeniška pobočja znotraj severozahodnega dela porečja Save (Dolinke), kjer se rinjene plavine koncentrirajo v hudourniških pritokih, zlasti Pišnici, pa tudi Martuljku, Belem potoku, Belci in v manjši meri Triglavski Bistrici.

2.2 Podatki

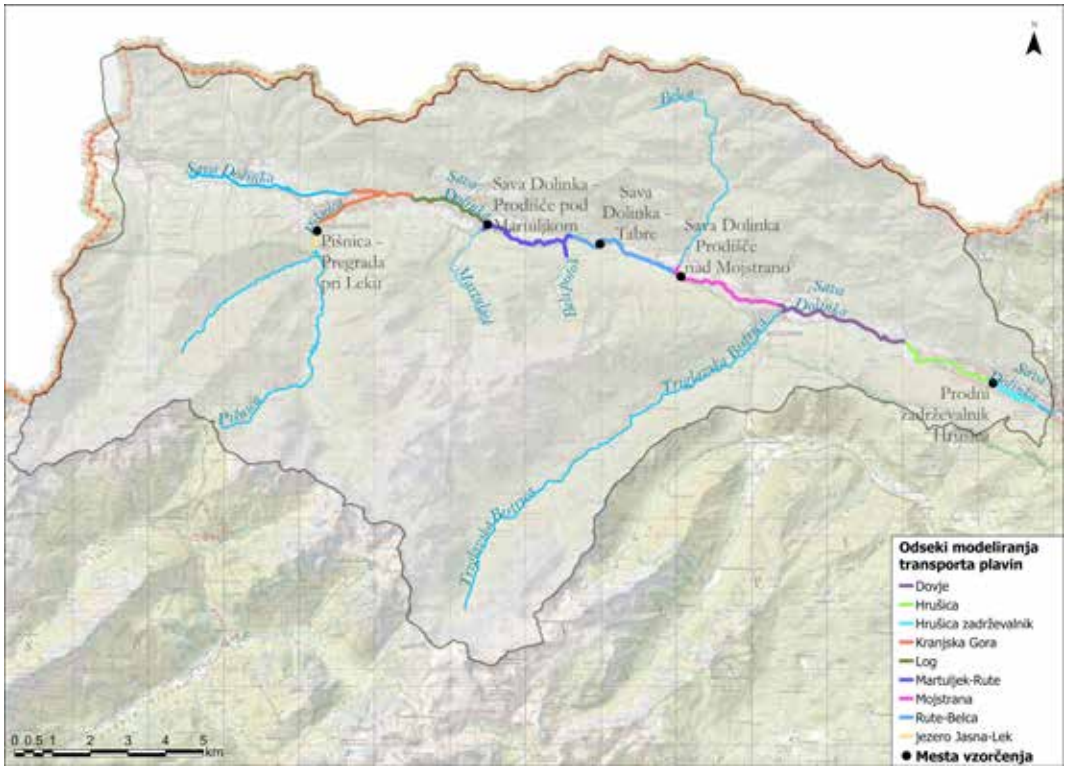
Za analizo transporta dna reke Save Dolinke je bilo treba pridobiti naslednje prostorske in hidrološke podatke ter rezultate vzorčenja rinjenih plavin:

- Tridimenzionalno (3D) terestrično snemanje batimetrije Save Dolinke z rečnimi bregovi in inundacijskim pasom skladno s homogenostjo terena –

snemanje je bilo opravljeno v poznem zimskem obdobju leta 2022, v času nizkih vodostajev in brezlistne fenofaze;

- Podatki o padavinah za oceno površinskega odtoka hudourniškega pritoka Pišnica;
- Zgodovinski hidrološki podatki (pretoki, globine/vodostaji) iz obstoječih hidrološko-hidravličnih analiz in izbranih vodomernih postaj za potrebe opredelitve robnih pogojev v modelu;
- Vzorčenje grobozrnatih naplavin za potrebe pridobitve zrnavostnih krivulj na različnih globinah naplavin terena vodnega zemljišča;
- Podatki o rabi tal za določitev Manningovih koeficientov hrapavosti v modelu transporta plavin;
- Pedološki podatki za opredelitev hidroloških skupin zemljin;
- Letni podatki o odlaganju plavin in eroziji (lokacije, količine) iz podatkovnih zbirk vodovarstvenih nadzornikov in drugih virov o količini odlaganja, predvsem za namene vzdrževanja pretočnosti strug. Ti podatki so služili za potrebe validacije modela.

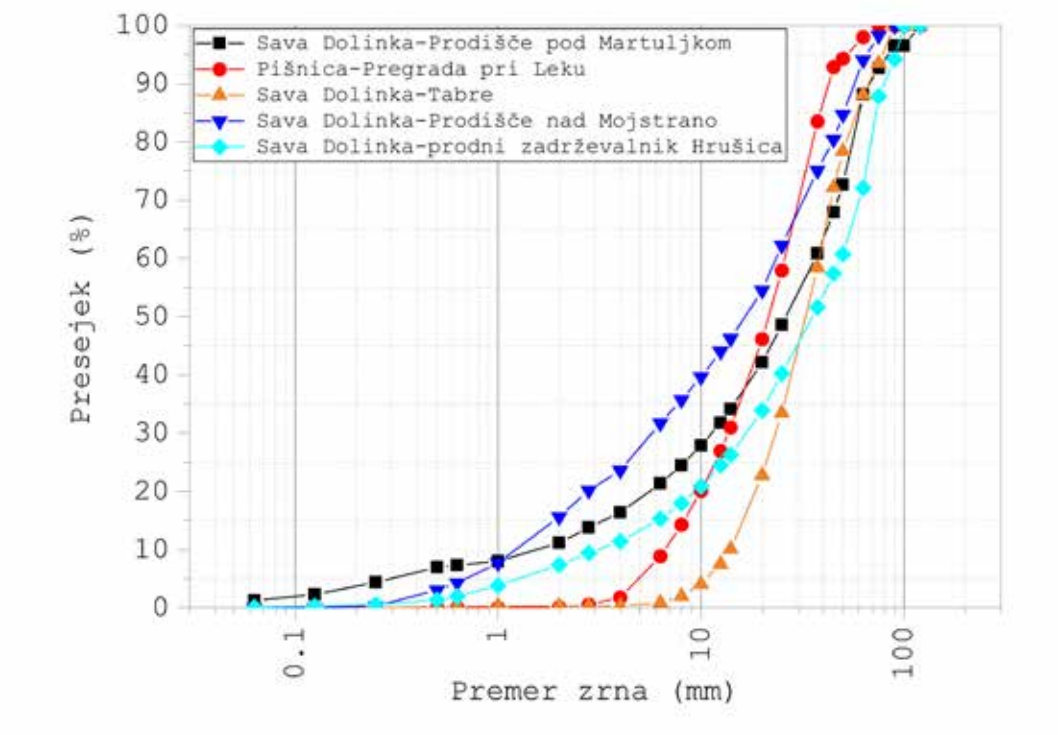
Z izjemo podatkov vzorčenja naplavin v ključnih točkah in 3D terestričnih podatkov, so bili vsi podatki pridobljeni s strani (spletnih) podatkovnih zbirk nacionalnih/ lokalnih organov upravljanja z vodami.



Slika 1 Odseki modeliranja transporta plavin s prikazom mest vzorčenja plavin

2.3 Vzorčenje (na)plavin

Mesta vzorčenja grobozrnatih oz. rinjenih naplavin so bila določena na podlagi lokacij pobud za podelitev koncesije za komercialni odvzem naplavin in karakterističnih mest modela transporta plavin (predvsem mesta izlivov hudourniških pritokov v Savo Dolinko). Vzorčevanje se je izvajalo do globine 10-15 cm. Podatki o zrnavostni sestavi na večjih globinah so bili pridobljeni iz obstoječe literature (geotehnične študije ob rekonstrukcijah cest, mostov, ipd.). Mesta vzorčenja plavin so prikazana na sliki 1.



Slika 2 Presejne krivulje na mestih vzorčenja naplavin v območju modeliranja transporta plavin

Rezultat vzorčenja grobozrnatih naplavin na petih mestih vzorčenja znotraj območja modeliranja transporta plavin je pet presejnih krivulj, kot sledi na sliki 2.

2.4 Raba tal

Prostorski podatki o rabi tal so bili uporabljeni za določitev Manningovih koeficientov hrapavosti (n_g) – lastnosti materialov v okviru robnih pogojev modeliranja. Vsaki kategoriji rabe tal je bil dodeljen posamezen Manningov koeficient hrapavosti v skladu s klasifikacijo CORINE. Manningov koeficient hrapavosti za kategorijo vodnih teles je bil dodeljen modeliranim območjem, ki so izpostavljena poplavam z enoletno povratno dobo. Zaradi prevladujočega alpskega terena [4] ter značilnosti, velikosti zrn in porazdelitve rinjenih plavin je bil n_g določen nekoliko višje pri 0,045.

Izbrani Manningovi koeficienti za druge vrste rabe tal so se gibali od 0,02 (urbana območja) do 0,07 (gozdne površine).

3. Model transporta plavin s ključnimi vhodnimi parametri

3.1 Numerični model transporta rinjenih plavin

Za simulacijo je bil uporabljen model transporta plavin SRH-2D, različica 3.0 [5], z integriranimi dvodimenzionalnimi (2D) globinsko povprečenimi St. Venantovimi dinamičnimi enačbami, ki se rešujejo z uporabo numerične metode končnega volumna. Numerična mreža, uporabljena za te simulacije, je bila sestavljena iz trikotnih elementov, vendar se lahko alternativno uporabijo tudi štirikotni elementi ali kombinacija obeh. Z namenom časovno in izvedbeno optimalnega modeliranja dinamike transporta plavin v porečju Save Dolinke, je bilo celotno območje modeliranja razdeljeno na 9 segmentov s povprečno dolžino približno 3 km (slika 4), pri čemer je širina računskega območja temeljila na dosegu visokih voda s povratno dobo p=0,01 (100-letne visoke vode). Uporabljena je bila trikotna numerična mreža z namenom boljše prilagoditve robnim pogojem in raznolikemu terenu, hkrati pa se je ohranila numerična stabilnost ob optimalnem času računalniške obdelave. Povprečna velikost elementov numerične mreže je bila 4 m na območju reke in več kot 10 m na območjih poplavljanja.

3.2 Vhodni parametri modela

V okviru določitve ustreznih vrednosti modelnih parametrov je bilo med drugim potrebno izbrati ustrezno enačbo transporta rinjenih plavin skupaj z reprezentativnimi zrnavostnimi razredi/frakcijami, časovnim korakom in trajanjem simulacije (0,5 sekunde oz. 120 ur za scenarija z visokovodnim dogodkom intenzitete Q_{100} in mokro hidrološko leto oz. 96 ur za scenarij za suho hidrološko leto). Privzeta vrednost paraboličnega faktorja turbulence je bila 0,7. Specifična teža plavin je bila privzeta kot 2,65 kg/m^3, debelina aktivne plasti pa 15 cm.

Za potrebe simulacije je bila izbrana transportna enačba po Wu [6] (enačba (1)), saj ima širok spekter uporabe s stališča prevladujočih zrn plavin v masnem toku, tj. uporabna je tako v prevladujočem toku rinjenih, lebdečih plavin ali pa mešanega stanja.

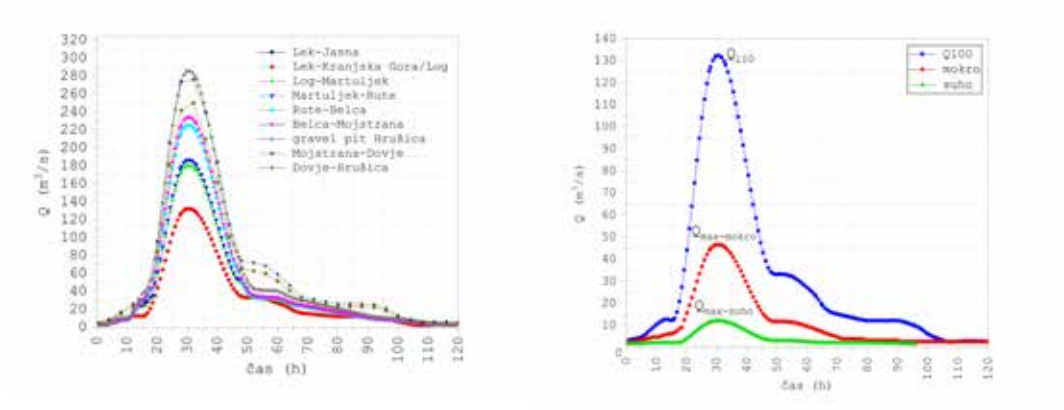
$$\frac{q_{bi}}{q_*} = 0{,}0053 \left(\frac{\tau_g}{\tau_{ci}} - 1 \right)^{2{,}2} \tag{1}$$

qbi [m^3/s] je masni tok plavin, [N/m^2] je strižna napetost odvisna od srednjega zrna, Manningovega koeficienta hrapavosti in strižnih napetosti na dnu struge, [N/m^2] je strižna napetost vsakega zrnavostnega razreda *i* in je strižna napetost vsakega zrnavostnega razreda odvisna od specifične teže plavin, premera povprečnega zrna vsakega zrnavostnega razreda in faktorjev izpostavljenosti oz. potopljenosti

posameznih zrn zrnavostnega razreda. Kritični Shieldsov parameter prodnega premika je 0,03. Za reprezentativne velikosti rinjenih plavin, ki se na začetku simulacije pojavljajo v masnem toku plavin, smo izbrali 7 zrnavostnih razredov od 0,5 mm do 64 mm, tj. iz zrnavostnih razredov grobi peski, zelo grobi peski, zelo fini prod, fini prod, srednji prod, grobi prod in zelo grobi prod.

4. Robni pogoji

Robni pogoji modela so bili nastavljeni skladno s tremi hidrološkimi scenariji – individualen visokovodni hidrološki dogodek s konico velikosti povratne dobe 0,01 (Q_{100}) in hidrološka scenarija reprezentativna za mokro oz. suho hidrološko leto. Reprezentativno mokro hidrološko leto je bilo izbrano na podlagi kriterija letne vsote padavin vsaj 2.000 mm, medtem, ko letna vsota padavin v primeru suhega hidrološkega leta ne sme presegati 1.400 mm. Relevantne padavinske postaje so bile tiste najbližje ležeče obravnavanemu modelnemu odseku, izbrane iz nabora padavinskih postaj Rateče, Kranjska Gora, Mojstrana, Zgornja Radovna in Javorniški Rovt. Model transporta plavin zahteva vnos dveh vrst robnih pogojev – hidrološki (pretoki) in sedimentološki (masni tok plavin). V obravnavanem primeru sta bila kot vhodna robna pogoja uporabljena sintetični hidrogram pretokov in masni tok plavin po zrnavostnih razredih v odvisnosti od časa (z izjemo najbolj gorvodno ležečega odseka Jasna-Lek, kjer je bila namesto odvisnosti masnega toka od časa uporabljena transportna enačba po Wu). Sintetični hidrogrami za vse scenarije so bili oblikovani na podoben način, t.j. z namenom zajema pretokov, ki sprožijo prodni premik določen po Shieldsovi enačbi [7], pretok ob razviti prodonosnosti, maksimalne pretočne količine in, po nastopu visokovodnih konic, simulacija usedanja najbolj drobnih rinjenih/grobozrnatih frakcij s podaljšanim trajanjem. Dolžina trajanja dogodka je bila v primeru scenarija visokovodnega dogodka s konico Q_{100} in scenarija, ki je predstavljal mokro hidrološko leto 120 ur, v primeru scenarija, ki je predstavljal suho hidrološko leto pa 95 ur. Spodnji/izhodni robni pogoj je v primeru vseh odsekov predstavljala Q-h krivulja določena na podlagi batimetrije, vzdolžnega padca struge, Manningovih koeficientov hrapavosti in pretoka.

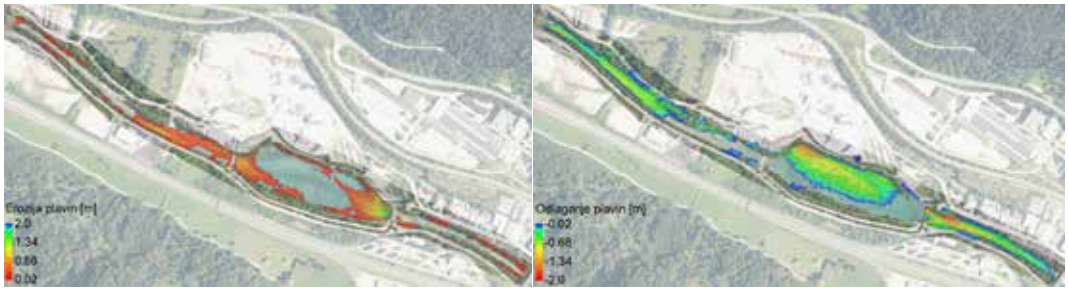


Slika 3 in slika 4 Hidrološki robni pogoj (hidrogram s konico Q_{100}) na vtoku vsakega modelnega odseka (levo) in hidrološki robni pogoji vseh treh scenarijev – odsek Jasna-Lek na Pišnici (desno)

Sedimentološki vhodni robni pogoj za vsak odsek (razen za najbolj gorvodni odsek Jasna-Lek) je bilo razmerje med časom/trajanjem in masnim tokom plavin za posamezen zrnavostni razred t-Qs_i, kjer je *i* posamezni zrnavostni razred. V sklopu določitve sedimentološkega robnega pogoja je potrebno določiti še reprezentativne velikosti frakcij plavin, ki dotekajo v odsek. Skladno s predpostavko o upoštevanju zgolj transporta rinjenih plavin je bilo določenih 8 zrnavostnih razredov, ki predstavljajo zrnavostno strukturo na zgornjem robu modela. V praksi je meja med drobnozrnatimi in grobozrnatimi plavinami pri 2 mm premera srednjega zrna. Privzeto se zrnavostna struktura na zgornjem robnem pogoju vzdolž odsekov modeliranja na Pišnici in Savi Dolinki ni spreminjala zato sta bila zaradi upoštevanja zmanjševanja srednjega zrna vzdolž modelnih odsekov (od 22 mm pri jezeru Jasna do 6 mm pri zadrževalniku Hrušica) privzeta 2 zrnavostna razreda iz skupine drobnozrnatih plavin (srednji in grobi peski) [8].

5. Rezultati

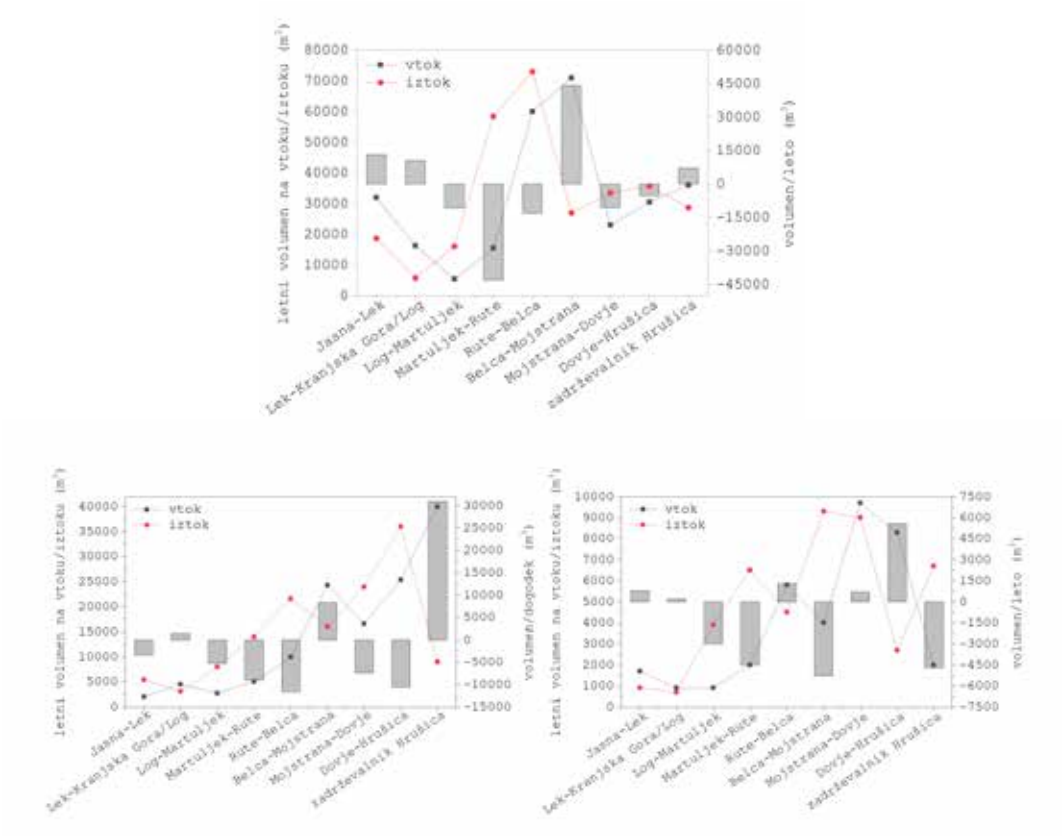
Model transporta rinjenih plavin je bil izveden za tri scenarije z namenom letne ocene premeščenih plavin v primeru ekstremnih hidroloških let oz. ocene premeščenih plavin v primeru visokovodnega dogodka s konico Q_{100}. Količina prenesenih plavin znotraj visokovodnega dogodka Q_{100} je bila pridobljena neposredno iz modela transporta plavin, medtem ko so se letne bilance plavin v primeru značilnih hidroloških (mokrih in suhih) let določile na podlagi razmerij med pretoki in masnim tokom plavin na vhodnih in izhodnih profilih odsekov modeliranja. Na podlagi reprezentativnega hidrološko mokrega oz. suhega leta reprezentativnih vodomernih postaj so se z upoštevanjem razmerij prispevnih površin pridobili pretoki (krivulje trajanja) za vhodne in izhodne profile vsakega izmed odsekov modeliranja. Vzporedno so bila na podlagi simulacij 2D modela transporta plavin pridobljena razmerja med pretokom in masnim tokom plavin (Q/Q_s) po koncu simulacije. Iz razmerij Q/Q_s za vsak časovni korak je bila oblikovana korelacija obeh parametrov Q in Q_s s polinomsko funkcijo, ki je bila aplicirana na podatke o pretokih v vhodnih in izhodnih profilih posameznih odsekov modeliranja. Poleg bilance naplavin na podlagi visokovodnega dogodka s konico Q_{100} oz. značilnih hidroloških let so bile identificirane še lokacije s povečano/kritično stopnjo odlaganja oz. erozije in dinamika zrnavostne porazdelitve vzdolž modelnih odsekov glede na posamezen scenarij. Vzdolžni profili na sliki 5 prikazujejo nihanje bilance plavin vzdolž Pišnice (najbolj prodonosen pritok Save Dolinke), ki se pri Kranjski Gori združi s Savo Dolinko.



Slika 5 Primera maksimalne stopnje odlaganja in erozije plavin na območju zadrževalnika Hrušica

V primeru scenarija z visokovodnim dogodkom Q_{100} so v porečju Pišnice dolvodno od jezera Jasna vidni trendi odlaganja (pretežno grobozrnatih) plavin, kar pomeni, da potujejo dolvodno v Savo Dolinko pretežno drobnozrnate frakcije. Dolvodno od sotočja Pišnice in Save Dolinke pa vse do vtoka Martuljka v Savo Dolinko (kot posledica visoke premestitvene zmogljivosti vodotoka na tem mestu) tako prevladujejo erozijski procesi. Dolvodno od vtoka Martuljka v Savo Dolinko so trendi podobni v primeru scenarija hidrološko mokrega in suhega leta, čeravno z manjšimi prostorninami prenesenih plavin. Pritok Martuljek je prvi prodonosni pritok dolvodno od sotočja s Pišnico, tako je njegov prispevek k celotni prostornini prenesenih plavin v Savi Dolinki viden predvsem v primeru scenarija z visokovodno konico Q_{100}, ko vnos plavin iz Martuljka znatno zmanjša učinek zmanjšanja srednjega zrna plavin in prevlade erozijskih procesov, v primeru scenarija s suhim hidrološkim letom pa je bilanca v odseku celo pozitivna, tj. znotraj odseka se več plavin odloži kot jih odnese dolvodno. Nadaljnja prevlada erozijskih procesov v primeru scenarija mokrega hidrološkega leta je posledica višjih pretokov in zmanjševanja srednjega zrna plavin. Pritoka Beli potok in Belca sta poleg Pišnice najbolj prodonosna pritoka Save Dolinke, ki v primeru visokih pretokov (Q_{100} in mokro hidrološko leto) prispevata znatne količine rinjenih plavin k bilanci Save Dolinke, kar povzroča oblikovanje novih žarišč odlaganja in s tem zmanjševanje padca dna struge Save Dolinke, kar pa ponovno povzroči nižje hitrosti in večjo intenziteto odlaganja plavin (prevladujoči procesi odlaganja plavin nad Mojstrano). Na tem mestu je dinamika procesov odlaganja oz. erozije plavin drugačna v primeru scenarija s suhim hidrološkim letom, saj so pretoki manjši, manj grobozrnatih plavin potuje dolvodno, prevladujejo drobnozrnate rinjene frakcije in erozijski procesi. Dolvodno od Mojstrane in s tem Triglavske Bistrice je vidna visoka premestitvena zmogljivost Triglavske Bistrice, saj v Savo Dolinko prinaša manjše količine rinjenih plavin, kar v primeru scenarijev s pretoki nivoja Q_{100} in mokrega hidrološkega leta pomeni ponovno prevladujoč učinek erozijskih procesov v odseku V primeru suhega hidrološkega leta so pretoki tako nizki, da se odložijo tudi najbolj drobne frakcije, kar povzroča prevladujoče procese odlaganja plavin. Situacija s stališča dinamike odlaganja oz. erozije plavin je podobna v primeru odseka Save Dolinko dolvodno od Dovja do Hrušice, saj na tem mestu ni prodonosnih pritokov. Zadnji modelni

odsek je na območju prodnega zadrževalnika Hrušica, kjer na začetku visoke magnitude pretokov v primeru scenarija z visokovodnim dogodkom nivoja Q_{100} in scenarija, ki simulira mokro hidrološko leto povzročijo prodni premik in transport velikih količin rinjenih plavin znotraj zadrževalnika, kasneje se, s padcem pretokov in hitrosti zaradi učinka zadrževalnika, grobe frakcije usedejo v zadrževalniku, drobne frakcije pa potujejo preko praga dolvodno. Vsled tega izven zadrževalnika prevladajo erozijski procesi.



Slika 6 Bilanca rinjenih plavin vzdolž Pišnice in Save Dolinke v primeru vseh treh hidroloških scenarijev

Rezultati 2D modeliranja transporta plavin prikazujejo okvirne debeline nanosov plavin z ocenjenimi volumni in prostorsko porazdelitvijo. Vidna je tipična dinamika transporta plavin v alpskih porečjih – presežki grobozrnatih frakcij plavin v najbolj gorvodnih delih porečja Pišnice (dolvodno od jezera Jasna), ki se premeščajo dolvodno v odvisnosti od velikosti pretokov – večji so pretoki, večji delež grobozrnatih frakcij se premesti dolvodno. V povprečju se zaradi morfoloških značilnosti struge, manjšega padca dna in z večjo oddaljenostjo od virov plavin srednje zrno plavin vzdolž Pišnice in nato Save Dolinke do prodnega zadrževalnika Hrušica zmanjšuje s 20-25 mm premera na 5-10 mm premera. Porazdelitev zrnavostne sestave naplavin variira vzdolž aktivne struge in v prodiščih v obravnavanem območju, zato je za natančnejšo oceno strukture naplavin, njihovo prostorsko porazdelitev in za

potrebe kalibracije priporočljiva pridobitev več vzorcev naplavin, predvsem pa je ključna vzpostavitev relacije pretoki vodotoka-masni tok plavin na podlagi dalj časa trajajočih terenskih meritev.

6. Zaključki

Izvrednotene so bile količine in lokacije odloženih oz. erodiranih naplavin, iz naslova modeliranja transporta plavin (porečje Save Dolinke s Pišnico do Jesenic) ali pa iz naslova strokovnih ocen iz obstoječe literature [9] oz. terenskih ocen vodovarstvenih nadzornikov. V porečju Save Dolinke s Pišnico do Jesenic so bili rezultati modela transporta plavin (količine/prostornine na letni ravni) neposredno primerjani s podatki iz literature in podatkov s terena. Primerjave kažejo na zadovoljivo ujemanje rezultatov – v povprečju je razlika med rezultati modela transporta plavin in ostalimi podatki 25 %. Na podlagi rezultatov modela in ostalih strokovnih ocen, z upoštevanjem mnenj relevantnih deležnikov v prostoru ter ocene stanja voda, se bodo v prihodnosti vzpostavili pogoji in omejitve za podelitev koncesij za komercialni odvzem naplavin. Nadalje se bo lahko ta princip preslikal tudi na ostala (prodonosna) porečja v Sloveniji.

7. Zahvala

Predmetna študija je bila izdelana na podlagi raziskav in analiz izvedenih v okviru projekta Strategija odvzema naplavin na porečju reke Save – naročnik Direkcija Republike Slovenije za vode.

8. Viri

[1] Zakon o vodah (ZV-1). (2002). Uradni list RS, št. 67/02. http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO1244

[2] Bard, A., Renard, B., Lang, M., Giuntoli, I., Korck, J., Koboltschnig, G., Janža, M., d'Amico, M., Volken, D. (2015). Trends in the hydrologic regime of Alpine rivers. *Journal of Hydrology*, *529*, 1823–1837. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.07.052

[3] DRSV (2022). Podatki o odvzemih naplavin po koncesijskih območjih Save v obdobju 2014-2018. Posredovano po elektronski pošti s strani Mitja Centa (DRSV), 15. 3. 2022.

[4] Yochum, S.E., Comiti, F., Wohl, E. (2014). *Photographic guidance for selecting flow resistance coefficients in high-gradient channels*. https://www.researchgate.net/publication/266970182

[5] USBR. (2020). SRH-2D User Manual: Sediment Transport and Mobile-Bed Modeling. https://www.usbr.gov/tsc/techreferences/computer%20software/models/srh2d/downloads/SRH-2D-SedimentTransptModelingUsersManual_V3.3_June2020_Final508.pdf

[6] Wu, W., S.S.Y. Wang, and Y. Jia. (2000). Nonuniform sediment transport in alluvial rivers. *Journal of Hydraulic Research*, 38(6), 427–434.

[7] Shields, A. (1936). Anwendung der Ähnlichkeitsmechanik und der Turbulenzforschung auf die Geschiebebewegung. Mitteilungen der Preußischen Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau, Berlin. Heft 26. Berlin.

[8] Ashworth, P.J., Ferguson, R.I. (1989). Size-selective entrainment of bed load in gravel bed streams. *Water Resources Research*, *25*(4), 627–634. https://doi.org/10.1029/WR025i004p00627

[9] Pintar, J. 1980. Sava Dolinka – Idejna zasnova postopnega – ekološko prirejenega urejanja Save Dolinke s posebnim ozirom na možnosti odvzema naplavnih granulatov. VGI, Ljubljana

ODVZEMI NAPLAVIN IZ VODOTOKOV V SLOVENIJI

dr. NATAŠA SMOLAR-ŽVANUT, univ. dipl. biol.,
mag. MITJA CENTA, univ. dipl. inž. grad., URBAN ILC, univ. dipl. inž. gozd.

Direkcija Republike Slovenije za vode

POVZETEK

Skladno z Zakonom o vodah je odvzemanje naplavin dovoljeno le v obsegu in na način, ki bistveno ne spreminja naravnih procesov, ne ruši naravnega ravnovesja vodnih in obvodnih ekosistemov ali ne pospešuje škodljivega delovanja voda.

Odvzem naplavin iz vodotokov lahko vpliva na zmanjšanje prodonosnost dolvodno, kar privede do povečane erozije dna in brežin vodotoka ter poglabljanje struge. Dolvodno se lahko poveča poplavna ogroženost. Ob odvzemu naplavin se poveča količina suspendiranega materiala in motnost vode, kar vpliva na ostale fizikalne parametre vode v času odvzemanja. Odvzem naplavin lahko vpliva na vrstni sestav vodnih organizmov in s tem na poslabšanje ekološkega stanja voda.

Za rabo vode, ki presega meje splošne rabe, in za rabo naplavin je treba pridobiti vodno pravico – koncesijo. V Sloveniji je odvzem naplavin iz vodotokov opredeljen z Uredbo o koncesijah za rabo vode za odvzem naplavin na delih reke Save, Save Dolinke, Soče, Tolminke in Bače, v kateri je opredeljenih 16 lokacij, kjer je dovoljen odvzem naplavin.

V članku bodo predstavljeni rezultati analize o odvzetih naplavinah za obdobje 2014-2022, ki smo jih pripravili v sodelovanju z gospodarskimi javnimi službami urejanja voda, z upoštevanjem podatkov o vodnih povračilih in programov odvzema in gospodarskega izkoriščanja naplavin. Na vodnem območju (VO) Jadranskega morja so se letne količine odvzema naplavin gibale med 69.781 m^3/leto in 146.978 m^3/leto, na VO Donave pa med 125.249 m^3/leto in 254.558 m^3/leto. Na VO Jadranskega morja se je največ naplavin odvzemalo iz reke Soče, Bače in Tolminke, na VO Donave pa iz reke Save.

Ključne besede:

naplavine, Zakon o vodah, izvajanja javne službe vzdrževanja vodnih in priobalnih zemljišč, koncesija za odvzem naplavin

1. Uvod

Izraz plavine označuje ves material, ki ga voda nosi od mesta nastanka do točke, kjer se material (vsaj začasno) odloži (Mikoš in sod., 2002). V 7. členu Zakona o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15, 65/20 in 35/23 – odl. US) (v nadaljevanju Zakon o vodah) so plavine definirane

kot trdni mineralni delci, ki jih morje ali celinske tekoče vode plavijo iz izvorov plavin kot rinjene plavine po dnu strug vodotokov ali kot lebdeče plavine z vodnim tokom. Naplavine pa so trajne ali začasno odložene rečne, hudourniške ali morske plavine (mivka, pesek, prod), ki se nahajajo na vodnem ali priobalnem zemljišču.

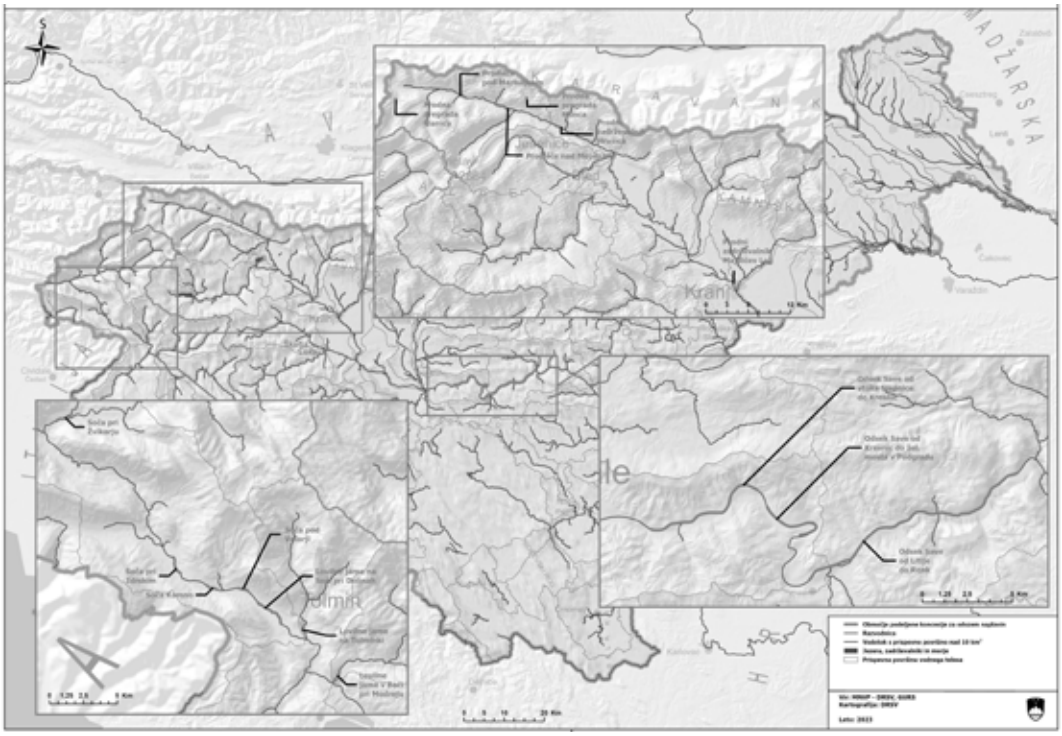
V skladu z 72. členom (odvzemanje naplavin) Zakona o vodah je odvzemanje naplavin dovoljeno le v obsegu in na način, ki bistveno ne spreminja naravnih procesov, ne ruši dinamičnega ravnovesja vodnih in obvodnih ekosistemov ali ne pospešuje škodljivega delovanja voda. Naplavine se lahko odvzemajo zaradi urejanja voda:

- v okviru izvajanja javne službe vzdrževanja vodnih in priobalnih zemljišč;
- v okviru posebne rabe vodnega ali morskega dobra iz vodnih objektov in naprav, namenjenih zadrževanju naplavin, ali
- z območij, namenjenih odvzemanju naplavin, v okviru posebne rabe iz 4. točke prvega odstavka 136. člena tega zakona.

Zakon o vodah v 72. členu tudi določa, da izvajalec javne službe pripravi letni program odvzemanja in uporabe naplavin, ki ga potrdi ministrstvo pristojno za vode. Odstranjevanje plavja in odvzemanje naplavin je treba prednostno in redno zagotoviti na prodnih zadrževalnikih. Za del naplavin, ki se jih uporabi za vgradnjo v vodno infrastrukturo, se ne plačuje vodnega povračila. Izvajalec javne službe mora del naplavin, ki jih odvzame na podlagi potrjenega programa, odstopiti izvajalcu druge državne ali lokalne javne službe na njegovo zahtevo za namen izvajanja njegove javne službe proti plačilu stroškov odvzema naplavin. Preostale naplavine lahko izvajalec javne službe uporabi za lastne potrebe, jih proda ali v skladu s predpisi in na lastne stroške poskrbi za njihovo odložitev. Za prodane naplavine mora izvajalec javne službe plačati vodno povračilo in plačilo za vodno pravico v višini in na način, ki velja za plačilo za vodno pravico za odvzem naplavin.

Odvzem naplavin iz vodotokov lahko vpliva na zmanjšanje prodonosnosti dolvodno, kar lahko privede do povečane erozije dna in brežin vodotoka ter poglabljanje struge. Dolvodno se lahko poveča poplavna ogroženost. Ob odvzemu naplavin se poveča količina suspendiranega materiala in motnost vode, kar vpliva na ostale fizikalne parametre vode v času odvzemanja. Odvzem naplavin lahko vpliva na vrstni sestav fitobentosa, makrofitov, nevretenčarjev in rib ter s tem na poslabšanje ekološkega stanja voda. Zato se mora odvzem naplavin izvajati na način, da se trajno ne poslabšuje stanja voda.

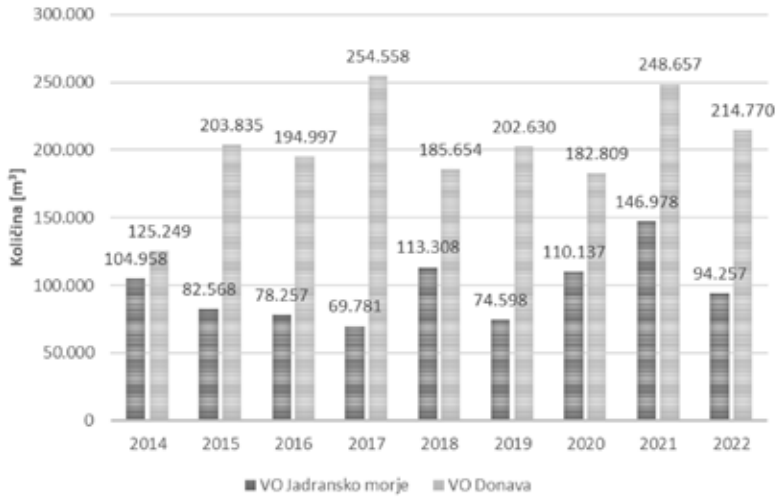
Podatke o odvzetih naplavinah za obdobje 2014–2022 je Direkcija RS za vode pripravila v sodelovanju z gospodarsko javno službo (GJS) urejanja voda (DRSV, 2020a), pa tudi iz podatkov o vodnih povračilih (DRSV, 2020b) in iz programov odvzema in gospodarskega izkoriščanja naplavin (DRSV, 2014–2022). Skladno z Uredbo o koncesijah za rabo vode za odvzem naplavin na delih reke Save, Save Dolinke, Soče, Tolminke in Bače (Uradni list RS, št. 163/21 in 44/22 – ZVO-2) (v nadaljevanju Uredba) je podeljenih 16 koncesij za odvzem naplavin (Slika 1). Podobno analizo o letnih količinah odvzetih naplavin v slovenskih vodotokih za obdobje 2011–2015 je prikazal Mikoš (2017), zato smo rezultate primerjali s podatki za obdobje 2014–2022.



Slika 1 Odseki podeljenih koncesij za odvzem naplavin

2. Odvzemanje naplavin

Na VO Jadranskega morja je bil skupno največji odvzem naplavin leta 2021 (146.978 m^3), najmanjši pa leta 2017 (69.781 m^3). Na VO Donave je bil skupno največji odvzem naplavin leta 2017 (254.558 m^3), najmanjši pa leta 2014 (125.249 m^3) (Slika 2).



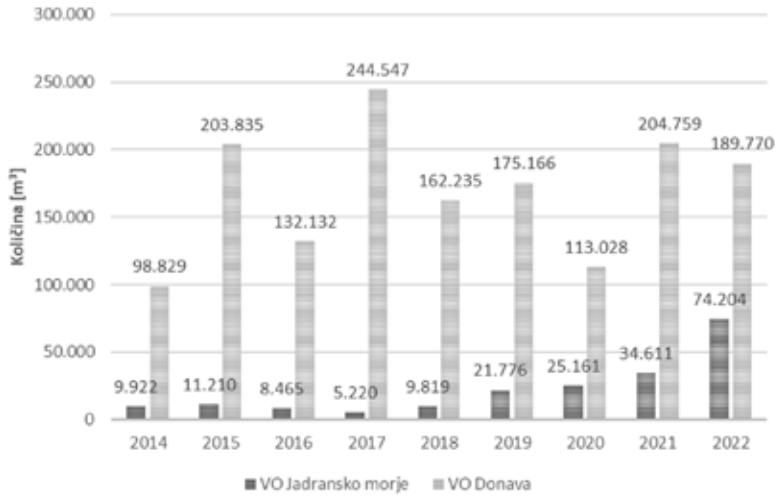
Slika 2 Skupni odvzem naplavin na VO Jadranskega morja in VO Donave v obdobju 2014–2022 (DRSV, 2014-2022; DRSV, 2020a; DRSV, 2020b)

Iz podatkov za obdobje 2011-2015 (Mikoš, 2017) je razvidno, da je bil skupni odvzem naplavin največji v letu 2011 (852.392 m^3). V obdobju 2014-2022 pa se skupni letni odvzem naplavin giblje v rangu 200.000 m^3 do 350.000 m^3.

2.1 Izvajanje GJS urejanja voda

Država z obvezno gospodarsko javno službo zagotavlja vzdrževanje vodnih in priobalnih zemljišč, med drugim je njena naloga tudi skrb za pretočnost struge tekočih voda in odstranjevanje prekomerno odloženih naplavin (PZUV, 2014).

Na VO Jadranskega morja je bil skupno največji odvzem v okviru izvajanja GJS leta 2022 (74.204m^3), na VO Donave pa leta 2017 (244.547 m^3) (Slika 3) (DRSV, 2020a).



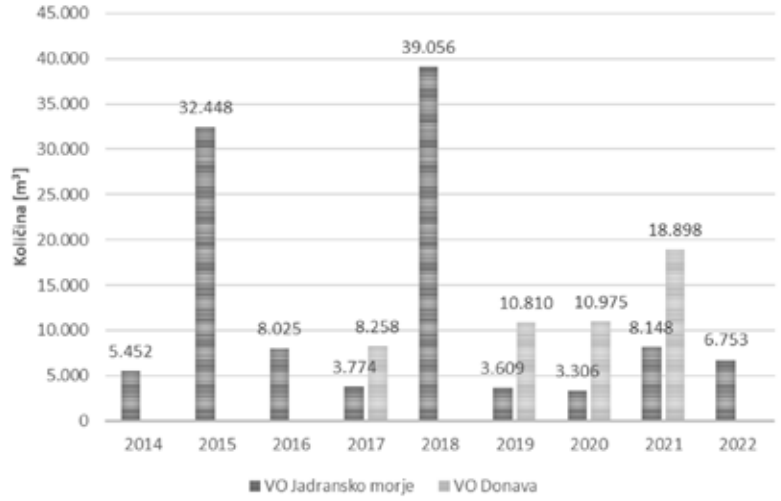
Slika 3 Skupni odvzem naplavin v okviru izvajanja GJS na VO Jadranskega morja in VO Donave v obdobju 2014–2022 (DRSV, 2020a)

Iz podatkov za obdobje 2011–2015 (Mikoš, 2017) je razvidno, da je bil skupni odvzem naplavin v okviru izvajanja GJS največji leta 2011 (350.821 m^3), najmanjši pa v letih 2013 (39.751 m^3) in leta 2014 (31.830 m^3).

Pri odvzemu naplavin, ki se jih odvzema v okviru GJS vzdrževanja vodnih in priobalnih zemljišč, izvajalec javne službe plača vodno povračilo in vodno pravico za tisti del naplavin, ki jih proda na trgu, ne glede na to, da ni imetnik vodne pravice za rabo naplavin (torej te količine ni v evidenci vodnih pravic).

2.2 Posebne rabe vodnega ali morskega dobra iz vodnih objektov in naprav, namenjenih zadrževanju naplavin

Na VO Jadranskega morja (Soča) je bil skupno največji odvzem za vzdrževanje po energetski rabi leta 2018 (39.056 m^3), na VO Donave (reka Sava) pa leta 2021 (18.898 m^3) (Slika 4) (DRSV, 2020a; DRSV, 2020b).



Slika 4 Skupni odvzem naplavin za vzdrževanje po energetski rabi na VO Jadranskega morja (reka Soča) in VO Donave (reka Sava) v obdobju 2014–2022 (DRSV, 2020a; DRSV 2020b)

Na podlagi primerjave podatkov za obdobje 2011-2015 (Mikoš, 2017) in podatkov za obdobje 2014-2022 je razvidno, da je bil skupni odvzem naplavin za vzdrževanje po energetski rabi največji na reki Soči v letu 2018 (39.056 m^3), povprečno pa na VO Jadranskega morja (reka Soča) in VO Donave okoli 12.000 m^3 na leto.

2.3 Odvzem s koncesijsko pogodbo (DRSV, 2014–2022; DRSV, 2020a; DRSV, 2020b)

Za rabo vode, ki presega meje splošne rabe, in za rabo naplavin je treba pridobiti vodno pravico - koncesijo. V Sloveniji je odvzem naplavin iz vodotokov opredeljen z Uredbo.

Odvzem naplavin je urejen s koncesijsko pogodbo, kjer so podrobneje določene pravice in obveznosti med koncedentom in koncesionarjem.

Lokacije za odvzem naplavin so določene tako, da je odvzem dovoljen izključno v skladu s programom odvzema naplavin, in sicer po 4. členu (pogoji za izvajanje koncesije) Uredbe takrat, ko:

- je dotok naplavin večji od transportne sposobnosti vodotoka;
- obstaja možnost potencialnega dvigovanja gladine vode in dna zaradi odlaganja naplavin;
- je treba zagotoviti konstantno pretočno sposobnost vodotoka;
- odlaganje naplavin ogroža vodnogospodarske objekte in naprave;
- je ogrožen ali bistveno zmanjšan dotok vode v podzemne vode;

- se zaradi odlaganja naplavin spremeni stabilnost vodotoka oziroma povzroči globinska ali bočna erozija, poškodba brežin in povečana poplavna ogroženost.

Obseg vodne pravice, izražen kot največja dovoljena skupna prostornina (količina) odvzetih naplavin na posamezni lokaciji, se določi v programu odvzema in gospodarskega izkoriščanja naplavin posamezne reke v posameznem letu na posamezni reki, kot izhaja iz 1. člena (območje, predmet in obseg koncesijevsebina koncesije) Uredbe.

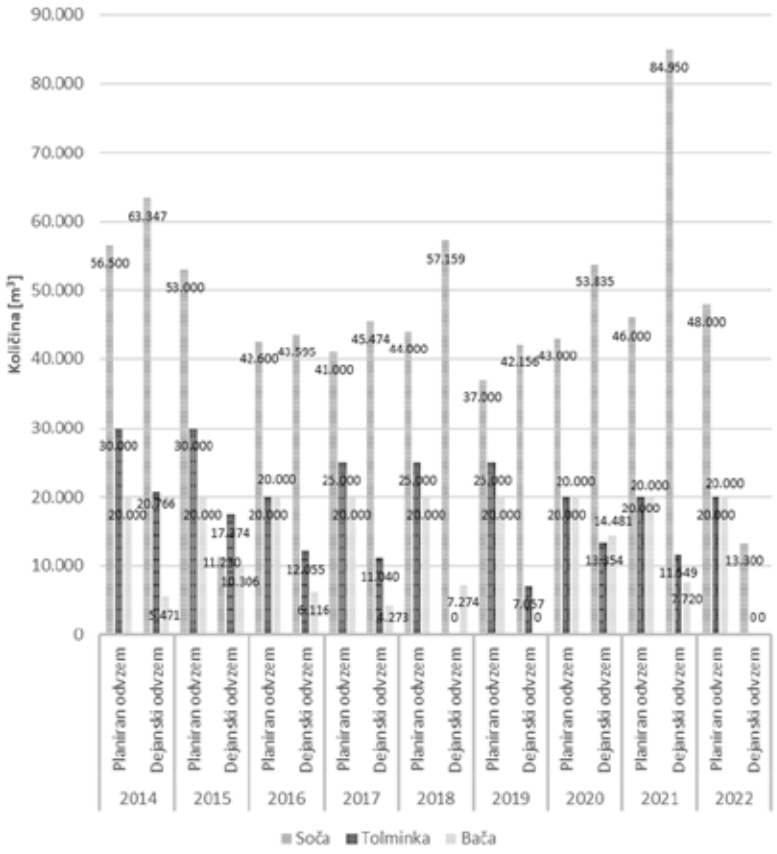
Koncesionar odvzema naplavine na odvzemnem mestu v času in na način, kot to določa program odvzema naplavin, ki ga do 31. decembra tekočega leta za naslednje leto pripravi ministrstvo, pristojno za vode, kot izhaja iz 2. odstavka 4. člena (pogoji za izvajanje koncesije) Uredbe.

Nadzor nad izvajanjem koncesije izvršujejo pristojni inšpektorji. Strokovni nadzor nad izvajanjem programa odvzema naplavin in načina odvzema naplavin izvaja ministrstvo, kot izhaja iz 19. člena (nadzor nad izvajanjem koncesije) Uredbe.

Koncesije za odvzem naplavin so podeljene 10 koncesionarjem za 16 različnih mest na reki Soči, Bači, Tolminki in Savi. Na reki Soči je 5 odvzemnih mest za naplavine, s katerimi upravlja 5 različnih koncesionarjev. Po eno odvzemno mesto za naplavine je na reki Bači in Tolminki ter na potoku Mlinca in Belem potoku, s katerimi upravljajo 3 koncesionarji. Na reki Savi Dolinki so 3 odvzemna mesta za naplavine, s katerimi upravlja 1 koncesionar, na reki Savi pa 2 odvzemni mesti, s katerima upravljata 2 koncesionarja.

V nadaljevanju je narejena primerjava načrtovanega (planiranega) in dejanskega odvzema naplavin na odsekih podeljenih koncesij za posamezna leta v obdobju 2014-2022 na posameznih vodotokih na VO Jadranskega morja in VO Donave. Načrtovan odvzem naplavin določi ministrstvo, pristojno za vode v program odvzema in gospodarskega izkoriščanja naplavin za odvzem naplavin za vsako lokacijo za vsako leto posebej (DRSV, 2014-2022). Podatki o dejanskih odvzemih so bili posredovani s strani SO (DRSV, 2020a), uporabljeni pa so bili tudi podatki o vodnih povračilih (DRSV, 2020b). Glede na pridobljene podatke (Slika 5 in Slika 6) je razvidno, da je dejanski odvzem naplavin v nekaterih primerih in za posamezna leta višji od načrtovanega odvzema naplavin (največ Soča), večinoma pa je nižji od načrtovanega odvzema naplavin.

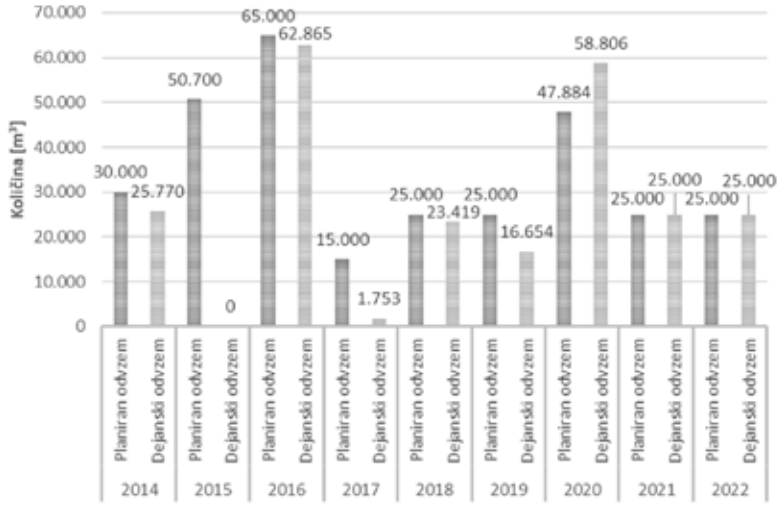
Na VO Jadranskega morja je bil na reki Soči največji načrtovan odvzem naplavin v letu 2014 (56.500 m^3), v letu 2021 je bil realiziran največji dejanski odvzem naplavin (84.950 m^3). Največji načrtovan odvzem na reki Tolminki je bil v letih 2014 in 2015 (30.000 m^3), na reki Bači pa je bil načrtovan odvzem vsa leta enak, v količini 20.000 m^3. Največji dejanski odvzem na reki Tolminki je bil realiziran v letu 2014 (20.766 m^3), na reki Bači pa v letu 2020 (14.481 m^3) (Slika 5).



Slika 5 Načrtovan in dejanski odvzem naplavin na odsekih podeljenih koncesij na VO Jadranskega morja (reka Soča, Bača, Tolminka) v obdobju 2014–2022 (DRSV, 2014-2022; DRSV, 2020a)

Na podlagi primerjave podatkov za obdobje 2011-2015 (Mikoš, 2017) in podatkov za obdobje 2014-2022 je razvidno, da se dejanski odvzem naplavin na odsekih podeljenih koncesij na VO Jadranskega morja na reki Soči povprečno giblje okoli 50.000 m^3 na leto, na reki Bači pod 10.000 m^3 in na reki Tolminki okoli 15.000 m^3 na leto.

Na VO Donave je bil na reki Savi največji načrtovan odvzem naplavin predviden v letu 2016 (65.000 m^3), prav tako je bil v tem letu realiziran tudi največji dejanski odvzem naplavin (62.865 m^3) (Slika 6).



Slika 6 *Načrtovan in dejanski odvzem naplavin na VO Donave (reka Sava) v obdobju 2014–2022 (DRSV, 2014-2022; DRSV, 2020a; DRSV, 2020b)*

Na osnovi primerjave podatkov za obdobje 2011-2015 (Mikoš, 2017) in podatkov za obdobje 2014–2022 je razvidno, da se dejanski odvzem naplavin na odsekih podeljenih koncesij na VO Donave na reki Savi povprečno giblje pod 20.000 m^3 na leto.

3. Zaključek

Ugotovljeno je, da do razlik med načrtovanim in dejanskim odvzemom naplavin prihaja zaradi transporta plavin (vzrok so hidrološki dogodki) in potreb na trgu. Največ odvzetih naplavin iz vodotokov se opravi zaradi vzdrževanja pretočnosti in odstranjevanja prekomerno odloženih naplavin. Naplavine je dovoljeno odvzemati skladno s smernicami vseh mnenjedajalcev na način, da se ne zmanjšuje prodonosnost dolvodno, saj to lahko privede do povečane erozije dna in brežin vodotoka, poglabljanja struge, povečanja poplavne ogroženosti ter trajnega poslabšanja stanja voda. V ta namen je treba za potrebe izvajanja koncesij vsako leto za vsako lokacijo izdelati program odvzema in gospodarskega izkoriščanja naplavin, katere se upošteva pri izvajanju odvzema.

4. Viri

[1] MIKOŠ, M., KRANJC, A., MATIČIČ, B., MÜLLER, J., RAKOVEC, J., ROŠ, M., BRILLY, M. 2002. Hidrološko izrazje. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Acta hydrotechnica 20/32: 324 str.

[2] Mikoš, 2017. Rečni sedimenti in mineralni agregati v gradbeništvu, Gradbeni vestnik 66(12), 296-306.

[3] DRSV, 2020a. Podatki sektorjev območij (SO) DRSV za obdobje 2014-2022, Direkcija Republike Slovenije za vode.

[4] DRSV, 2020B. Vodna povračila za obdobje 2014-2022, Direkcija Republike Slovenije za vode.

[5] DRSV, 2014-2022. Programi odvzema in gospodarskega izkoriščanja naplavin za posamezno lokacijo za posamezno leto. Ministrstvo za okolje in prostor.

[6] PZUV, 2014. Pregled pomembnih zadev upravljanja voda na vodnih območjih Donave in Jadranskega morja. Ministrstvo za okolje in prostor.

[7] Uredba o koncesijah za rabo vode za odvzem naplavin na delih reke Save, Save Dolinke, Soče, Tolminke in Bače (Uradni list RS, št. 163/21 in 44/22 – ZVO-2).

[8] 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, 56/15, 65/20 in 35/23 – odl. US).

POGOJI ZA PLOVBO NA MOTORNI POGON NA AKUMULACIJSKEM JEZERU HIDROELEKTRARNE VRHOVO

dr. NATAŠA SMOLAR-ŽVANUT, univ. dipl. biol.,
mag. MITJA CENTA, univ. dipl. inž. grad., IZTOK KAVČIČ, univ. dipl. inž. kraj. arh.

Direkcija Republike Slovenije za vode

POVZETEK

Plovbo po celinskih vodah, ki se deli na plovbo na motorni pogon in plovbo v okviru splošne rabe, urejata Zakon o vodah in Zakon o plovbi po celinskih vodah ter podzakonski akti. Plovbo na motorni pogon je treba izvajati skladno z drugim odstavkom 66. člena Zakona o vodah, pri čemer je treba upoštevati omogočanje splošne rabe voda, njihovo varstvo pred onesnaženjem ter ohranjanje naravnega ravnovesja v vodnih in obvodnih ekosistemih.

Na ozemlju Republike Slovenije je veljavnih 9 uredb o uporabi plovil na motorni pogon in vse se nahajajo na vodnem območju Donave.

Pri pripravi strokovnih podlag za plovbo na motorni pogon, se upoštevajo okoljska izhodišča iz načrtov upravljanja voda za vodno telo, na katerem se nahaja predlagano plovbno območje in podatki o batimetriji. Analizirajo se posredni in neposredni vplivi možnih obremenitev zaradi plovbe na elemente kakovosti ekološkega in kemijskega stanja. Rezultat študije je določeno območje za plovbo na motorni pogon z ukrepi, prepovedmi, omejitvami in ekspertno določenimi robnimi pogoji za zmanjšanje vpliva plovbe na motorni pogon na vodne in obvodne ekosisteme. V članku so predstavljeni pogoji za plovbo na motorni pogon na akumulacijskem jezeru hidroelektrarne Vrhovo.

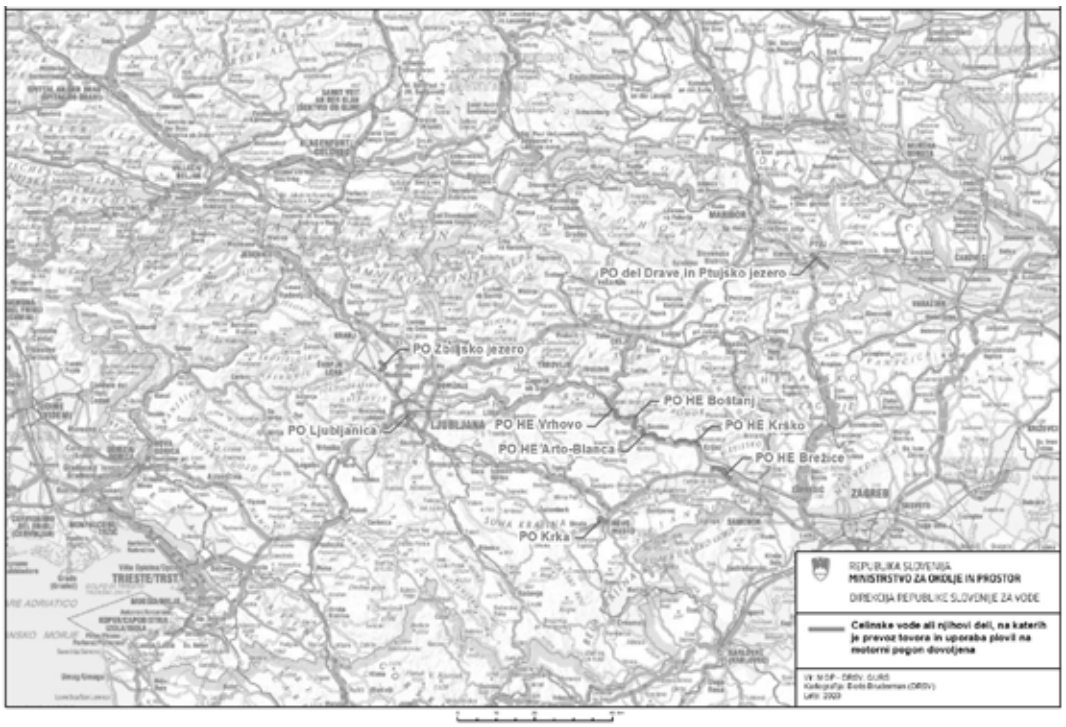
Ključne besede:

Plovba na motorni pogon, plovbno območje, varstvo pred onesnaženjem, vodni in obvodni ekosistemi, hidroelektrarna Vrhovo

1. Uvod

Plovba po celinskih vodah se deli na plovbo na motorni pogon in plovbo v okviru splošne rabe. Urejata jo Zakon o vodah (ZV-1) (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15 in 65/20) (v nadaljevanju ZV-1) in Zakon o plovbi po celinskih vodah (ZPCV) (Uradni list RS, št. 30/02, 29/17 – ZŠpo-1 in 41/17 – PZ-G) ter podzakonski akti. Vlada Republike Slovenije lahko skladno z 2. odstavkom 66. člena ZV-1 z Uredbo o uporabi plovil na

motorni pogon (v nadaljevanju Uredba) določi posamezne celinske vode ali njihove dele, kjer je plovba na motorni pogon dovoljena. Trenutno je na ozemlju Republike Slovenije veljavnih 9 uredb o uporabi plovil na motorni pogon in vse se nahajajo na vodnem območju Donave (Slika 1).



Slika 1 Celinske vode ali njihovi deli, na katerih je prevoz tovora in uporaba plovil na motorni pogon dovoljena

Namen prispevka je prikaz možnosti plovbe na motorni pogon na akumulacijskem jezeru hidroelektrarne Vrhovo (v nadaljevanju HE Vrhovo) skladno z drugim odstavkom 66. člena ZV-1, pri čemer je treba upoštevati omogočanje splošne rabe voda, njihovo varstvo pred onesnaženjem ter ohranjanje naravnega ravnovesja v vodnih in obvodnih ekosistemih. Pri pripravi strokovnih podlag za plovbo na motorni pogon (Smolar-Žvanut in sod., 2018) smo presojali vplive plovbe na motorni pogon na stanje voda z upoštevanjem Načrta upravljanja voda na vodnem območju Donave za obdobje 2016 – 2021, ki je stopil v veljavo leta 2016 z Uredbo o načrtih upravljanja voda na vodnih območjih Donave in Jadranskega morja (Uradni list RS, št. 67/16) (v nadaljevanju uredba NUV II). Ugotavljali smo neposredne in posredne vplive obremenitev na stanje voda ter upoštevali smernice koncesionarjev, usmeritve s področja varstva narave in upravljanja ribolovnih virov v celinskih vodah. Strokovne podlage so bile osnova za pripravo Uredbe o uporabi plovil na motorni pogon na akumulacijskem jezeru hidroelektrarne Vrhovo na reki Savi (Uradni list RS, št. 52/18).

2. Okoljska izhodišča za plovbo na motorni pogon na akumulacijskem jezeru HE Vrhovo

Predlagano plovbno območje za plovbo na motorni pogon se nahaja na vodnih telesih površinskih voda SI1VT557 VT Sava Litija – Zidani Most in SI1VT713 MPVT Sava Vrhovo – Boštanj (Pravilnik o določitvi in razvrstitvi vodnih teles površinskih voda (Uradni list RS, št. 63/05, 26/06, 32/11 in 8/18)) in na vodnem telesu podzemnih voda VTPodV_1008 Posavsko hribovje do osrednje Sotle (Pravilnik o določitvi vodnih teles podzemnih voda (Uradni list RS, št. 63/05 in 8/18)). Na stanje reke Save na območju Zidanega Mosta vpliva tudi pritok Savinje, zato je bilo pri pripravi strokovnih podlag upoštevano stanje tudi za vodno telo površinske vode SI16VT97 VT Savinja Celje - Zidani Most in vodno telo podzemne vode VTPodV_1009 Spodnji del Savinje do Sotle.

Pri pripravi strokovnih podlag za akumulacijsko jezero HE Vrhovo smo poleg pogojev varstva, rabe in urejanja voda upoštevali tudi strokovna mnenja in smernice družbe Savske elektrarne Ljubljana d.o.o. (SEL d.o.o.), Zavoda Republike Slovenije za varstvo narave (ZRSVN) OE Celje in Zavoda za ribištvo Slovenije (ZZRS). Za natančnejšo določitev plovbnega območja se potrebuje podatke o batimetriji akumulacijskega jezera. Podatke rezultatov batimetričnega snemanja akumulacijskega jezera HE Vrhovo, ki so bile opravljene od 17. do 30. marca 2015, nam je posredovala Občina Radeče.

Plovba po celinskih vodah predstavlja splošno rabo voda, za kar ni treba pridobiti vodne pravice. Treba pa je pridobiti vodno pravico oz. natančneje vodno dovoljenje za neposredno rabo vode za pristanišče ali vstopno-izstopno mesto. Na območju akumulacijskega jezera HE Vrhovo se nahaja 5 pristanišč in vstopno-izstopnih mest, ki imajo pridobljena vodna dovoljenja.

3. Potencialni vplivi obremenitev na stanje voda, ki jih povzroča plovba s plovili na motorni pogon in prostorske ureditve za potrebe plovbe

Možne obremenitve zaradi posegov v vodni in obvodni prostor, povezanih s plovbo na motorni pogon so:

- izlivi olja, goriva, izpuhi motorja (PAH, benzen in drugi naftni derivati), odpadki;
- onesnaženje s premazi proti obraščanju plovil (TBT, baker);
- valovanje in fizične spremembe brežin (erozija brežin);
- fizične spremembe rečnega dna (sprememba strukture rečnega dna, dvigovanje sedimenta);
- neposredni stik plovila z organskim ali anorganskim substratom ter vodnimi organizmi,
- vnos organizmov pritrjenih na plovilo, če se je le-to uporabljalo drugje (npr. tujerodna vrsta školjke *Dreissena polymorpha*);

- prenos tujerodnih vrst rastlin (npr. japonskega dresnika *Fallopia japonica*);
- podvodni hrup;
- prostorske ureditve za potrebe plovbe (gradnja turističnih objektov, pristanišč, ind. ob vodi in s tem povečana možnost obremenitev zaradi onesnaženja s komunalnimi odpadnimi vodami in odpadki).

Neposredni in posredni vplivi obremenitev, ki jih lahko povzroča plovba na motorni pogon, so bili opredeljeni na posamezne elemente kakovosti stanja površinskih voda v skladu s Prilogo 3 (Navodilo za pripravo ocene vpliva posega na stanje površinskih voda) Splošnih smernic s področja upravljanja z vodami (DRSV, 2017).

Na osnovi analiz smo ugotovili, da plovba lahko neposredno najbolj vpliva na hidromorfološke elemente kakovosti (dinamika vodnega toka, spreminjanje globine in širine reke, struktura in substrat rečne struge, struktura obrežnega pasu), medtem ko na kemijske in fizikalno-kemijske elemente kakovosti (toplotne in kisikove razmere, stanje hranil) lahko plovba vpliva posredno ali neposredno. Posredni vpliv plovbe pa je možen na vse biološke elemente kakovosti (sestava in številčnost bentoških nevretenčarjev, sestava, številčnost in starostna struktura rib, sestava in številčnost fitobentosa in makrofitov).

4. Omejitve, pogoji, ukrepi in prepovedi za plovbo na motorni pogon na akumulacijskem jezeru HE Vrhovo

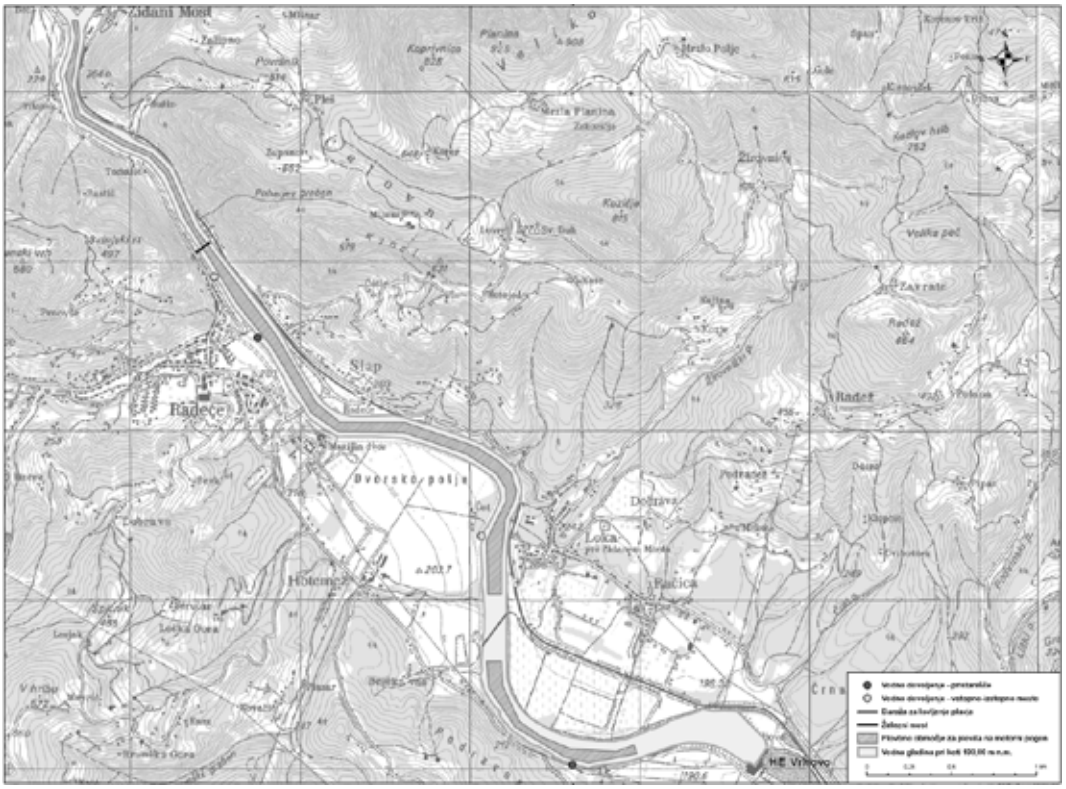
V nadaljevanju so na podlagi analitičnih ugotovitev podane omejitve in pogoji z ukrepi za zmanjšanje negativnega vpliva plovbe s plovili na motorni pogon na akumulacijskem jezeru HE Vrhovo.

4.1 Dovoljena uporaba plovil na motorni pogon

Na osnovi pregleda posrednih in neposrednih vplivov plovbe na motorni pogon na elemente stanja voda in vodnega ekosistema, z upoštevanjem pridobljenih smernic in mnenj ter ekspertno določenih robnih pogojev je bilo ugotovljeno, da je plovba na motorni pogon na predlaganem odseku akumulacijskega jezera HE Vrhovo dovoljena. Plovbno območje je sestavljeno iz dveh delov, saj plovba čez baražo za lovljenje plavja ni možna (Slika 2).

Plovba je dovoljena pod naslednjimi pogoji:

- Za zmanjšanje negativnih vplivov na stanje voda in za doseganje minimalnega vpliva na kvaliteto voda se uporabljajo plovila na elektromotorni pogon;
- Za plovbo po plovbnem območju se uporabljajo plovila za rekreacijo iz predpisa, ki ureja plovila za rekreacijo, razen vodnih skuterjev, ali plovila, posebej namenjena za javni prevoz potnikov v komercialne namene, če plujejo na elektromotrni pogon in so krajša od 24 m;
- število plovil, ki so hkrati na plovbnem območju ne presega največjega števila privezov v pristaniščih, razen na odseku gorvodno od železnega mostu čez Savo, kjer lahko pluje le eno plovilo na motorni pogon.



Slika 2 Plovbno območje na akumulacijskem jezeru HE Vrhovo

4.2 Način izvajanja plovbe

Plovbo s plovili na motorni pogon je treba izvajati tako, da:

- je plovilo znotraj določenega plovbnega območja, razen na območju dostopa do pristanišč ali vstopno-izstopnih mest, kjer je plovba na motorni pogon izven plovbnega območja dovoljena le do pristanišča ali vstopno-izstopnega mesta s podeljeno vodno pravico na območju največ 20 m gorvodno in dolvodno od meje podeljene vodne pravice, ter na območju tihega območja, kjer je odmik plovbnega območja od brežine 70 m;
- poteka izven plitvin;
- se ne glisira po vodni površini;
- največja hitrost plovbe ne presega 10 km/h oz. je lahko višja zaradi zagotavljanja varnosti potnikov v primeru izrednih razmer na plovbnem območju (npr. nevihta, povečan pretok vode, dvig gladine vode);
- se ne povzroča valovanja ob rečnih bregovih z višino vala, večjo od 0,3 m;
- se po privezu v pristanišču pred zapustitvijo plovila z njega odstranijo vse premične posode za gorivo in vsi nepritrjeni predmeti (velja za prehodno obdobje do leta 2027, ko je izjemoma še dovoljena uporaba motorjev z motranjim izgorevanjem);

- se dvig ali spust plovila izvaja samo na za to predvidenih mestih;
- se vkrcavanje in izkrcavanje potnikov izvajata samo v pristaniščih ali na vstopno-izstopnih mestih;
- je preprečeno izcejanje onesnaževal (npr. vsebine akumulatorjev), olj in maziv, zaščitnih premazov, organsko obremenjenih fekalnih voda in drugih škodljivih oziroma strupenih snovi s plovil na motorni pogon v vodo;
- se privezovanje in sidranje plovil izvajata samo v pristaniščih;
- so vsa plovila v času prepovedi plovbe privezana v pristaniščih ali dvignjena iz vode izven priobalnega zemljišča;
- se polnjenje rezervoarjev s pogonskimi gorivi ali polnjenje akumulatorjev z električno energijo s kopnega ali njihov prenos na plovila izvaja samo na območju pristanišč;
- se ob izplutju ne dviga sedimenta na rečnem dnu;
- se upošteva priporočena najmanjša razdalja med največjim ugrezom plovila in dnom plovbnega območja, ki je 2 m;
- se prenos odpadkov in rezervoarjev z odpadno vodo ali ostalih tekočin s plovil izvaja samo na območju pristanišč;
- servisiranje in vzdrževanje plovil se izvajata samo na za to predvidenih mestih;
- so vsa plovila, skupaj z vso opremo, pred splavitvijo v vodo očiščena zaradi preprečitve širjenja bioloških obremenitev;
- da v primeru izvajanja ribiških dejavnosti (ribolov, tekmovanja, ipd...) te niso motene ter
- da se omogoča splošna raba voda.

4.3 Prepoved plovbe

Plovba na motorni pogon na plovbnem območju je prepovedana:

- nad baražo za lovljenje plavja (zaradi potencialnega pomena akumulacijskega jezera HE Vrhovo za prezimovanje in gnezdenje ptic) od 1. novembra do 31. marca, aprila, maja, septembra in oktobra vsak dan od 18.00 do 10.00 naslednjega dne ter junija, julija in avgusta vsak dan od 19.00 do 9.00;
- pod baražo (prav tako zaradi potencialnega pomena akumulacijskega jezera HE Vrhovo za prezimovanje in gnezdenje ptic) od 1.novembra do 31. septembra in oktobra vsak dan od 18.00 do 10.00 naslednjega dne ter junija, julija in avgusta vsak dan od 19.00 do 9.00;
- ob pretokih reke Save, večjih od 500 m^3/s oziroma ob prelivanju vode čez pretočna polja HE Vrhovo. Podatke, ki se nanašajo na povečane pretoke zagotavlja skrbniku plovbnega območja imetnik vodne pravice za proizvodnjo električne energije v hidroelektrarni Vrhovo;

- med izvajanjem vzdrževalnih in drugih del (intervencijski posegi) na vodnih in priobalnih zemljiščih, ki vplivajo na plovbno območje;
- med izvajanjem del in meritev, potrebnih zaradi izvajanja podeljene pravice za hidroenergetsko rabo vode, izvajanjem predpisanega monitoringa (monitoring zasipavanja akumulacijskih prostorov) ali izvedbo vzdrževalnih del (odstranjevanje in odvzemanje naplavin);
- če je gladina vode nižja od normalne denivelacije ali
- ob izredni denivelaciji ali drugih izrednih dogodkih (visoke vode ali onesnaženje).

4.4 Vpliv plovbe na vodne pravice

Plovba s plovili na motorni pogon ne sme vplivati na izvajanje obstoječih vodnih pravic. Izvajanje plovbe na motorni pogon na plovbnem območju ne sme vplivati na pridobivanje električne energije v HE Vrhovo ali povzročati imetniku vodne pravice dodatne obveznosti, stroške ali škodo na energetski infrastrukturi.

4.5 Monitoring – spremljanje stanja

Zaradi sedimenta, ki ga v akumulacijo prinaša Sava s pritoki, lahko nastanejo večje in nove plitvine. Smiselno je, da se letno ali ob večjih poplavnih dogodkih opravi meritve dna (batimetrične meritve dna akumulacijskega jezera) in po potrebi na posameznih odsekih spremeni odmik plovbne poti od bregov ali pripravi predlog za premeščanje sedimentov. V primeru, da se na podlagi monitoringa stanja voda ugotovi, da ima izvajanje plovbe na motorni pogon negativni vpliv na doseganje ciljev stanja voda, se morajo sprejeti dodatni ukrepi za zmanjšanje negativnega vpliva oziroma, se ponovno preuči možnost plovbe na motorni pogon. V primeru ugotovljenega slabšanja stanja habitatnih tipov ter rastlinskih in živalskih vrst oz. v primeru ugotovljenega pomembnega vpliva plovbe v času gnezdenja ptic oz. drstenja rib na območju akumulacijskega jezera se plovbo prilagodi oz. ustrezno omeji (npr. prostorska, časovna omejitev ali omejitev v številu plovil na plovbnem območju).

5. Zaključki

Plovba s plovili na motorni pogon predstavlja pomembno sekundarno rabo voda na območju akumulacijskega jezera HE Vrhovo. Pri pripravi strokovnih podlag za plovbo na motorni pogon smo poleg določitve neposrednih in posrednih vplivov obremenitev zaradi plovbe na motorni pogon upoštevali tudi smernice družbe Savske elektrarne Ljubljana d.o.o., Zavoda Republike Slovenije za varstvo narave OE Celje in Zavoda za ribištvo Slovenije. S tem je kljub plovbi omogočena splošna raba vode, varstvo pred onesnaženjem ter ohranjanje naravnega ravnovesja v vodnih in obvodnih ekosistemih na tem območju.

Na plovbnem območju akumulacijskega jezera HE Vrhovo je dovoljena plovba na motorni pogon v turistične, rekreacijske in športne namene skladno z Uredbo o

uporabi plovil na motorni pogon na akumulacijskem jezeru hidroelektrarne Vrhovo na reki Savi (Uradni list RS, št. 52/18).

Za nadaljni razvoj plovbe na reki Savi bi morali proučiti možnost vzpostavitve mednarodnega režima plovbe in celovito ureditev pravnega statusa reke Save kot mednarodne plovne poti (FASRB, 2002). Pri tem pa so pogoji in omejitve za plovbo ključnega pomena zaradi varstva pred onesnaževanjem voda ter ohranjanje naravnega ravnovesja (Slovnik Vraneš, 2020).

6. Viri

[1] DRSV. 2017. Priloga 3: Navodilo za pripravo ocene vpliva posega na stanje površinskih voda. Splošne smernice s področja upravljanja z vodami

[2] FASRB, 2002. Protocol on the navigation on the framework agreement on the Sava RIVER BASIN.

[3] Koncesijska pogodba. 2002. Koncesijska pogodba za izkoriščanje energetskega potenciala Spodnje Save. Vrhovo: 74 str.

[4] MOP. 2016. Načrt upravljanja voda na vodnem območju Donave za obdobje 2016–2021. Ministrstvo za okolje in prostor RS. Ljubljana, oktober 2016.

[5] Pravilnik o določitvi in razvrstitvi vodnih teles površinskih voda (Uradni list RS, št. 63/05, 26/06, 32/11 in 8/18).

[6] Pravilnik o določitvi vodnih teles podzemnih voda (Uradni list RS, št. 63/05 in 8/18).

[7] SLOVNIK VRANEŠ, D. 2020. Problematika pristojnosti države in občin pri urejanju plovbe po celinskih vodah. Magistrsko delo. Ljubljana. Univerza v Ljubljani. Fakulteta za upravo: 110 str.

[8] SMOLAR-ŽVANUT, N., CENTA, M., KAVČIČ, I., DAMJANOVIČ, B., KOLNMAN, G., HROVAT, M., KRAJČIČ, J. 2018. Strokovne podlage za pripravo Uredbe o uporabi plovil na motorni pogon na akumulacijskem jezeru hidroelektrarne Vrhovo na reki Savi. Ljubljana, DRSV, julij 2018: 73 str.

[9] Uredba o uporabi plovil na motorni pogon na akumulacijskem jezeru hidroelektrarne Vrhovo na reki Savi (Uradni list RS, št. 52/18).

[10] Uredba o načrtih upravljanja voda na vodnih območjih Donave in Jadranskega morja (Uradni list RS, št. 67/16).

[11] Zakon o vodah (ZV-1) (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15 in 65/20).

[12] Zakon o plovbi po celinskih vodah (ZPCV) (Uradni list RS, št. 30/02, 29/17 – ZŠpo-1 in 41/17 – PZ-G).

POGOJI RABE POVRŠINSKIH VODA PRI PODELJEVANJU VODNIH PRAVIC

mag. JANA MELJO, univ. dipl. inž. grad.,
BORIS GRADIŠAR, univ. dipl. inž. vod. in. kom. inž.,
mag. TINA KIRN, univ. dipl. geog.,
dr. NATAŠA SMOLAR ŽVANUT, univ. dipl. biol.

Direkcija Republike Slovenije za vode

POVZETEK

V okviru priprave Strokovnih podlag za rabo površinskih voda za Načrta upravljanja voda 2022–2027 (DRSV, 2021) so bile analizirane podeljene vodne pravice na površinskih vodah, določeni so bili cilji, ki jih je treba zasledovati pri rabi voda in ukrepi za njihovo doseganje.

V Sloveniji je podeljenih približno 40.000 vodnih pravic, od tega velika večina za rabo podzemnih voda. Na podzemnih in površinskih vodah skupaj je največ vodnih pravic podeljenih za oskrbo s pitno vodo, medtem ko je na površinskih vodah največ vodnih pravic podeljenih za namakanje, proizvodnjo električne energije v hidroelektrarnah ter za ribogojnice. V količinskem smislu se največ vode rabi iz površinskih voda, in sicer za pridobivanje električne energije v hidroelektrarnah.

Cilji na področju rabe voda morajo biti skladni s cilji varstva in urejanja voda, zato je treba rabo voda načrtovati na način, da se ne poslabšuje stanja voda. Če bi nameravana raba lahko ogrožala doseganje in ohranjanje ciljev upravljanja voda, se jo lahko prepove, omeji ali se zanjo določijo posebni pogoji. Za doseganje ciljev trajnostne rabe površinskih voda so bili v sklopu Strokovnih podlag za rabo površinskih voda za Načrta upravljanja voda 2022–2027 (DRSV, 2021) predlagani temeljni ukrepi.

Med temeljne ukrepe sodijo tudi prepovedi, pogoji in omejitve posebne rabe voda, ki se uporabljajo v postopkih podeljevanja vodnih pravic. Te izhajajo predvsem iz Zakona o vodah, Uredbe o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka, dveh uredb o načrtih upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja, uredb in odlokov o vodovarstvenih območjih ter iz predpisov s področja ohranjanja narave in ribištva.

Ključne besede:

Načrt upravljanja voda, posebna raba voda, vodne pravice, prepovedi, pogoji in omejitve rabe površinskih voda.

1. Uvod

Slovenija je med bolj vodnatimi državami Evrope in sveta, saj pri nas v povprečju letno pade okoli 1.500 l/m^2 padavin (Ogrin, Plut, 2009), pa vendar to ne pomeni, da lahko ob vsakem času rabimo vodo v želenih količinah. Za Slovenijo so namreč značilne pestre hidrografske, geografske, padavinske, geološke in druge značilnosti, kar se odraža tudi na neenakomerni časovni in prostorski razporeditvi padavin, to pa posledično vpliva na možnost rabe voda.

Vodo rabimo predvsem za oskrbo s pitno vodo, v gospodarstvu, kmetijstvu, turizmu ter za zadovoljevanje drugih potreb. Je naravni vir in dobrina, ki omogoča preživetje. V Sloveniji lahko vsakdo rabi vodno ali morsko dobro pod pogoji, ki jih določa 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, 56/15, 65/20 in 35/23 – odl. US) (v nadaljevanju Zakon o vodah), če se s takšno rabo le neznatno vpliva na količino in kakovost voda oziroma splošno stanje voda in če s tem ne omejuje ali onemogoča enakih pravic drugih in izvajanje vodnih pravic. Splošna raba voda obsega zlasti rabo vodnega ali morskega dobra za pitje, kopanje, potapljanje, drsanje ali druge osebne potrebe. Splošna raba voda je brezplačna in zanjo ni potrebna pridobitev posebnega akta. Posebno rabo voda pa se lahko dovoli le pod posebnimi pogoji in proti plačilu, kot to določa Zakon o vodah.

Z namenom doseganja ciljev s področja rabe voda smo na Direkciji Republike Slovenije za vode izdelali Strokovne podlage za rabo površinskih voda za Načrta upravljanja voda 2022–2027 (tretji načrt upravljanja voda) (DRSV, 2021). V nalogi so zbrani in analizirani podatki za oceno količinskega stanja površinskih voda sQs in sQnp (obdobni srednji in obdobni mali pretok), podatki o podeljenih vodnih pravicah in podatki o plačilu za rabo vode. Podrobneje so opisane in analizirane najpogostejše vrste posebne rabe površinskih voda. Ocenjena je stopnja doseganja ciljev iz Načrta upravljanja voda 2016-2021, hkrati pa so novelirani cilji za novo vodnonačrtovalsko obdobje 2022-2027. V Predlogu ukrepov načrta upravljanja voda 2022-2027 za rabo površinskih voda (DRSV, 2020) je izdelan predlog novih temeljnih in dopolnilnih ukrepov za doseganje ciljev Direktive Evropskega Parlamenta in Sveta 2000/60/ES z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike (v nadaljevanju vodna direktiva). Za doseganje ciljev trajnostne rabe voda je ključen ukrep R3a – Omejitve, prepovedi in pogoji rabe voda.

2. Pregled podeljenih vodnih pravic

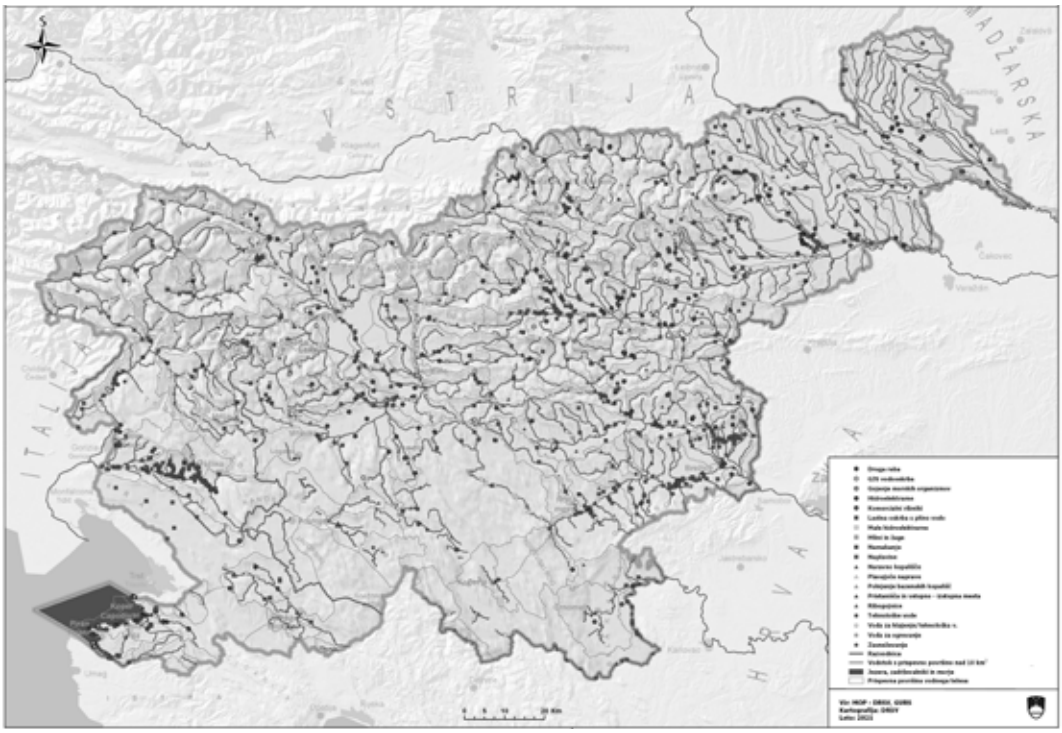
Posebna raba voda se izvaja na površinskih in podzemnih vodah, med katere sodijo tudi izviri (Preglednica 1). Podatki o vodnih pravicah in obsegu rabe voda so zbrani v vodni knjigi (DRSV, 2019). V Sloveniji je podeljenih okoli 40.000 vodnih pravic. Največje število vodnih pravic je podeljenih za rabo podzemnih voda, in sicer skoraj 95 %, od tega iz izvirov dobrih 40 % ter iz vrtin in ostalih virov dobrih 54 %. Delež vodnih pravic iz površinskih voda znaša le dobrih 5 %.

Preglednica 1: Podeljene vodne pravice v Sloveniji glede na vrsto vodnega vira (DRSV, 2021)

Vrsta vodnega vira	Slovenija (št. vodnih pravic)			
Koncesije (KON.)/Vodna dovoljenja (V.D.)	KON.	V.D.	Skupaj (KON.+V.D.)	Skupaj
Površinske vode	44*	2.130*	2.174 (5,4 %)	40.072
Izviri	5	16.200	16.205 (40,4 %)	
Podzemne vode brez izvirov	134	21.559	21.693 (54,2 %)	

(*na površinskih vodah so v analizo vključena mesta rabe vode in ne posamezni akti o vodnih pravicah).

Gledano s količinskega vidika pa se rabi največ vode iz površinskih voda, in sicer za proizvodnjo električne energije v hidroelektrarnah. Poleg tega se površinsko vodo rabi še za hlajenje in druge tehnološke namene, namakanje, ribogojstvo, za pogon mlinov in žag, plovbo in podobno (Slika 1).



Slika 1 Podeljene vodne pravice na površinskih vodah (DRSV, 2021)

3. Cilji in ukrepi za doseganje ciljev

Cilj vseh ukrepov s področja rabe voda je spodbujanje trajnostne rabe voda, ki omogoča različne vrste rabe voda ob upoštevanju dolgoročnega varstva razpoložljivih vodnih virov in njihove kakovosti (2. čl. Zakona o vodah). Cilji na področju rabe voda morajo biti skladni s cilji varstva in urejanja voda. Če bi nameravana raba lahko

ogrožala doseganje in ohranjanje ciljev upravljanja voda, ogrožala zdravje ljudi, ogrožala naravno ravnovesje vodnih in obvodnih ekosistemov, omejevala urejanje voda ali bi bila v nasprotju s predvidenimi ukrepi urejanja voda, znatno ovirala splošno rabo ali oskrbo s pitno vodo, ali škodljivo vplivala ali ogrožala območja, varovana po predpisih o ohranjanju narave se posebna raba lahko prepove, omeji ali se zanjo določijo posebni pogoji (109. čl. Zakona o vodah).

Z vodo moramo ravnati preudarno in jo trajnostno uporabljati, saj raba voda ne sme poslabševati stanja voda, hkrati pa mora spodbujati gospodarski in družbeni razvoj. Količine rabljene vode morajo biti takšne, da je zagotovljeno varovanje in upravljanje z vodnimi viri in z njimi povezanimi ekosistemi (EEA, 2004), zato je treba vodo rabiti na trajnostni način, to je na način, ki zadovoljuje sedanje potrebe po vodi, hkrati pa ne ogroža oskrbe z vodo in druge vrste rabe vode za prihodnje generacije (povzeto po OZN, 1987).

Vsaka država članica evropske unije zagotovi uvedbo programa ukrepov za vsako vodno območje ali del mednarodnega vodnega območja na njenem ozemlju, da se dosežejo cilji upravljanja voda. Ti programi ukrepov se lahko sklicujejo na ukrepe, ki izhajajo iz zakonodaje, ki je bila sprejeta na nacionalni ravni in velja za celotno ozemlje države članice (WFD, 2000).

Za doseganje ciljev upravljanja voda so zato s Programom ukrepov upravljanja voda sprejeti ukrepi, ki so razdeljeni v tri skupine: temeljni ukrepi »a«, temeljni ukrepi »b« in dopolnilni ukrepi. Temeljni ukrepi »a« so ukrepi, ki se že izvajajo na podlagi veljavne nacionalne zakonodaje. Temeljni ukrepi »b« so ukrepi, ki se še ne izvajajo v celoti glede na zahteve veljavne zakonodaje in dopolnjujejo oziroma nadgrajujejo aktivnosti, izhajajoče iz temeljnih ukrepov »a« ter odpravljajo prepoznane pravne, upravne, administrativne ali strokovno raziskovalne vrzeli. Dopolnilni ukrepi so ukrepi, ki so potrebni zaradi doseganja dobrega stanja voda. Ukrepi so določeni na podlagi ocene verjetnosti, da okoljski cilji ne bodo doseženi. Temeljni ukrepi "a", ki se nanašajo na rabo površinskih voda, so:

- R1a – Sistem podeljevanja vodnih pravic,
- R3a – Omejitve, prepovedi in pogoji rabe voda,
- R4a – Sistem oskrbe s pitno vodo,
- R5a – Vzpodbujanje učinkovite in trajnostne rabe vode.

V Programu ukrepov upravljanja voda je za področje rabe voda sprejet tudi en temeljni ukrep "b", in sicer ukrep R1b1 – Sistem za podporo odločanju o rabi voda. Za področje rabe voda ni predvidenih dopolnilnih ukrepov. V nadaljevanju je podrobneje opisan temeljni »a« ukrep R3a - Omejitve, prepovedi in pogoji rabe voda.

3.1 Ukrep R3a – Omejitve, prepovedi in pogoji rabe voda

Za dosego ciljev na področju rabe voda je ključen ukrep, ki združuje prepovedi, pogoje in omejitve rabe voda in se ga uporablja v postopkih podeljevanja vodnih pravic. Te izhajajo iz nacionalnih predpisov v nadaljevanju.

Predpisi s področja upravljanja z vodami:

a) Omejitve, prepovedi in pogoji, ki izhajajo iz Zakona o vodah (splošne omejitve in pogoji, vezani na podelitev in izvajanje vodne pravice ter omejitve in pogoji odvzema naplavin in gramoza).

b) Omejitve rabe vode, ki izhajajo iz Uredbe o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka.

c) Omejitve, prepovedi in pogoji rabe voda, ki izhajajo iz uredb in odlokov o vodovarstvenih območjih.

d) Omejitve, pogoji in prepovedi, ki izhajajo iz Uredbe o načrtu upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja (v nadaljevanju Uredba o NUV 2009-2015).

e) Omejitve, pogoji in prepovedi, ki izhajajo iz Uredba o načrtih upravljanja voda na vodnih območjih Donave in Jadranskega morja (v nadaljevanju Uredba o NUV 2016-2021).

f) Omejitve, prepovedi in pogoji, ki izhajajo Zakona o določitvi zavarovalnega območja za reko Sočo s pritoki.

Predpisi s področja ohranjanja narave, ribištva, plovbe po celinskih vodah in morju ter gozdarstva:

a) Omejitve, prepovedi in pogoji, ki izhajajo iz Zakona o Triglavskem narodnem parku.

b) Omejitve in pogoji, ki izhajajo iz Pravilnika o komercialnih ribnikih.

c) Omejitve, prepovedi in pogoji plovbe, ki izhajajo iz uredb o uporabi plovil na motorni pogon in občinskih odlokov o določitvah plovbnih območij.

d) Omejitve, prepovedi in pogoji, ki izhajajo iz Zakona o plovbi po celinskih vodah.

e) Omejitve, prepovedi in pogoji, ki izhajajo iz Pomorskega zakonika.

f) Omejitve in prepovedi, ki izhajajo iz Zakona o gozdovih.

Poleg naštetega je treba v postopku podeljevanja vodnih pravic upoštevati tudi omejitve, vezane na nekatera območja s posebnimi zahtevami, in sicer naravne vrednote, varstvena območja – Natura 2000, zavarovana območja, vodovarstvena območja, občutljiva območja zaradi kopalnih voda in občutljiva območja zaradi evtrofikacije.

V nadaljevanju so podrobneje navedene prepovedi, pogoji in omejitve, ki izhajajo iz Uredbe o NUV 2009-2015 in iz Uredbe o NUV 2016-2021.

3.1.1 Raba površinskih voda v povirjih

Omejitev: Vodne pravice za posebno rabo vode se ne podeli, če je vrednost srednjega malega pretoka vode (v nadaljevanju sQnp) v profilu predvidenega odvzema

vode manjša ali enaka 0,02 m^3/s in je hkrati vrednost srednjega pretoka vode (v nadaljevanju sQs) v profilu predvidenega odvzema vode manjša ali enaka 0,08 m^3/s (5. čl. Uredbe o NUV 2009-2015).

Izjeme:

a) Ne glede na zgornjo omejitev se vodna pravica za oskrbo s pitno vodo lahko podeli.

b) Ne glede na zgornjo omejitev se vodna pravica lahko podeli za namakanje kmetijskih zemljišč in zasneževanje, če:

   - gre za odvzem vode, ki ne presega 0,1 % sQs v profilu predvidenega odvzema,
   - gre za odvzem vode, ki ne presega 5 % sQs, pod pogojem, da je pretok v času odvzema večji od 1 x sQs in se odvzem vode izvede na višini sQs,
   - gre za odvzem vode, ki ne presega 10 % sQs pod pogojem, da je pretok v času odvzema večji od 2 x sQs in se odvzem izvede na višini 2 x sQs.

c) Ne glede na zgornjo omejitev se vodna pravica za izvajanje športnega ribolova v komercialnem ribniku, odvzem vode za gojenje sladkovodnih organizmov in drugo rabo vode (račniki, biotopi, okrasni ribniki, ribniki, v katerih se izvaja ribolov v skladu s predpisi, ki urejajo sladkovodno ribištvo) lahko podeli v skladu s predpisi, ki urejajo vode.

3.1.2 Raba površinskih voda za proizvodnjo električne energije na povirjih

Omejitev: Vodne pravice za rabo vode za proizvodnjo električne energije se ne podeli na delu vodotoka, ki ima prispevno površino, manjšo od 10 km^2, ali če je vrednost sQnp v profilu predvidenega odvzema vode manjša ali enaka 0,08 m^3/s (5. čl. Uredbe o NUV 2009-2015).

Izjema: Raba vode za proizvodnjo električne energije v povirjih (kriterij F < 10 km^2 ali sQnp <= 0,08 m^3/s) je dovoljena v primeru samooskrbnih gospodinjstev, ki izkažejo, da priključitev na distribucijsko omrežje ni izvedljiva.

3.1.3 Rabe voda za obstoječe namakalne sisteme

Omejitev: Vodne pravice za rabo površinske vode za namakanje se ne podeli, če se zemljišče, ki naj bi se namakalo, nahaja na območju delujočega velikega namakalnega sistema in le-ta ni popolno izkoriščen (5. čl. Uredbe o NUV 2009-2015).

3.1.4 Raba površinske vode za namakanje

Omejitev in pogoji: Imetnik vodne pravice za rabo vode za namakanje, ki lahko skladno s pridobljeno vodno pravico v obdobju, kadar je dejanski pretok na mestu odvzema manjši od ekološko sprejemljivega pretoka, odvzema vodo največ v višini sedmih odstotkov seštevka vseh odvzemov vode srednjega malega pretoka, vode ne sme odvzemati, če je (5. čl. Uredbe o NUV 2009-2015):

- dejanski pretok vode na mestu odvzema manjši od 0,6 × sQnp in gre za odvzeme na vodotokih s prispevno površino, večjo od 2.500 km2, ali sQs > 50 m^3/s ali za odvzeme na vodotokih iz skupine ekoloških tipov 3, določenih v skladu s predpisom, ki ureja stanje površinskih voda, s prispevno površino med 100 in 1 000 km^2;
- dejanski pretok vode na mestu odvzema manjši od 0,7 × sQnp in gre za odvzeme na vodotokih, ki niso vodotoki iz prejšnje alineje.

3.1.5 Raba vode za gojenje vodnih organizmov v gramoznicah

Prepoved: Vodne pravice za odvzem vode za gojenje sladkovodnih organizmov v stoječih vodah se ne podeli za gramoznice (5. čl. Uredbe o NUV 2009-2015).

3.1.6 Raba površinskih voda na referenčnih odsekih

Omejitev: Vodne pravice za posebno rabo vode se ne podeli na odsekih vodotokov in na naravnih jezerih, pomembnih za določitev za tip površinske vode značilnih referenčnih razmer (v nadaljevanju odseki). Vodna pravica za posebno rabo vode na vodotokih in drugih vodah v zaledju se lahko podeli na podlagi ugotovitve, da izvajanje vodne pravice ne bo poslabšalo stanja voda na teh odsekih (6. čl. Uredbe o NUV 2009-2015 in 5. čl. Uredbe o NUV 2016-2021).

Izjeme:

a) Ne glede na zgornjo omejitev se vodna pravica za oskrbo s pitno vodo lahko podeli.

b) Ne glede na zgornjo omejitev se vodna pravica za namakanje kmetijskih zemljišč na odsekih lahko podeli, če gre za odvzem vode, ki ne presega 0,1 odstotka sQs.

c) Ne glede na zgornjo omejitev se vodna pravica za rabo vode za gojenje sladkovodnih organizmov lahko podeli na odsekih, za katere je že podeljena ta vodna pravica, na podlagi strokovnega mnenja Inštituta za vode Republike Slovenije, iz katerega izhaja, da uresničevanje predvidene vodne pravice za rabo vode za gojenje sladkovodnih organizmov ne bo poslabšalo referenčnih razmer na teh odsekih.

3.1.7 Prepoved: raba površinskih voda za stalno sidranje izven območij pristanišč

Prepoved: Na vodnih zemljiščih je izven območij pristanišč, za katera je podeljena vodna pravica, prepovedano stalno sidranje (9. čl. Uredbe o NUV 2009-2015).

4. Zaključki

Slovenija je nadpovprečno vodnata država, vendar pa neenakomerna časovna in prostorska razporeditev padavin vpliva na možnost rabe vode. To vpliva predvsem na rabo voda v sušnih obdobjih leta, ko vode marsikje primanjkuje. Naša naloga je, da vodne vire varujemo, zato lahko ob upoštevanju ciljev Zakona o vodah in vodne

direktive, vodo rabimo le na trajnosten način. To dosežemo z ukrepi s področja omejitev in pogojev rabe voda. V postopkih podeljevanja vodnih pravic se zato uporabljajo omejitve rabe vode, ki izhajajo iz različnih predpisov. S sprejetjem obeh uredb o načrtih upravljanja voda so v naš pravni sistem stopile prepovedi, omejitve in pogoji rabe vode, ki so temelj trajnostne rabe voda. S sprejetjem tretjega načrta upravljanja voda bodo obstoječe prepovedi, pogoji in omejitve rabe vode dopolnjene, s čimer bomo dodatno pripomogli k varovanju voda.

5. Viri

[1] OGRIN, D. in PLUT, D., 2009. Aplikativna fizična geografija Slovenije. Ljubljana: Znanstvena založba Filozofske fakultete UL.

[2] OZN, 1987. Brundtlandovo poročilo. Report of the World Commission on Environment and Development.

[3] EEA, 2004. Indicator fact sheet: (WQ1) Water exploitation index. Copenhagen, European Environment Agency. Dostopno na https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/water-exploitation-index-1/wq1_waterexploitationindex_130504.pdf [dostop 17. maj 2023]

[4] DRSV, 2019. Vodna knjiga: vodne pravice za rabo voda. Direkcija Republike Slovenije za vode, Ljubljana. (pridobljeno 30. 8. 2019).

[5] DRSV, 2020. Priprava in zagotovitev strokovnih podlag za izvajanje vodne direktive (2000/60/ES). Predlog ukrepov načrta upravljanja voda 2022-2027 za rabo površinskih voda. Ljubljana: Direkcija Republike Slovenije za vode.

[6] DRSV, 2021. Priprava in zagotovitev strokovnih podlag za izvajanje vodne direktive (2000/60/ES). Strokovne podlage za rabo površinskih voda za Načrta upravljanja voda 2022-2027. Direkcija Republike Slovenije za vode, Ljubljana, 2021

[7] WFD, 2000. Direktiva Evropskega Parlamenta in Sveta 2000/60/ES z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike

[8] Pomorski zakonik (Uradni list RS, št. 62/16 – uradno prečiščeno besedilo, 41/17, 21/18 – ZNOrg, 31/18 – ZPVZRZECEP, 18/21 in 21/21 – popr.)

[9] Pravilnik o komercialnih ribnikih (Uradni list RS, št. 113/07 in 100/12)

[10] Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Uradni list RS, št. 97/09)

[11] Uredba o načrtu upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja (Uradni list RS, št. 61/11, 49/12 in 67/16)

[12] Uredba o načrtih upravljanja voda na vodnih območjih Donave in Jadranskega morja (Uradni list RS, št. 67/16)

[13] Zakon o določitvi zavarovalnega območja za reko Sočo s pritoki (Uradni list SRS, št. 7/76, 8/76 – popr. in 29/86).

[14] Zakon o gozdovih (Uradni list RS, št. 30/93, 56/99 – ZON, 67/02, 110/02 – ZGO-1, 115/06 – ORZG40, 110/07, 106/10, 63/13, 101/13 – ZDavNepr, 17/14, 22/14 – odl. US, 24/15, 9/16 – ZGGLRS in 77/16)

[15] Zakon o kmetijskih zemljiščih (Uradni list RS, št. 71/11 – uradno prečiščeno besedilo, 58/12, 27/16, 27/17 – ZKme-1D, 79/17 in 44/22)

[16] Zakon o plovbi po celinskih vodah (Uradni list RS, št. 30/02, 29/17 – ZŠpo-1 in 41/17 – PZ-G)

[17] Zakon o Triglavskem narodnem parku (Uradni list RS, št. 52/10, 46/14 – ZON-C, 60/17, 82/20 in 18/23 – ZDU-1O)

[18] 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, 56/15, 65/20 in 35/23 – odl. US)

UPRAVLJANJE Z VODAMI V SLOVENSKI ISTRI

izr. prof. dr. ANDREJ KRYŽANOWSKI[1], dr. UROŠ KRAJNC

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

POVZETEK

Območje slovenske Istre se že več desetletij sooča s pomanjkanjem pitne vode v poletnih mesecih. Težavo z oskrbo s pitno vodo upravljavec vodooskrbnega sistema v regiji rešuje predvsem z uvozom pitne vode s Krasa in Hrvaške. Hidrografsko gledano gre za podobna območja, kjer je, zaradi klimatskih sprememb, pričakovati podobne hidrološke razmere in pomanjkanje vodnih količin v času, ko je povpraševanje po vodi največje. V zadnjih 150 letih je bilo na tem hidrografskem območju zabeleženih 50 let, ko je imela Rižana primanjkljaj vodnih količin pri zagotavljanju oskrbe s pitno vodo – v tem tisočletju je bilo takih let 20, kar pomeni, da je primanjkljaj pri vodooskrbi iz Rižane postal stalnica in bo treba manjkajoče količine poiskati drugod. Glede na hidrološke razmere je v slovenski Istri, predvsem z bilančnega vidika, vodnatost glavnih vodotokov, Rižane in Dragonje, dovolj velika, le porazdelitev količin pretokov se med letom izrazito spreminja ter doseže največji nižek poleti. Kakor kažejo trendi, bodo sušna obdobja v prihodnosti vse bolj dolgotrajna in izrazita, na drugi strani pa krajša in bolj izrazita mokra obdobja. Brez dodatnega zadrževanja vodnih količin ne bo mogoče zagotoviti zanesljive vodooskrbe v regiji, ker vsi potencialni vodni viri ležijo v istem hidrografskem območju in je tako velika verjetnost primanjkljaja tudi pri ostalih možnih vodnih virih v regiji. Tudi v soseščini, na Hrvaškem, planirajo povečanje kapacitet akumulacij v Istri, ker sedanje kapacitete ne omogočajo zanesljivosti dobave, tudi ob nespremenjeni potrošnji. V prispevku je predstavljena problematika oskrbe s pitno vodo, ki nujno zahteva aktivacijo nadomestnega vodnega vira v regiji, saj s kapacitetami, ki so nam na voljo bomo v prihodnosti nemoteno oskrbo s pitno vodo v regiji vse težje zagotavljali.

Ključne besede:

oskrba s pitno vodo, vodna bilanca, hidrološka suša, Rižana

1. Uvod

Oskrba s pitno vodo v slovenski Istri poteka z regionalnim vodovodom, ki povezuje obalna mesta z vodnim virom Rižana. Ta regionalni vodovod je nastal leta 1934, ko je bilo to ozemlje pod Italijo. Vodovod že leta 1960 ni več zadoščal za vse potrebe po pitni vodi. Zato je bilo leta 1961 zgrajeno črpališče pri izviru Rižane, s katerim

je bil prvotni težnostni sistem vodovoda spremenjen v tlačni, s tem pa povečana zmogljivost od 90 na 180 l/s. Zajetje virov Bužini in Gabrijeli, vodarna v Sečovljah in tranzitni cevovod do Portoroža, so bili zgrajeni leta 1965. Gradnja vodovoda Gradole, z zajetjem istoimenskega izvira ob reki Mirni in z zmogljivostjo 1.000 l/s, se je izvajala v letih 1967–1970. Vodovod je bil namenjen oskrbi območja celotne zahodne obale Istre (Umag, Rovinj, Poreč, Pula), kot tudi območju slovenske Istre. Rižanski vodovod je imel zagotovljene pravice do vode, in sicer 300 l/s za obdobje od leta 1970 do 1996 . Veljavnost pogodbe je bila kasneje podaljšana, ker na slovenski strani niso bile zagotovljene nadomestne količine vode. Preko Klaričev je bil vodovodni sistem leta 1994 povezan s Kraškim vodovodom in s tem zagotovljenih 130 l/s dodatnih vodnih količin ter dosežena boljša zanesljivost oskrbe slovenske Istre s pitno vodo. V letu 1997 je bila v Cepkih zgrajena nova čistilna naprava za pripravo pitne vode, kapacitete okoli 600 l/s s sistemom ultrafiltracije.

Problem vodnega vira Rižana je v tem, da leži na območju velikega tveganja za onesnaženje vodnega vira. Ta problem je bil nedavno izpostavljen ob iztirjanju vlaka pri Hrastovljah leta 2019 iz katerega je izteklo okoli 10 m^3 kerozina na vplivnem območju Rižane. Načrtovanje nadomestnega vodnega vira poteka že več kot 40 let in v tem času je bilo obravnavanih vrsto možnih variant vodnih virov, ki bi lahko nadomestili vodni vir Rižana. V osemdesetih letih prejšnjega stoletja je bila kot najboljša možnost predlagana gradnja reginalnega vodovoda z glavnim vodnim virom Malni in akumulacijo na potoku Padež, ki bi tudi povezoval vse vodooskrbne sisteme v jugozahodni Sloveniji. Projekt zaradi upada porabe vode v regiji takrat ni bil realiziran, je pa bil ponovno oživljen v letu 2002 v obsegu načrtovane akumulacije na potoku Padež in z možnostjo koriščenja kohezijskih sredstev pri realizaciji projekta. Zaradi različnih političnih odločitev je bil projekt v letu 2007 ustavljen, v fazi razgrnitve Državnega lokacijskega načrta in kasneje, v letu 2020, ponovno oživljen s tehnično rešitvijo, ki je temeljila na primerjalni študiji iz leta 2002. Projekt je bil realiziran do faze izdelane študije variant in ponovno ustavljen oktobra 2022, predvsem zaradi razlogov vezanih na naravovarstvene in gradbeno tehnične problematike.

Ustavitev projekta je sovpadla z izjemno neugodnimi hidrološkimi razmerami, ki so bile izjemne, tudi v primerjavi z dolgoletnimi časovnimi nizi in postavlja leto 2022 kot najbolj sušno leto v celotni zgodovini hidroloških opazovanj Rižane. Sušno obdobje se je začelo že v jeseni 2021 in se nadaljevalo skozi vse leto do konca poletja. Poleti so bili sprejeti tudi varčevalni ukrepi, do redukcij sicer ni prišlo, je pa v poletnem času bilo iz reke Unice v Vodarno Rižana interventno pripeljanih okoli 54.000 m^3 vode. Glede na to, da smo se v zadnjih 5 letih srečali z dvema ekstremnima situacijama (onesnaženje vodne ga vira in izjemna suša) in gre zahvala zgolj naključju, da ni bila oskrbo s pitno vodo prekinjena v celotni regiji, ker resne alternative dejansko ni bilo na voljo, zveni odločitev politike o ustavitvi projekta vodooskrbe toliko manj razumljiva in ko bi pričakovali bolj proaktivno vlogo odgovornih, se kot rešitev ponovno ponuja preučevanje alternativ.

Kot alternativo smo pred časom razmišljali tudi o desalinizaciji, kot dopolnilnim vodnim virom, ki ga lahko aktiviramo v kratkem časovnem roku in lahko predstavlja

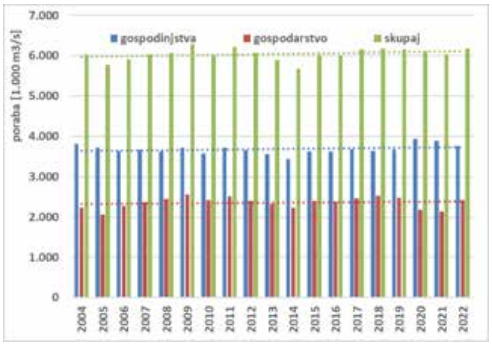
možnost pri pokrivanju primanjkljaja ostalih konvencionalnih virov. Pobuda je naletela na izjemno nasprotovanje pri deležnikih v prostoru, zadeve so eskalirale do take mere, da je bila v Prostorski pomorski plan vnesena izrecna prepoved izkoriščanja morja za desalinizacijo, kar je verjetno unikum v svetu.

O posledicah podnebnih sprememb za vodne vire in vodooskrbo v Sloveniji smo opozorili že pred več kot 10 leti na Mišičevem srečanju 2008 (Krajnc, 2008) in v zvezi s to problematiko izpostavimo posebej še bistvene ugotovitve (Kajfež Bogataj, 2007):

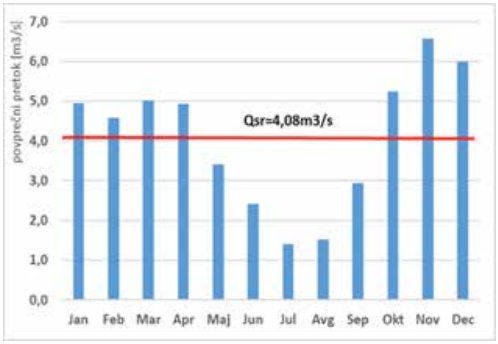
- Upadanje količine padavin poleti bo imelo za posledice več suš z negativnimi učinki na dostopnost vodnih virov. Pričakujemo lahko daljša sušna obdobja ter krajša in krajevno razporejena obdobja intenzivnih padavin. Posledično se bodo spremenili časovni in geografski poplavni vzorci, upadli bodo srednji nizki pretoki vodotokov, prav tako pa lahko pričakujemo tudi težave s preskrbo z vodo zaradi padca nivoja podtalnice oziroma črpanja zalog podtalne vode pod obstoječi spodnji nivo.
- Poleg obalnega in kraškega območja so zaradi podnebnih sprememb v Sloveniji najranljivejša območja, ki so v obstoječem stanju podnebja problematična s stališča preskrbe s pitno vodo in izpostavljenost suši.
- Zaradi pomanjkanja vode bodo posredno prizadete dejavnosti kmetijstvo, energetika in predelovalna industrija. Posledica prizadetosti gospodarskih panog in preskrbe z vodo pa bo dražje bivanje, predvsem voda, hrana in električna energija

2. Poraba pitne vode v regiji

Upravljalec vodooskrbnega sistema v slovenski Istri, Rižanski vodovod Koper (RVK) oskrbuje s pitno vodo štiri občine: Koper, Izola, Piran in Ankaran – skupno preko 90.000 prebivalcev, ki so priključeni na javno vodovodno omrežje. Dolgoletno povprečje porabe pitne vode v regiji znaša okoli 6 milijonov m^3, ki je več ali manj enakomerna, z odstopanji glede na povprečno porabo v obdobju v rangu ±5% **(slika 1)**. Skozi celotno obdobje je več ali manj ohranjeno razmerje med deležem pri oskrbi s pitno vodo, ki ga predstavljajo gospodinjstva s 60% in gospodarstvo, ki ga predstavljajo veliki uporabniki in turizem, s 40%. Rast prebivalstva je stalna in znaša povprečno 0,63% letni prirast, pri čemer pa se poraba vode na prebivalca, kljub povečanju števila odjemnih mest, zmanjšuje približno za 1% na leto. Trend porabe ostaja enak predvsem na račun povečevanja porabe v gospodarstvu, čeprav je tudi v tem sektorju dolgoročni negativni trend porabe vode. Delež neobračunane vode v obdobju znaša okoli 28% in se dolgoročno zmanjšuje, predvsem na račun izvajanja ustrezne politike kakovosti upravljalca RVK.



Slika 1: Poraba vode v obalnih občinah



Slika 2: Hidrogram povprečnih pretokov za reko Rižano

2.1 Pregled razpoložljivih vodnih virov

Reka Rižana je najpomembnejši vodni vir za oskrbo prebivalstva s pitno vodo v Slovenski Istri. Rižana je tipična kraška reka z izrazitimi nihanji pretokov, ki imajo sezonski značaj. Dolgoletni srednji pretok znaša 4,08 m^3/s (**slika 2**). Izrazit maksimum pretokov dosega v jesenskem, času, bolj enakomerne pretoke v zimskem in spomladanskem času in izrazit nižek v poletnih mesecih, ko doseže minimum pretokov v juliju. Osnovni zajem vode za potrebe vodooskrbe se izvaja na izviru reke Rižane z gravitacijskim odvzemom iz zajetja Zvroček v dovoljeni količini največ do 600 l/s in z upoštevanjem ekološkega pogoja, da se pri pretokih na izviru, nižjem od 176 l/s dodatno vključijo črpališče v Tonažih s kapacitivnostjo 350 l/s, ki zajemajo vodo iz kraško razpoklinskih vodonosnikov reke Rižane. V obdobju nizkih pretokov Rižane je zahteva vzdrževati v reki Rižani ekološko sprejemljiv pretok in po potrebi vračati del načrpane vode nazaj v strugo reke za vzdrževanje ekoloških razmer v vodotoku v višini najmanj 110 l/s.

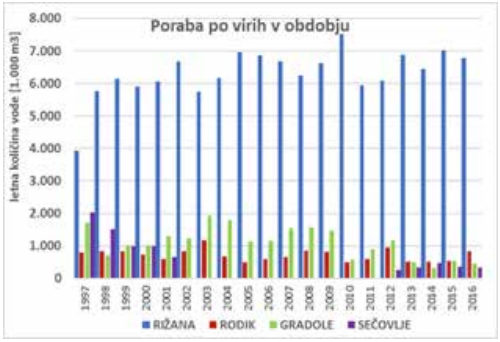
V letnem obdobju primanjkljaja Rižane so za vodooskrbo v Slovenski Istri na voljo še naslednji vodni viri:

- vodni vir Bužini (Sečovlje) s kapaciteto 40 l/s;
- vodni vir Gradole na Hrvaškem (Istarski vodovod) s pravico odjema do 150 l/s;
- vodni vir Klariči (Kraški vodovod) s pravico odjema do 135 l/s.

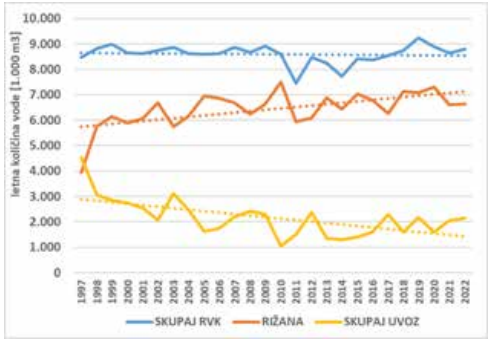
2.2 Sumarni pregled izkoriščenja vodnih virov v obdobju 1997–2022

V **sliki 3** je podan sumarni pregled oddane vode v obdobju 1997 – 2022 s prispevkom posameznih vodnih virov, njihovih deležev in primerjava z uvozom. Povprečna letna poraba v obdobju je znašala 8,59 milijonov m^3 (z upoštevanjem izgub v sistemu), pri čemer je za okoli 75% potreb zadoščal vodni vir Rižana, ostalo pa z drugimi vodnimi viri. Povprečni dnevni pretok v obdobju je znašal 325 l/s, od tega: Rižana 191 l/s, preostanek 134 l/s pa je predstavljal t.i. uvoz. Nihanja pretokov v sezoni so odvisna od hidroloških pogojev v posameznem letu in od nadomeščanja Rižane s

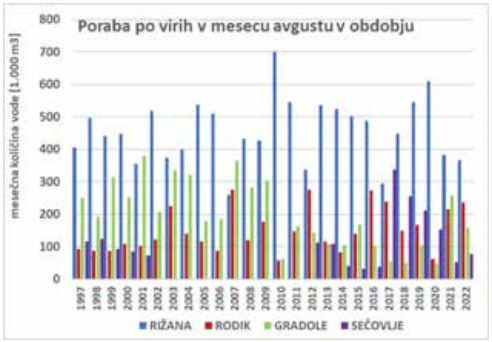
sorazmerno enakomernim zastopanostjo uvoza iz Hrvaške in iz Krasa. Prispevek uvoza iz Gradol je dosegel svoj vrh v letu 2003, od tedaj pa se delež uvoza iz Hrvaške zmanjšuje, če posebej po letu 2012 z reaktivacijo vira Sečovlje. Podobno, vendar manj izrazita je tudi tendenca upada uvoza s Krasa. Če primerjamo delež Rižane in uvoza, vidimo, da je trend izkoriščanja vodnega vira Rižana v porastu, medtem ko pa je trend uvoza v upadanju (**slika 4**). V juliju in avgustu je zabeležen višek porabe vode, hkrati pa tudi največji letni nižek glavnega vodnega vira Rižana. Povprečni prispevek Rižane v juliju znaša dobrih 60% v juliju, v avgustu pa se izdatnost Rižane še zniža in dosega povprečno okoli 54% vseh potreb po pitni vodi (**slika 5**). Tudi v najbolj kritičnem mesecu glede izdatnosti vodnega vira se trend izkoriščanja vodnega vira Rižana na račun uvoza vode povečuje (**slika 6**).



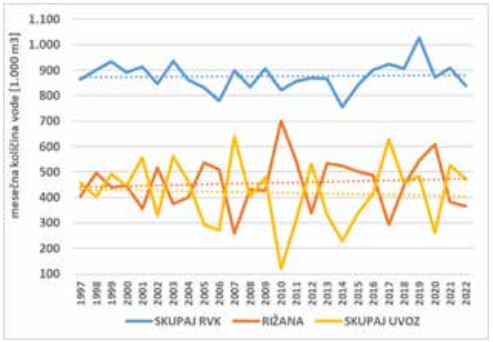
Slika 3: Primerjava porabe vode v obdobju



Slika 4: Primerjava deležev oskrbe z vodo



Slika 5: Primerjava porabe vode v avgustu v obdobju po virih



Slika 6: Primerjava deležev oskrbe z vodo v avgustu

3. Analiza izdatnosti vodnega vira Rižana

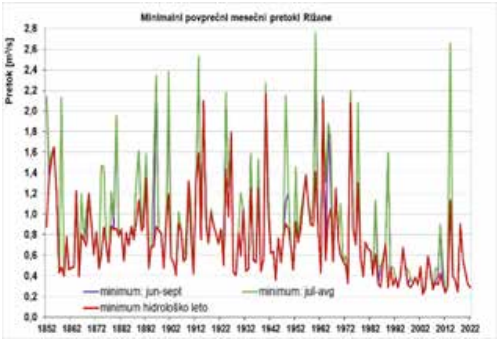
3.1 Analiza razpoložljivosti pretokov

Pri analizi izdatnosti vodnega vira Rižana smo naredili simulacije, kolikšen delež načrtovane porabe bi lahko dejansko pokrili na osnovi historičnih podatkov. Za

Rižano so na voljo podatki o povprečnih dnevnih pretokih na VP Kubed od leta 1955, za starejše obdobje, ko ne razpolagamo z dejanskimi meritvami, pa je bila narejena rekonstrukcija pretokov na osnovi hidroloških meritev na klimatološki postaji v Trstu, za katero se izvajajo meritve neprekinjeno od leta 1851 (UL FGG, 2008). V analizi so nas zanimala letna obdobja, ko je zaradi izdatnosti vodnega vira Rižana najbolj deficitarna: (1) obdobje julij – avgust; (2) obdobje sezonske rabe junij – september; (3) hidrološko leto. Hidrološko leto štejemo od oktobra predhodnega leta, ki se zaključi s koncem septembra v tekočem letu. Če analiziramo podatkovni niz srednjih mesečnih pretokov za hidrološka leta za reko Rižano v več kot poldrugem stoletnem nizu lahko ugotovimo, da je Rižana sorazmerno vodnata reka: srednji letni pretoki v obdobju se nahajajo v območju med 2m³/s in 7m³/s (**slika 7**). Če pa analiziramo minimalne mesečne pretoke v obdobju pa vidimo, da so ti pretoki v večini obdobja pod 1m³/s in dosežejo svoj minimum pri 0,22m³/s. V zadnjih 50 letih je opaziti izrazit trend upada pretokov tako v sezoni, kot tudi v hidroloških letih. Frekventnost pojava pretokov pod 0,5m³/s, ki predstavlja mejno vrednost tako glede zmožnosti oskrbe, kot zagotavljanju ekoloških razmer, se je do osemdesetih let prejšnjega stoletja dogajala le izjemoma, medtem ko je v zadnjem obdobju njihova pojavnost bolj pravilo kot ne (**slika 8**).



Slika 7: Krivulja trajanja za Rižano v obdobju od 1851 do 2022

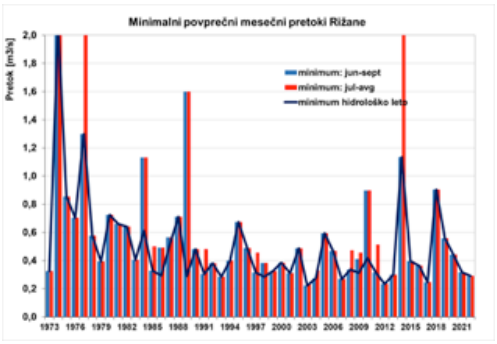


Slika 8: Minimalni povprečni mesečni pretoki Rižane v obdobju od 1851 do 2022

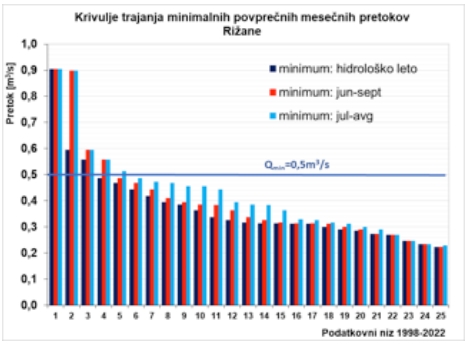
Če podrobneje analiziramo zadnjih 25 let lahko ugotovimo, da so v tem obdobju trije izraziti minimumi (koledarsko leto 2003 in hidrološki leti 2012 in 2022 – **slika 9**). V letih 2003 in 2012 je bil zabeležen absolutni minimum več kot 170 letnega obdobja v poletnem času (0,22 m³/s), medtem, ko je v letu 2022 zabeležen najnižji letni srednji pretok Rižane v vsej zgodovini, tako za koledarsko leto (1,99 m³/s), kot za hidrološko leto (1,43 m³/s). V zadnjem, petindvajsetletnem obdobju je primanjkljaj pretokov Rižane praktično dejstvo – v obdobju je bilo registriranih 22 let (hidrološko leto) oziroma 20 let (poletno obdobje), ko pretoki niso dosegali referenčnih vrednosti (**slika 10**).

3.2 Analiza primanjkljaja izdatnosti Rižane glede na napovedi porabe

Analiza razpoložljivost pretokov je pokazala, da se izdatnost Rižane tekom dolgoletnega obdobja opazovanj manjša, predvsem s povečano frekvenco pojavljanja minimalnih pretokov pod tisto vrednost, ki še zadošča potrebam za nemoteno vodooskrbo v regiji. Če je v dolgoletnem opazovanem obdobju bilo 25% let s primanjkljajem, se je v zadnjih ptdesetih letih število let s primanjkljajem povišalo na 60% in v zadnjem obdobju petindvajsetih let doseglo 90%, kaj praktično pomeni, da Rižana ne more v celoti pokrivati potreb po vodi v regiji. Skladno z naraščajočimi potrebami po vodi je po številu dni najbolj deficitaren mesec avgust, po deficitu vode pa september. Povprečen primanjkljaj v sezoni znaša okoli 180 l/s. Z upoštevanjem projekcij povečanja rabe, rasti turizma in tudi z vplivom klimatskih sprememb lahko z gotovostjo pričakujemo vse večjo frekventnost pojava deficita vode v oskrbi iz vodnega vira Rižane.



Slika 9: Minimalni povprečni mesečni pretoki Rižane v obdobju 1973–2022



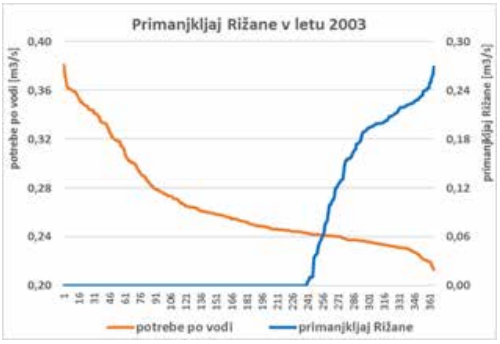
Slika 10: Krivulja trajanja minimalnih mesečnih pretokov Rižane v obdobju 1998–2022

V dosedanjih študijah smo problem primanjkljaja Rižane za oskrbo s pitnovodo v regiji obravnavali na dva načina. Prvo je bila analizirana možnost uvedbe nadomestnega vodnega vira, ki nadomešča Rižano v celoti (akumulacije v kraškem zaledju, vodni vir Malni). Drugo je bila analizirana možnost uvedbe dopolnilnega vodnega vira za obdobje, ko izdatnost Rižane ne zadošča (desalinizacija in uvoz vode iz drugih sistemov). V temu sklopu so bile izvedene projekcije napovedi porabe v prihodnosti z upoštevanjem optimistične rasti prebivalstva in obiska turistov s 0,5% letno stopnjo, zmanjševanje izgub v sistemu z dejansko dinamiko ter z upoštevanjem biološkega minimuma reke Rižane s 0,11 m^3/s. V analizi je bil upoštevan tudi vpliv klimatskih razmer, ki je privzet s faktorjem zmanjšanja dejanskih pretokov v obdobju (–10%). Analizo je bila izvedena za celotno sezono, med junijem in septembrom za tri obdobja niza podatkov. Pri napovedih porabe smo za ciljno leto upoštevali leto 2060.

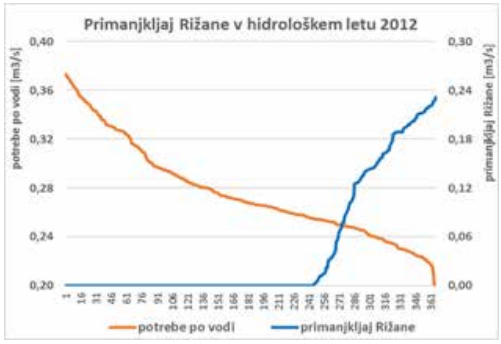
Napovedi porabe in določitev primanjkljaja Rižane smo analizirali na osnovi treh najbolj vodo deficitarnih let v vsej zgodovini hidroloških meritev. Leto 2003 je zaznamovala izjemna suša in nizki pretoki, predvsem v letnem obdobju, leti 2012 in 2022 pa dolgotrajni potek obdobja z nizkimi pretoki že v jesenskem času v predhodnem letu in se nadaljevalo skozi vse leto, pri čemer je bilo leto 2022

evidentirano kot najbolj sušno v vsej zgodovini meritev. Kot referenčno leto lahko opredelimo koledarsko leto 2003, ki je zaznamovano s primanjkljajem potrebnih vodnih količin in hidrološki leti 2012 in 2022, ki sta značilni z dolžino obdobja primanjkljaja pretokov Rižane. V analizi smo upoštevali srednje dnevne pretoke porabe, kot razpoložljivosti Rižane z upoštevanjem vseh okoljskih omejitev. Pri interpretaciji rezultatov je potrebna določena previdnost, ker smo v izračunih upoštevali vse razpoložljive vodne količine, za katere pa ni nujno, da jih je tudi možno izkoristiti. Na to lahko vplivajo terminski pogoji dobave vode iz drugih vodooskrbnih sistemov, možnosti skladiščenja vodnih količin ali drugi tehnični razlogi zaradi katerih zgolj navezava na en vodni vir pri oskrbi ni možna.

V prvem koraku smo določili primanjkljaj Rižane glede na dejanske hidrološke razmere v karakterističnih letih (srednji dnevni pretok Rižane) in dejansko dnevno porabo vode (oddana voda v sistem RVK) v tem obdobju. Pri analizi nas je zanimalo, v kolikšnem deležu oskrbe z vodo lahko prispeva vodni vir Rižana s predpostavko, da izkoristimo vse razpoložljive vodne količine in z upoštevanjem okoljevarstvenih pogojev. Rezultati analize so pokazali, da je bilo po dolžini trajanja primanjkljaja najbolj kritično hidrološko leto 2022 (133 dni) – **slika 11**, sledita koledarsko leto 2003 (125 dni) – **slika 12** in hidrološko leto 2012 (121 dni) – **slika 13**. Pri tem pa je treba poudariti, da je bila situacija v letu 2022 še bolj kritična, ker je upravljalec, zaradi upada izdatnosti na izviru Rižane, pričel s črpanjem iz globokih vrtin že aprila, kar pomeni, da je z dodatnim črpanjem zagotavljal ekološke pogoje v strugi Rižane, ki bi v nasprotnem, zaradi pomanjkanja vode, popolnoma presahnila. Z upoštevanjem teh izjemnih razmer je obdobje primanjkljaja Rižane v hidrološkem letu 2022 znašalo skupaj 197 dni. Maksimalni primanjkljaj vodnih količin je bil zabeležen v letu 2003 (269 l/s), sledita 2022 (245 l/s) in leto 2012 (231 l/s). Za naslednjem koraku smo še analizirali stanje s projekcijo potreb v letu 2060 na osnovi izhodiščnih podatkov za referenčna leta, pri čemer pa smo upoštevali scenarij zmerne rasti prebivalstva in turizma z 0,5% letnim prirastom in upoštevanju zmanjšanja razpoložljivih pretokov Rižane za 10% zaradi vpliva klimatskih sprememb ter ugotovili, da znaša primanjkljaj po scenarijih za hidrološko leto 2003 153 dni do maksimalno 337 l/s, v hidrološkem letu 2012 190 dni do maksimalno 298 l/s in v hidrološkem letu 2022 212 dni do maksimalno 291 l/s (**slika 14**).



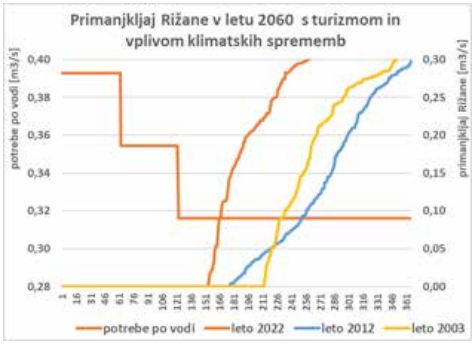
Slika 11: Prikaz potreb po vodi in primanjkljaja pretokov Rižane v letu 2003



Slika 12: Prikaz potreb po vodi in primanjkljaja pretokov Rižane v hidrološkem letu 2012



Slika 13: Prikaz potreb po vodi in primanjkljaja pretokov Rižane v hidrološkem letu 2022



Slika 14: Prikaz potreb po vodi na osnovi modela napovedi za leto 2060

Iz vseh analiz je razvidno, da ne glede na ogroženost vodnega vira Rižana le-ta v prihodnosti ne bo mogla zagotavljati zadostnih količin vode in je nujno zagotoviti strateški vodni vir za zagotavljanje dolgoročne varne oskrbe območja Slovenske Istre s pitno vodo. Zato je treba nujno nadaljevati z aktivnostmi za izgradnjo strateškega vodnega vira, ki bi dolgoročno rešila oskrbo v regiji. Ne glede na izbrano varianto bi bilo mogoče zaradi kompleksnosti umeščanja objektov v prostor zagotoviti strateški vodni vir najprej do leta 2030, realno pa najverjetneje šele do leta 2035. Do realizacije strateškega vira pa ostaja situacija glede oskrbe s pitno vodo kratkoročno nespremenjena glede na zatečeno stanje v letošnjem letu. Kratkoročna rešitev z realizacijo nadomestnega vodnega vira v količini 200l/s, ki bi ga bilo mogoče realizirati v 2 letih sicer obstaja, z desalinizacijo morske vode. Ta možnost je bila že analizirana na nivoju idejne zasnove in pričetka postopka pridobivanja gradbenega dovoljenja, vendar so bile aktivnosti, zaradi izrecnega nasprotovanja lokalne skupnosti, nepreklicno zaustavljene.

4. Zaključne ugotovitve

Oskrba s pitno vodo v Slovenski Istri pretežno temelji na viru Rižana, ki pa kot edini pravi lastni vir vodooskrbnega sistema nima rezerve ob izpadu – največji problem predstavlja potencialno onesnaženje vodnega vira, ki se bo z načrtovanimi infrastrukturnimi posegi v vplivnem območju še potenciral. Na dolgoročnost oskrbe vode iz uvoza ne gre računati, prvič zaradi naraščajočih lastnih potreb na Hrvaškem in drugič zaradi tehničnih omejitev pri distribuciji vode iz Krasa zaradi nerealiziranega projekta rekonstrukcije vodoskrbnega sistema na Krasu.

Analiza primanjkljaja izdatnosti Rižane v sezoni glede na napoved naraščajočih potreb po pitni vodi je pokazala, da je v vsej zgodovini opazovanj na reki Rižani obdobje zadnjih 25 let s stališča zanesljivosti oskrbe še najbolj kritično. Skladno z naraščajočimi potrebami po vodi je po številu dni najbolj deficitaren mesec avgust, po deficitu vode pa september. Povprečen primanjkljaj v obdobju znaša do 180 l/s. Z upoštevanjem projekcij povečanja rabe vode, rasti turizma in tudi z vplivom klimatskih sprememb lahko z gotovostjo pričakujemo vse večjo frekventnost pojava

deficita vode v oskrbi iz vodnega vira Rižana in bo potrebno zagotoviti nadomestni vodni vir.

Napovedi porabe in določitev primanjkljaja Rižane smo analizirali na osnovi treh karakterističnih let, koledarsko leto 2003 in hidrološki leti 2012 in 2022, ki so bili registrirani v vsem obdobju hidroloških opazovanj kot najbolj vodo deficitarni leti: leto 2003 je zaznamovala izjemna suša in nizki pretoki, predvsem v letnem obdobju, leti 2012 in še posebej 2022 pa dolgotrajni potek obdobja z nizkimi pretoki že v jesenskem času v predhodnem letu, ki se je nadaljevalo skozi vse leto. Na osnovi napovedi rasti porabe, ki temelji na rasti prebivalstva, turizma in upoštevanja klimatskih sprememb je bilo ugotovljeno, da se bomo v prihodnosti verjetno vse bolj soočali z obdobji primanjkljaja Rižane, ki se bodo pojavljala tudi izven sezone, kot pa stalni rasti konične porabe.

Glede na situacijo sprejemanja odločitev v zvezi z zagotavljanjem strateškega in nadomestnih virov lahko z veliko gotovostjo ugotovimo, da bo oskrba s pitno vodo v regiji tudi v nadalje (najmanj pet let, realno pa vsaj deset let) odvisna od hidroloških razmer in pripravljenosti sosednjih vodovodnih sistemov, da zagotavljajo manjkajoče vodne količine.

5. Viri

[1] KAJFEŽ-BOGATAJ, Lučka. Vplivi podnebnih sprememb na vodne vire in vodooskrbo v Sloveniji, GLOBE in Svet za varstvo okolja, 2007

[2] KRAJNC, Uroš, KRYŽANOWSKI, Andrej, IGNJATOVIĆ, Maša. Ekološko sprejemljiva pretoka rek Rižane in Reke: ključni element strategije dolgoročne slovenske oskrbe obale in zalednega kraškega območja s pitno vodo. V: Zbornik referatov. Maribor: Vodnogospodarski biro, 2007. Str. 116–123

[3] KRYŽANOWSKI, Andrej, KOMPARE, Boris, ATANASOVA, Nataša, URŠIČ, Matej, ŠKERJANEC, Mateja, BRILLY, Mitja, RUSJAN, Simon, ČOTAR, Anton, STOJIČ, Zoran. Ureditev oskrbe prebivalstva s pitno vodo slovenske Istre in zalednega kraškega območja. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za splošno hidrotehniko: Inštitut za zdravstveno hidrotehniko, 2008. 91 str.

[4] KRAJNC, Uroš. Posledice podnebnih sprememb za vodne vire in vodooskrbo v Sloveniji, Mišičev vodarski dan 2008

[5] BRILLY, Mitja, KOMPARE, Boris, KRYŽANOWSKI, Andrej, RUSJAN, Simon. Ureditev oskrbe prebivalstva s pitno vodo slovenske Istre in zalednega kraškega območja. V: Zbornik referatov. 19. Mišičev vodarski dan 2008, Maribor, 8. december. Maribor: Vodnogospodarski biro, 2008. Str. 184–195

[6] KRAJNC, Uroš, SOMRAK, Dušan, KRYŽANOWSKI, Andrej. Padež project: a case study of strategically planning of water resources for water supply. V: Dams & sustainable water resources development: proceedings : international symposium 78th Annual meeting, Hanoi, 23–26 My, 2010 = 78éme Réunion annuelle, Hanoi, 23–26 mai 2010. Hanoi: ICOLD: = CIGB, 2010. Str. 1–15

[7] KRYŽANOWSKI, Andrej. Ureditev oskrbe prebivalstva s pitno vodo slovenske Istre in zahodnega kraškega območja. V: BRILLY, Mitja (ur.). Zbornik prispevkov. I. kongres o vodah Slovenije 2012, Ljubljana, Slovenija, 22. marec 2012. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2012. Str. 301–315

[8] KRYŽANOWSKI, Andrej, ŽIGON, Ivan. Ureditev oskrbe prebivalstva s pitno vodo slovenske Istre in zalednega kraškega območja. V: Zbornik referatov. 23. Mišičev vodarski dan 2012, Maribor, 05. december. [Maribor: Vodnogospodarski biro, 2012]. Str. 64–72

[9] KRAJNC, Uroš. Oskrba slovenske Istre s pitno vodo – povest o jari kači ali kako je Republika Slovenija povsem odpovedala pri reševanje tega problema, Ekolist : revija o okolju , Št. 8, str. 8–13, dec. 2012.

[10] KRYŽANOWSKI, Andrej. Utemeljitev uvedbe razsoljevanja kot dopolnilni vir za oskrbo s pitno vodo v slovenski Istri, Tehnični elaborat, Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za splošno hidrotehniko Ljubljana, januar 2017

[11] KRAJNC, Uroš, KRYŽANOWSKI, Andrej. Vroče poletje 2019 : znova opozorilo na problem oskrbe z vodo slovenske Obale. V: Zbornik. Maribor: Vodnogospodarski biro, 2019. Str. 106–113

[12] KRYŽANOWSKI, Andrej, RUSJAN, Simon, LEBAR, Klaudija. Opredelitev potrebnih količin vode za določitev ustreznosti vodnega vira Malni za oskrbo s pitno vodo v slovenski Istri. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2020.

[13] KRYŽANOWSKI, Andrej, RUSJAN, Simon, LEBAR, Klaudija, KLUN Mateja. Vodni vir Malni kot strateški vodni vir za oskrbo prebivalstva s pitno vodo v slovenski Istri investicijska dokumentacija DIIP Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za splošno hidrotehniko Ljubljana 2020

[14] KRYŽANOWSKI, Andrej. Problematika oskrbe s pitno vodo v slovenski Istri = Problem of drinking water supply in coastal region of Slovenia. Gradbeni vestnik: glasilo Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije. okt. 2020, letn. 69, str. 265–277

[15] KRAJNC, Uroš, KRYŽANOWSKI, Andrej. Upravljanje z vodnimi viri v jugozahodni Sloveniji, Vodni dnevi 2020, Slovensko društvo za zaščito voda, Rimske toplice, november 2020.

[16] KRAJNC, Uroš. Akumulacija Suhorka kot strateški vodni vir za slovensko Obalo –Argumenti v prid gradnje, Gradbeni vestnik avgust 2021, letnik 70

[17] KRAJNC, Uroš. Ekonomska kriza jesen 2021 – pomlad 2022 nujnost ponovnega ovrednotenja slovenske strategije na področjih energetike in pridelave hrane, Mišičev vodarski dan 2022

ORODJA ZA ZMANJŠEVANJE OBREMENITEV VODNIH VIROV ZARADI NAMAKANJA V KMETIJSTVU

dr. ROZALIJA CVEJIĆ, univ. dipl. inž. agr.

Univerza v Ljubljani

POVZETEK

Orodja za zmanjševanje obremenitev vodnih virov zaradi namakanja v kmetijstvu nam s pomočjo bolj natančnega dodajanja vode in boljšo organizacijo namakanja v prostoru, pomagajo zmanjšati skupne in trenutne potrebe po vodi. Poleg omejevanja rabe vode v kritičnih obdobjih je zato potrebno izboljšati podporo pridelovalcem pri vsakodnevnem vodenju namakanja in vzpostaviti časovno reguliran sistem vodnih odvzemov. V Sloveniji smo nedavno začeli uvajati prakso natančnega vodenja namakanja, katerega namen je zmanjšanje porabe vode in možnosti spiranja hranil v podzemno vodo. Pri tem si pomagamo s sistemom za podporo odločanju o namakanju (SPON), ki na dnevni ravni preračunava potrebe rastlin po vodi. SPON nam za pet dni vnaprej poda priporočeno trajanje in velikost obroka namakanja. Informacije, ki jih upošteva, so: trenutna količina vode v tleh, ki se meri v realnem času z merilci nameščenimi v tleh; potrebe rastlin po vodi, glede na razvojno fazo; vodozadrževalne lastnosti tal; vremenska napoved in tehnologija namakanja. SPON vsakodnevno poda priporočilo za namakanje v mm ter m^3/ha in trajanje namakanja. V prispevku je podrobneje predstavljeno delovanje SPON, obseg preizkušanja SPON-a, in izkušnje uporabnikov pri zmanjšanju porabe vode za namakanje in izboljšanju rabe hranil za zmanjšano možnost spiranja hranil v podzemno vodo. V prihodnje je SPON smiselno uporabljati skupaj z drugimi orodji, ki še niso bili preizkušeni. Kot na primer, zmanjševanje kumulativnega vpliva vodnih odvzemov s pomočjo uvedbe urnika namakanja med sicer nepovezanimi uporabniki vode za namakanje, na kritičnih delih vodnih teles, z namenom učinkovitega zmanjševanja obremenitev vodnih virov zaradi namakanja v kmetijstvu.

Ključne besede:

namakanje, trajnostna raba vode

1. Pregled orodij za zmanjševanje obremenitev vodnih virov zaradi namakanja v kmetijstvu

Orodja za zmanjševanje obremenitev vodnih virov zaradi namakanja v kmetijstvu nam pomagajo zmanjšati porabo vode, energije ter emisije CO_2 v kmetijski pridelavi, zmanjšati trenutne potrebe po vodi s pomočjo boljše organizacije namakanja v

prostoru, omejiti rabo vode v kritičnih obdobjih, ter izboljšati podporo pridelovalcem pri vodenju namakanja in odločanju pri namakanju. V osnovi lahko orodja za zmanjševanje obremenitev vodnih virov zaradi namakanja v kmetijstvu umestimo v tri kategorije: (a) regulatorni in tehnični pristopi, (b) orodja za opolnomočenje pridelovalcev in pomoč pri privzemu inovacij ter (c) integrirani pristopi, ki izboljšajo namakanje v praksi (Preglednica 1).

Med regulatorna in tehnična orodja prištevamo uveljavljanje vodne pravice in prepovedi rabe vode; določitev minimalne prakse za učinkovito rabo vode pri namakanju; sistematično nadomeščanje odprtih dovodnih kanalov z zaprtimi sistemi; obvezno namestitev vodnih ur za kontrolo porabe vode; zmanjševanje kumulativne rabe vode z vpeljavo urnika namakanja; učinkovit upravljavski sistemi za vzdrževanje namakalnih sistemov in vzpodbude za nakup merilcev za upravljanje namakanja (Preglednica 1). Vsako od navedenih orodij ima svoje omejitve, največjo učinkovitost pa, če so uporabljeni v kombinaciji. Instrument vodnega dovoljenja ima omejeno učinkovitost v okoljih, kjer so vodna povračila nizka. Učinkovita raba vode pri namakanju je le redko definirana in je povečini prostovoljna. Včasih je lahko pripisana vodnemu dovoljenju, vendar učinkovita samo, če je vzpostavljena kontrola pri pridelovalcu.

Sistematično nadomeščanje odprtih dovodnih kanalov z zaprtimi nima učinka na območjih, kjer so namakalni sistemi že izvedeni kot zaprti sistemi. Enako je z nadomeščanjem površinskega namakanja s kapljičnim namakanjem ali namakanjem z razpršilci. Namestitev vodnih ur za kontrolo porabe vode ima lahko določen vpliv, še zlasti v kombinaciji z učinkovito višino vodnih povračil. Med upravljavsko bolj kompleksne pristope štejemo zmanjševanje kumulativne rabe vode z vpeljavo urnika namakanja. Ta ima lahko velik učinek na zmanjšanje obremenitev na območjih, kjer poteka veliko število časovno neorganiziranih individualnih odvzemov vode, tudi če na teh odvzemih mestih že poteka namakanje, ki se kontrolira s pomočjo vodnih ur (npr. Vipavska dolina). Vzdrževanje namakalnih sistemov je ključno za njihovo dobro delovanje in za to morajo biti vzpostavljeni dobri upravljavski sistemi. Vzpodbude za nakup merilcev za upravljanje namakanja ima velik potencial za pomoč pri učinkoviti rabi vode, katere cilj je poraba vode v skladu s potrebami rastlin in trenutno vsebnostjo vode v tleh. Potrebna je pravilna namestitev merilcev in učinkovita podpora uporabnikom (Preglednica 1).

Med orodja za opolnomočenje pridelovalcev in pomoč pri privzemu inovacij prištevamo usposabljanje in praktične prikaze z možnostjo preizkusa; preizkušanje novih tehnologij namakanja in vodenja namakanja; vključevanje pridelovalcev v vse ravni inovacije; in vzpostavitev interdisciplinarnih skupin za pomoč pridelovalcem pri uvajanja inovativnih praks (Preglednica 1).

Med integrirana orodja, ki izboljšajo namakanje v praksi, prištevamo vodenje namakanja s pomočjo vmesnikov, ki temeljijo na preračunavanju potreb po vodi v realnem času. Pri tem je pomembno, da ne privzamemo tehnokratskega pristopa, pri katerem je orodje na voljo, a uporabnik nima podpore pri njegovi rabi. Pri integriranih pristopih je nujno, da ima uporabnik na voljo podporo za privzem

orodja v vsakdanjo prakso in da je razumljiv in enostaven protokol za uporabo aplikacije (Preglednica 1).

Navedena orodja so v različnih okoljskih in družbenih danostih različno učinkovita. Kljub številnim talnim ukrepom vezanim na kakovost in obdelavo tal, je kmetijska pridelava, ki se zanaša samo na padavine, zaradi daljših sušnih obdobij in spremenjenih padavinskih vzorcev, postala nestabilna. Daljša obdobja brez dežja imajo v kmetijstvu neugoden družbeno-ekonomski učinek (izpad pridelka, velika nihanja pridelkov, uničenje nasadov) in okoljski vpliv (neizrabljena hranila se lahko sperejo v podzemno vodo). Z uvajanjem namakanja in izboljšanim vodenjem namakanjem tam, kjer to že poteka, lahko nekatere od teh posledic omilimo.

Preglednica 1 Pristopi za zmanjševanje obremenitev vodnih virov zaradi namakanja v kmetijstvu (prirejeno po Cvejić in sod., 2019)

Kategorije pristopov	Ukrepi in orodja	Vpliv in pričakovani izzivi	Izvajanje ukrepa v Sloveniji
regulatorni in tehnični pristopi	določitev prepovedi rabe, določitev obvezne pridobitve vodnega dovoljenja	omejen učinek kjer je nadzor slab, omejen učinek kjer so vodna povračila nizka	da, obvezno izvajanje
	določitev minimalne prakse za učinkovito rabo vode pri namakanju	učinkovita rabo vode pri namakanju je le redko definirana in je povečini prostovoljna. včasih je lahko pripisana vodnemu dovoljenju, vendar je le redko učinkovita, še zlasti če je kontrola pri pridelovalcu neredna	ne, vendar relevanten
	sistematično nadomeščanje odprtih dovodnih kanalov z zaprtimi sistemi,	omejen učinek na območjih kjer so namakalni sistemi že sedaj izvedeni kot zaprti sistemi	ne, ni relevanten
	uvajanje tehnološko bolj učinkovitih načinov namakanja (kapljično, razpršilci)	omejen učinek na območjih kjer so namakalni sistemi že sedaj izvedeni kot visoko tehnološko učinkoviti (kapljično namakanja, namakanje z razpršilci)	da, prostovoljno izvajanje
	vzpodbude in zahteva za namestitev vodnih ur za kontrolo porabe vode	visoka učinkovitost, kjer vodne ure še niso bile vzpostavljanje	da, obvezno izvajanje
	zmanjševanje kumulativne rabe vode z vpeljavo urnika namakanja	visoka učinkovitost v porečjih ali na odsekih, kjer povpraševanje po vodi presega razpoložljivost vodnih virov	ne, vendar relevanten
	upravljavski sistemi za vzdrževanje namakalnih sistemov	učinkovit upravljavski sistemi zagotavljajo dobro vzdrževanje namakalnih sistemov, ki zagotavlja pravilno delovanje	da, obvezno izvajanje
	vzpodbude za nakup merilcev za upravljanje namakanja	spremljanje gibanja vode v tleh omogoča optimizacijo namakanja in zmanjšanje porabe vode	da, prostovoljno izvajanje

Kategorije pristopov	Ukrepi in orodja	Vpliv in pričakovani izzivi	Izvajanje ukrepa v Sloveniji
pristopi za opolnomočenje pridelovalcev in pomoč pri privzemu inovacij	usposabljanje in praktični prikazi z možnostjo preizkusa v načrtovanju namakanja	profesionalna podpora za pridelovalce, ki vključuje tehnično podporo kot svetovanje o namakanju	ne, vendar relevanten
	preizkušanje novih tehnologij namakanja in vodenja namakanja	vključevanje pridelovalcev v testiranje nove opreme in pristopov	omejeno, prostovoljno
	vzpostavitev interdisciplinarnih skupin za pomoč pridelovalcem pri uvajanja inovativnih praks	vzpostavitev podporne službe za pomoč pridelovalcem pri uvajanju inovativnih praks v pridelavo, ki temelji na izmenjavi znanja	ne, vendar relevanten
integrirani pristopi, ki izboljšajo namakanje v praksi	orodja za podporo odločanju o namakanju	učinkovito, če se namakanje vodi s pomočjo orodij	da, prostovoljno izvajanje
	fasilitacija uvedbe v prakso	visok učinek, saj je privzem v prakso tehnično relativno zahteven in zahteva spremembo prakse pridelovalca	ne, vendar relevanten
	jasno opredeljene tehnične zahteve za priklop in uporabo orodij za odločanje o namakanju	visok učinek, saj omogoči pridelovalcem uspešen pristop k rabi	ne, vendar relevantno
	obvezna uporaba orodij za podporo odločanju o namakanja na kritičnih porečjih	visok učinek, če je orodje na voljo	ne, prostovoljno

Fokus politike razvoja namakanja in s tem tudi pristopi za zmanjševanje obremenitev vodnih virov zaradi namakanja v kmetijstvu se vseskozi prilagajajo glede na potrebe. Zaradi majhnih površin, ki jih namakamo v Sloveniji, je v ospredju umeščanje novih namakalnih sistemov v prostor. Z izgradnjo namakalnih sistemov je skozi čas postalo pomembno organiziranje upravljanja namakalnih sistemov. Nato je prišel v ospredje prenos lastništva namakalnih sistemov iz države na občine, podjetja, združenja pridelovalcev in uporabnike. Prenos lastništva namakalnih sistemov v Sloveniji še vedno poteka, a je že pri koncu. Po letu 2007 se je začela še modernizacija namakalnih sistemov. Ta vključuje npr. posodobitve črpališč in prehod z razpršilcev na kapljično namakanje. V zadnjem času se nekaj več pozornosti namenja usposabljanju pridelovalcev za vodenje namakanja, vendar je usposabljanje še vedno zelo redko in nesistematično.

Problematično je, da namakanje v Sloveniji večinoma poteka brez uporabe informacij o ključnih dejavnikih za pravilno namakanje. Pridelovalci praviloma namakajo preveč (presegajo kapaciteto tal za vodo), pustijo delovati opremo predolgo, hkrati pa je namakanje preredko in pogosto začno namakati prepozno, ko rastlina že trpi sušo (gredo pod kritično točko). Turnus namakanja tako ni ustrezen in v praksi imamo še veliko prostora za izboljšanje.

Utemeljeno je, da v tleh vzdržujemo vodo med poljsko kapaciteto in kritično točko, in da dopuščamo, da zaloge vode v tleh obogati dež. Tako namakanje je strokovno pravilno. Pri tem nam pomagajo orodja. Če so bili kmetje pri tem v preteklosti prepuščeni sami sebi, je nedavno razvojno sodelovanje med izobraževalnimi ustanovami, pridelovalci, kmetijsko svetovalno službo, ministrstvi, razvojnimi agencijami in Agencijo RS za okolje (ARSO), zagotovilo, da imamo na državni ravni od leta 2021 na voljo SPON. Ta pridelovalcem, ki so pristopili k njegovi uporabi, vsakodnevno preračunava potrebe po vodi na podlagi dejanske meritve vode v tleh.

2. Državni sistem za podporo odločanju o namakanju

SPON (www.spon.si) temelji na vodnobilančnem modelu IRRFIB, ki je pred tem na ARSO že deloval nekaj desetletij. Pomanjkljivost IRRFIB-a je bila, da ni upošteval trenutne količine vode v tleh, zato je bila njegova uporabnost omejena. S SPON so bile razvite nove funkcije.

Nadgradnja in nekajletno testiranje SPON je potekalo v obdobju 2016-2020 na izbranih kmetijah v Vipavski dolini v okviru projekta LIFE ViVaCCAdapt (https://life-vivaccadapt.si/sl/). Izkušnje so pokazale, da je z izboljšanim vodenjem namakanja možno doseči znatno zmanjšanje porabe vode, energije in izpustov CO_2, ki nastajajo zaradi namakanja (Cvejić in sod., 2020).

Vzporedno je bila uporabnost SPON preverjena še na drugih lokacijah in kulturah po Sloveniji, v obdobju 2019-2021 v okviru projekta ProPridelava (Koroša in sod., 2021). Na podlagi dobrih izkušenj je bil SPON prenesen na državno raven. Od leta 2021 SPON deluje na ARSO in k njegovi uporabi lahko pristopijo vsi pridelovalci na območju Slovenije, brezplačno.

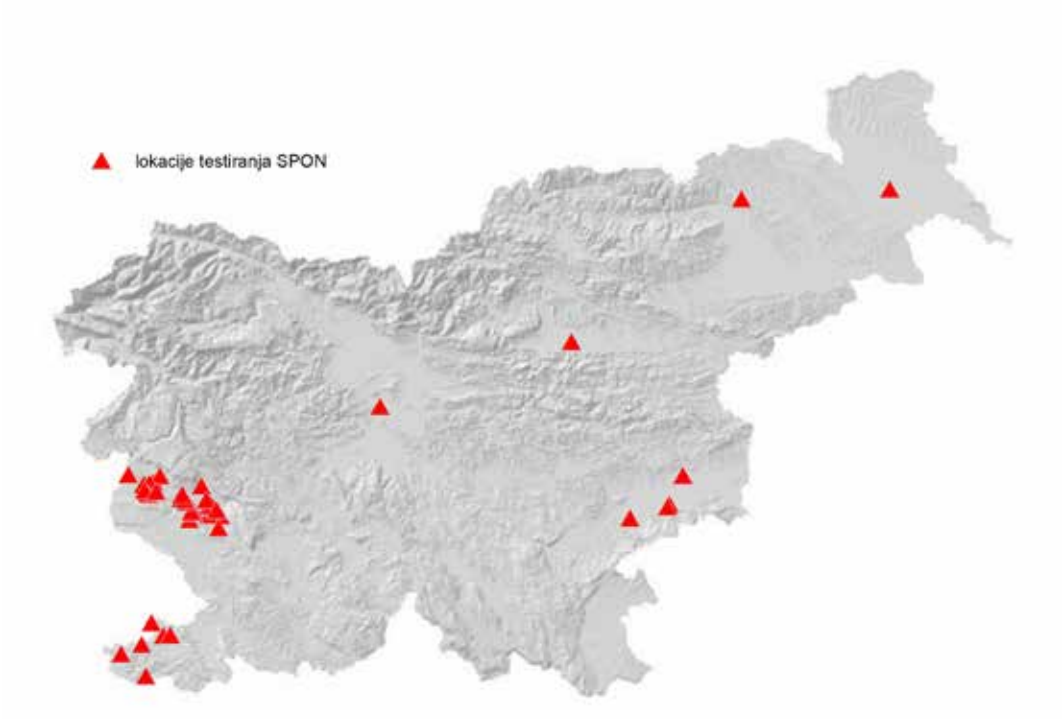
Vloga SPON je, da na dnevni ravni preračunava potrebe po vodi za lokacijo natančno. Za pet dni vnaprej poda priporočeno trajanje in velikost obroka namakanja. Informacije, ki jih upošteva so: trenutna količina vode v tleh, ki se meri v realnem času z merilniki nameščenimi v tleh; potrebe rastlin po vodi, glede na razvojno fazo; vodozadrževalne lastnosti tal; vremenska napoved in tehnologija namakanja. Pri tem upošteva ali pridelava poteka na odprtem ali v zaprtem prostoru in ali se pri pridelavi uporablja zastirka in strategijo namakanja. Priporočilo, ki ga SPON poda, je namakalni nasvet oz. priporočen obrok namakanja v mm in m^3/ha ter trajanje namakanja (ure in minute) (Honzak in sod., 2019).

V letu 2023 je bilo v okviru projekta EIP Vode zaključeno testiranje SPON, pri katerem so prvič preverili njegovo uporabnost za namen zmanjšanja spiranja hranil v podzemno vodo v vrtnarski pridelavi. Z uporabo SPON je bilo možno izboljšati razpoložljivost hranil v tleh in zmanjšati spiranje hranil skozi talni profil v podzemno vodo (Žvokelj in sod., 2023).

V obdobju 2016-2023 je SPON bil preizkušen na mreži 51 lokacij po Sloveniji (Slika 1). Upoštevaje podnebne tipe (Kozjek in sod., 2017), je večina preizkusov potekala v omiljeno sredozemskem podnebju, v Vipavski dolini in v Primorju. Drugi del

preizkušanja SPON je potekal v omiljeno celinskem podnebju, v osrednji Sloveniji, Savinjski dolini, na Dolenjskem, v Posavju, Prekmurju in na Štajerskem.

Cilj je, da z vpeljavo SPON pridelovalci na prostem postopoma in brez večjih tveganj za kmetijsko pridelavo prilagodijo strategijo namakanja na način, da ne namakajo več do poljske kapacitete, ampak napolnijo le del vodnega rezervoarja v tleh (npr. do 80 % poljske kapacitete) in preostanek varno pustijo prost za dež.



Slika 1 – Mreža merilnih mest državnega sistema za podporo odločanju o namakanju (SPON) v preizkusnem in začetnem obdobju delovanja 2016–2023.

SPON je bil neposredno preizkušen na različnih kulturah, na skupno približno 70 ha površin (Slika 1), večino v kapljičnem namakanju poljščin in sadnih vrst (Preglednica 2). V splošnem s SPON pridelovalci dodajo več namakalnih obrokov, a so ti obroki krajši, kot so sicer vajeni. Vsem je skupno tudi, da SPON privzamejo postopoma. Sprva pridelovalci opazujejo meritve vode v tleh, po določenem času pa začno spremljati tudi napoved namakanja in jo vključujejo v odločanje o namakanju. Namen uporabe SPON ni, da bi orodju slepo verjeli, ampak da nam je v pomoč pri vsakodnevnem odločanju in da nadomesti namakanje »po občutku«.

Preglednica 2 Kmetijske kulture in tehnologije namakanja, ki so bile vključene v testiranje sistema za podporo odločanju o namakanju.

Skupina kulturnih rastlin	kulturna rastlina	kapljično namakanje (ha)	mikrorazpr-šilci (ha)	stabilni razpršilci (ha)	prestavljivi razpršilci (ha)	Površina (ha)
trajni nasadi	marelica, breskev, figa, kaki, kivi, jablana, glog, češnja	26,8	3,8	3,3	-	33,9
vinogradi	namizno grozdje, matičnjak, trsnica	1,6	-	1,3	-	2,9
vrtnine in jagode	česen, jagode, krompir, paradižnik, zelje, solata	4,5	-	-	2,3	6,8
poljščine	koruza, hmelj	27,0	-	-	-	27,0
Površina glede na tehnologijo namakanja (ha)		59,8	3,8	4,6	2,3	70,5

3. Podpora za nakup merilne opreme in postopek priklopa v SPON

Pridelovalec naroči analizo vodozadrževalnih lastnosti tal v za to namenjenem laboratoriju. Nato kontaktira ponudnika merilne opreme in se z njim dogovori za namestitev opreme za merjenje vode v tleh. Nakup merilne opreme je javno podprt v sklopu intervencij Strateškega načrta skupne kmetijske politike, intervencije IRP40 (https://skp.si/skupna-kmetijska-politika-2023-2027/intervencije-skp). Ponudnik merilne opreme pridelovalcu posreduje v izpolnitev obrazec o osnovnih lastnostih namakalne opreme. Nato ponudnik opreme podatke o namakalni opremi in meritvah vode v tleh posreduje na ARSO. Pridelovalec nato s pomočjo spletnega vmesnika (www.spon.si) dostopa do (a) napovedi namakanja, (b) vsebnosti vode v tleh v odnosu do poljske kapacitete, kritične točke in točke venenja, ter (c) obrazca za spremembo fenofaze rastline. Za pravilen izračun potreb po vodi uporabnik opazuje razvoj rastline na polju in v spletni vmesnik SPON pravočasno vpiše nastop fenofaze rastline. Pri uporabi SPON se pridelovalec lahko obrne na kmetijsko svetovalno službo oz. lokalnega kmetijskega svetovalca, ki svetuje o pridelavi in namakanju ob uporabi SPON.

4. Zaključki

Čeprav SPON preizkušeno zmanjšuje obremenitev vodnih virov zaradi namakanja v kmetijstvu, je za njegovo širšo uporabo potrebno delati na promociji in neposrednem delu s pridelovalci. Dodatno je potrebno orodje SPON uporabljati skupaj v kombinaciji z ostalimi orodji, ki še niso bila preizkušena. Med te štejemo zmanjševanje kumulativnega vpliva vodnih odvzemov na prekomerno

obremenjenih delih vodnih teles s pomočjo uvedbe urnika namakanja pri nepovezanih uporabnikih vode.

5. Viri

[1] CVEJIĆ, R., PINTAR, M., ZUPANC, V., 2021. Advancing irrigation development in the European Union, 70 (4), 887-899.

[2] HONZAK, L., CVEJIĆ, R., ŽELEZNIKAR, Š., PINTAR, M., 2019. Pilotni sistem za podporo odločanju v namakanju (SPON). *V:* B. ČEH, ur. *Novi izzivi v agronomiji, 31. januar – 1. februar 2019 Laško*. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo, 168-174

[3] KOROŠA, A., URBANC, J., ZAJC, M., GLAVAN, M., ŽVOKELJ, L., GLAVAN, M., CVEJIĆ, R., HONZAK, Luka, BRENCE, A., PELKO, N., NAGLIČ, B., FERENČAK, B., HRASTNIK, N., ZAGORC, E., MIKOLIČ, Ž., PURGAJ, I., RIBIČ, J., TURK, A., RUMPRET, A. (2021). *Analiza izvedljivosti prenosa projektnih rešitev za povečanje produktivnosti kmetijske pridelave in varstvo okolja: Povečanje produktivnosti kmetijske pridelave z učinkovito in trajnostno rabo vode (PRO-PRIDELAVA)*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta. Dostopno na: https://www.bf.uni-lj.si/mma/2021_12_12_EIP_ProPridelava_Analiza_izvedljivosti_prenosa_dopolnjeno_KON__NO.pdf/2022010312121247/?m=1641208332 [dostop 1. junij 2023]

[4] KOZJEK, K., DOLINAR, M., SKOK, G., 2017. Objektivna opredelitev podnebnih regij Slovenije. *V:* Raziskave s področja geodezije in geofizike 2016. M. KUHAR. *22. srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, 26. januar 2017 Ljubljana.* Slovensko združenje za Ljubljana: geodezijo in geofiziko, 103-114.

[5] ŽVOKELJ, L., GLAVAN, M., NOČ, M., CVEJIĆ, R., PINTAR, M., URBANC, J. 2023. Priročnik Vodi prijazno namakanje kmetijskih površin. 1. izd. Ljubljana, Geološki zavod Slovenije. Dostopno na: http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-63U09TJY [dostop 1. junij 2023]

HIDROELEKTRARNE KOT PREFERENČNI OBNOVLJIV VIR ELEKTRIČNE ENERGIJE Z VIDIKA ELEKTROENERGETSKEGA SISTEMA

SILVESTER JERŠIČ

HESS, d.o.o. Brežice

POVZETEK

Energijo za svoje delovanje potrebujejo posamezniki, gospodinjstva in gospodarske dejavnosti. Med različnimi oblikami energije ima posebno mesto električna energija, ki je nepogrešljiva za delovanje strojev, naprav in sistemov, osvetlitev, komunikacijske in informacijske storitve oziroma je tesno prepletena z vsemi družbenimi in človeškimi dejavnostmi. Tako je »sodobna družba« vitalno odvisna od zanesljive oskrbe z električno energijo in njeno pomanjkanje ali izpad napajanja si je težko predstavljati, zelo verjetno pa bi se popolnoma ali v veliki meri ustavilo delovanje »sodobne družbe«, kar nenazadnje pomeni tudi velikansko škodo. Zato je za obvladovanje tega tveganja za družbo oziroma državo izjemno pomembna pravilna odločitev o smeri razvoja pri oskrbi z električno energijo. Primerjava parcialnih lastnosti posameznih virov električne energije je lahko zavajajoča in neustrezna, zato je primerjave potrebno obravnavati in analizirati čim bolj celovito. Tako se trije obnovljivi viri električne energije, na katerih Slovenija gradi svojo prihodnost, sonce, veter in voda, primerjajo po tehničnem, ekonomskem in okoljskem vidiku.

Ključne besede:

Energija, električna energija, obnovljivi viri energije, obnovljivi viri električne energije, elektroenergetski sistem, sistemske storitve, sončne elektrarne, vetrne elektrane, hidro elektrarne, kvalitativna primerjava

1. Elektroenergetski sistem

Elektroenergetski sistem (EES) povezuje proizvajalce električne energije, ki spreminjajo različne oblike primarne energije, kot so jedrska, kemična, gibalna ali potencialna, v električno energijo, preko prenosnega in distribucijskega omrežja z uporabniki, kar je prikazano na sliki 1.



Slika 1 – Elektroenergetski sistem (vir: ELES)

Zanesljivo obratovanje slovenskega EES ter dobava električne energije končnim porabnikom v Sloveniji temelji na uravnoteženju proizvodnje in porabe električne energije, zagotavljanju nazivne vrednosti frekvence v vrednosti 50 Hz (slika 2), za kar skrbi sistemski operater prenosnega omrežja (družba ELES) z uporabo sistemskih storitev regulacije frekvence in moči, regulacije napetosti in zagona agregata brez zunanjega vira napajanja ter nakupom/prodajo energije za izravnavo odstopanj.



Slika 2: Uravnotežena proizvodnja in poraba električne energije (vir: ELES)

2. Proizvodnja in poraba električne energije

V Sloveniji približno tretjino proizvedene električne energije pridobimo iz fosilnih goriv, četrtino iz jedrske energije (upoštevan polovični delež, ki pripada Sloveniji), tretjino iz vodne energije in desetino iz drugih obnovljivih virov električne energije (OVEE).

TABELA 4: PRIMARNI VIRI ZA PROIZVODNJO ELEKTRIČNE ENERGIJE V SLOVENIJI ZA OBDOBJE 2020–2022

	2020		2021		2022	
PRIMARNI VIR	Proizvodnja (GWh)	Delež proizvodnje (%)	Proizvodnja (GWh)	Delež proizvodnje (%)	Proizvodnja (GWh)	Delež proizvodnje (%)
Fosilno gorivo	4.433,2	33,3 %	3.925,1	31,8 %	3.279,6	32,1 %
Jedrsko gorivo	3.020,4	22,7 %	2.709,3	21,9 %	2.651,1	26,0 %
Obnovljivi viri	5.861,5	44,0 %	5.721,3	46,3 %	4.272,6	41,9 %
• vodna energija	5.261,3		5.049,2		3.356,7	
• sončna energija	352,4		422,7		628,2	
• vetrna energija	6,2		5,5		5,7	
• biomasa	144,9		153,1		122,2	
• bioplin	96,7		90,8		159,8	
SKUPAJ	13.315.1	100.0 %	12.355.7	100.0 %	10203.3	100.0 %

VIRI: AGENCIJA, PROIZVODNA PODJETJA, ELEKTROOPERATERJI

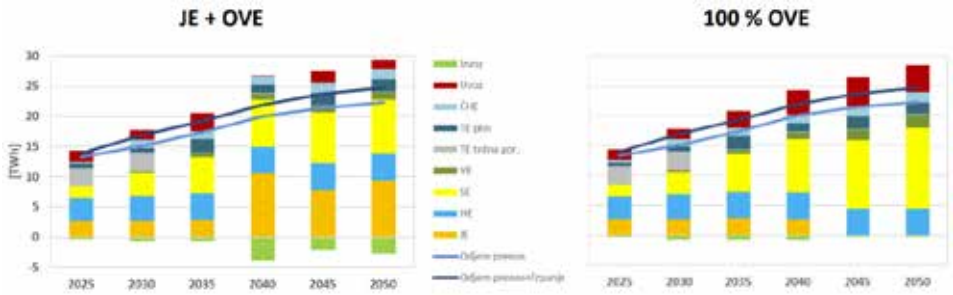
Preglednica 1: Proizvodnja električne energije (vir: Agencija za energijo)

**Pri jedrskem gorivu je upoštevan 50 % delež po sporazumu med Slovenijo in Hrvaško*

Po podatkih Agencije za energijo je skupna poraba električne energije v Sloveniji v letu 2022 znašala 13.638 GWh. To pomeni, da je v Sloveniji proizvedena električna energija pokrila 74,8 % porabe oziroma je bila Slovenija v letu 2022 približno tri četrtinsko samooskrbna.

3. Cilji in viri glede oskrbe z električno energijo in energetske varnosti

Cilji Slovenije glede oskrbe z električno energijo so postavljeni v Celovitem nacionalnem energetsko in podnebnem načrtu (NEPN), ki ga je skladno z Uredbo EU 2018/1999 o upravljanju energetske unije in podnebnih ukrepov dolžna sprejeti vsaka država članica EU. V teku je posodobitev NEPN, kjer je po obeh scenarijih do leta 2050 potrebno zagotoviti 25 TWh električne energije za oskrbo odjemalcev (slika 3). V tej povezavi velja izpostaviti, da je učinkovita raba energije in naravnih virov, torej zmanjšanje porabe energije in drugih naravnih virov, prednostni in ključni ukrep razvojne in energetske politike po NEPN.



Slika 3: Scenarij JE + OVE oskrbe z električno energijo (vir: Portal energetika)

Današnja tehnologija Sloveniji za oskrbo z električno energijo omogoča uporabo razpoložljivih obnovljivih virov električne energije (OVEE), in sicer sončne, vetrne, hidro in geotermalne energije ter bioplina in lesne biomase. Po NEPN bo proizvodnja električne energije temeljila sončni, vetrni in hidro energiji, ki so v nadaljevanju podrobneje obravnavane.

Sončne elektrarne (FE) – Proizvodnja električne energije v sončnih elektrarnah predstavlja po NEPN največji razvojni potencial. V scenarijih razvoja se do leta 2030 poveča proizvodnjo električne iz FE med 2 in 3,8 TWh (moč med 1,8 GW in 3,5 GW) ter do leta 2040 na med 3,2 in 9 TWh (moč med 2,8 in 8 GW, nekoliko manj, 7 TWh, v jedrskem scenariju). Do leta 2030 to zahteva izgradnjo okrog 350 MW kapacitet letno. Obratovalne ure so odvisne od vremena in lokacije, v Sloveniji sončne elektrarne obratujejo v povprečju 1100 obratovalnih ur.

Vetrne elektrarne (VE) – Pri vetrnih elektrarnah je zelo zahtevno in dolgotrajno umeščanje v prostor, zato NEPN v scenarijih razvoja do leta 2040 navaja vrednosti moči med 400 in 500 MW. Glede obratovalnih ur se za Slovenijo uporablja povprečje 2200 obratovalnih ur.

Hidroelektrarne (HE) – V Sloveniji so še vodotoki, na katerih se lahko zgradi HE (tabela 2), je pa pri tem potrebno upoštevati zahteve za varovanje okolja in ohranjanje narave. NEPN v bilancah predvideva povečanje proizvodnje električne energije v HE, in sicer za leto 2030 navaja proizvodnjo v višini 4.572 GWh, za leto 2040 pa proizvodnjo v višini 6.575 GWh.

	Bruto potencial	Tehnično izkoristljiv potencial	Letna proizvodnja	Delež izkoriščenosti tehničnega potenciala
	[GWh/leto]	[GWh/leto]	[GWh/leto]	[%]
Sava	4134	2794	951	34.04%
Drava	4301	2919	2887	98.90%
Soča	2417	1442	491	34.05%
Mura	928	690	5	0.72%
Kolpa	310	209	0	0.00%
Ostali vodotoki	7350	1114	284	25.49%
Slovenija - skupaj	19440	9168	4457	48.61%

Preglednica 2: Potencial HE v Sloveniji po AN OVE 2017 (vir: Portal energetika)

Resolucija o Nacionalnem energetskem programu predvideva povečanje deleža HE pri proizvodnji električne energije zaradi več dejavnikov, predvsem zaradi strateške zanesljivost pri oskrbi z električno energijo ob izrednih ekonomskih ali političnih razmerah ter zaradi diverzifikacije virov, prispevka k izpolnjevanju slovenskih ciljev o zmanjšanju emisij TGP, izboljšav obratovalnih parametrov EES, ugodnega vpliva na ureditev poplavnih in drugih vodnogospodarskih razmer, vključevanja slovenske industrije v investicijske projekte in nenazadnje pozitivnih makroekonomskih učinkov na gospodarsko aktivnost in posledično na javne finance.

Karakteristike \ Vir	FE	VE	HE
Razpoložljivost	Ponoči nič Zima zelo malo Ostalo stohastično	Stohastično	94.5 % do 96 %
Obratovalne ure	~ 1100	~ 2200	8760
Delež proizvodnje v zimskem času	< 14 %	~ 33 %	~ 45 %
Otočno obratovanje	Ne	Ne	Da
Povezava v EES	Kratke na nizkonapetostno omrežje – problem lokalnih preobremenitev Večje na srednje napetostno omrežje, možni dolgi vodi	Možni dolgi vodi na srednje napetostno omrežje	Vzankanje v visokonapetostno omrežje Omogočeni veliki pretoki moči

Preglednica 3: Osnovne karakteristike temeljih obnovljivih virov električne energije (vir: Doseganje ciljev povečanja deleža OVE v RS, UL FE, 2020)

4. Primerjava temeljnih obnovljivih virov električne energije

Glede na karakteristike posameznih OVEE je izvedena kvalitativna primerjava FE, VE in HE po kriterijih, ki so dodeljeni tehničnemu in ekonomskemu vidiku, pri čemer pa HE predstavljajo referenčno stanje, na katerega se primerjata FE in VE.

	HE	FE	VE
Količinsko ekvivalenta proizvodnja električne energije	o	xx	xx
Zagotavljanje ekvivalente maksimalne električne moči	o	xx	xx
Zagotavljanje dinamike električne moči v skladu s potrebami EES	o	xxx	xxx
Vpliv na stabilnost EES z vidika motenj in temu sledečih dinamičnih pojavov	o	x	x
Vpliv obratovalnih lastnosti na prihodnji razvoj slovenskega EES	o	xx	xx
Vpliv na možnost obratovanja v kriznih razmerah, samozadostnost	o	x	x
Življenjska doba	o	x	x
Oznake v tabeli: *o – referenčno stanje, x – slabša rešitev, xx – veliko slabša rešitev/ni realno, xxx – praktično nemogoče*			

Preglednica 4: Kvalitativna primerjava po tehničnem vidiku (vir: Doseganje ciljev povečanja deleža OVE v RS, UL FE, 2020)

	HE	FE	VE
Interna stopnja donosnosti (ISD) z vidika višine in predvidljivosti	o	o/x	xx
EROI – pridobljena energija glede na investicijo	o	xx	x
Vpliv na rast bruto domačega proizvoda	o	xx	xx
Stroški investicije v življenjski dobi EUR/kW/življenjsko dobo	o	x	xx
Doseganje interne stopnje donosnosti (ISD) brez podpor s strani države	o	x	o/x
Tveganja in občutljivost na spremembe v trajanju investicije	o	o/x	x
Subvencije in nepovratna sredstva	o	x	x
Oznake v tabeli: *o – referenčno stanje, x – slabša rešitev, xx – veliko slabša rešitev/ni realno, xxx – praktično nemogoče*			

Preglednica 5: Kvalitativna primerjava po ekonomskem vidiku (vir: Doseganje ciljev povečanja deleža OVE v RS, UL FE, 2020)

Primerjava OVEE po okoljskem vidiku je velikega pomena pri snovanju strategij ter strateškem, planskem in projektnem odločanju, je pa težko izvedljiva, ker so na primer HE zelo vezane na lokacijo, druge, kot na primer FE, pa se teoretično lahko umestijo kjerkoli. Poleg lokacij za umestitev so raznolike tudi posamezne tehnologije, na primer različni tipi vetrnih elektrarn. Na to temo je bilo izvedenih mnogo znanstvenih študij, vendar avtorji poročajo o velikih težavah pri vrednotenju in zato je splošno oceno vplivov oziroma primerjavo OVEE na okolje težko podati. Zato si je treba prizadevati za uporabo tehnologij, ki imajo kar se da majhen vpliv na okolje. Ne glede na izpostavljeno pa se lahko posamezne OVEE objektivno medsebojno primerja po emisijah toplogrednih plinov (TGP) in razmerju med pridobljeno in vloženo energijo (EROI ali EROIE) v celotni življenjski dobi elektrarne, to je od njene proizvodnje, gradnje, vzdrževanja in razgradnje.

Tehnologija	**Direktne emisije v zrak**	**Emisije zaradi infrastrukture in transporta**	**Emisije celotnega življenjskega cikla**
	min/med/max (gCO_2eq/kWh)	(gCO_2eq/kWh)	min/med/max (gCO_2eq/kWh)
Premog	670/760/870	9.6	740/820/910
Plin	350/370/490	1.6	410/490/650
Biomasa - sosežig	ni relevantno	210	620/740/890
Geotermalna	0	45	6/38/79
Vodna energija - HE	**0**	**19**	**1/24/2200**
Jedrska energija	0	18	3.7/12/110
Koncentrirana sončna energija	0	29	8.8/27/63
Fotovoltaika na strehah	0	42	26/41/60
Fotovoltaika - samostojno	0	66	18/48/180
Veter na kopnem	0	15	7.0/11/56
Veter na morju	0	17	8.0/12/35

Preglednica 6: Emisije TGP glede na tehnologijo proizvodnje električne energije (vir: IPCC)

OVEE	Razpon vrednosti EROIE
FE	1,6 (Nemčija) 9 (puščava)
VE	3,9 (E-66)
HE	35 (srednje velika)

Preglednica 7: Razponi vrednosti EROIE po izbranih OVEE (vir: Energy transition)

5. Zaključek

HE v EES veljajo kot najbolj robustni, prilagodljivi in iz obratovalnega stališča (stabilnost, dinamika) neproblematični viri električne energije. Zato je njihova prisotnost v EES odločilnega pomena, da se lahko v ESS relativno preprosto vključi tudi nefleksibilne vire in vire s stohastično, neregulabilno proizvodnjo, kot so FE in

VE. Nadalje je izgradnja HE strateški večnamenski državni projekt, saj se istočasno zagotavlja poplavna varnost ter skrbi za dvig podzemne vode in s tem za ohranjanje njenih zalog, kar je eden od ključnih pogojev povečevanja blaginje in kvakovosti življenja ljudi sedanje in prihodnjih generacij. V Sloveniji imamo od vseh OVE največ izkušenj na področju HE, zato so lahko projekti izvedeni uspešno in učinkovito.

Pomen ohranjanja in nadaljnjega razvoja HE je prepoznan tudi v strateških državnih dokumentih, in sicer v Resoluciji o dolgoročni podnebni strategiji Slovenije 2050 in Resoluciji o Nacionalnem energetskem programu, kjer Slovenija prepoznava pomen hidroenergije za razogljičenje elektroenergetskega sektorja in prednosti HE v primerjavi s tehnologijami za proizvodnjo električne energije iz drugih virov, kar je zlasti izrazito pri zagotavljanju sistemskih storitev. Nadalje bodo projekti izgradnje HE večnamenski. Slovenija bo še naprej ohranjala ter razvijala znanja za načrtovanje in gradnjo hidroenergetskih objektov kot del večnamenskosti rabe prostora. Za proizvodnjo električne energije iz energije vode bodo ohranjene lokacije obstoječih HE, predvidene pa so tudi potencialne nove lokacije.

Tudi ocena NEPN s strani Evropske komisije iz leta 2020 navaja, da so politike in ukrepi glede na potencial Slovenije v zvezi z OVE nezadostni in da bi predvsem vodna energija ostala precej neizkoriščena.

Pri oblikovanju nadaljnjega razvoja razogljičenja in obnovljivih virov energije ter zaščite narave in okolja so prisotne iniciative nevladnih organizacij (NVO). Med večjimi NVO, ki se ukvarjajo z vodami, je Dam Removal Europe, ki ima ambicijo odstraniti zastarele jezove in tako obnoviti reke v Evropi.

Glede na ambiciozne cilje slovenske in evropske energetske politike bo potrebo uporabiti vse razpoložljive naravne vire. Pri tem pa je potrebno upoštevati, da je za razvoj nefleksibilnih virov in virov s stohastično, neregulabilno proizvodnjo (FE, VE) glede na izvrstne tehnično-obratovalne lastnosti HE, pa tudi zaradi pozitivnih družbenih, makroekonomskih in drugih učinkov, ob ohranjanju HE nujno vključiti njihov nadaljnji razvoj v energetske in okoljske politike Republike Slovenije.

6. Viri

[1] Spletna stran ELES (ELES, d.o.o., sistemski operater prenosnega elektroenergetskega omrežja | Eles d.o.o.)

[2] Poročilo o stanju na področju energetike v Sloveniji 2022, Agencija za energijo (a85b584b--ca2b-481f-bb84-a396bc4e2dba (agen-rs.si))

[3] Portal Energetika (Portal Energetika - NEPN - Dokumenti in povezave (energetika-portal.si))

[4] Spletna stran eSvet (eSvet)

[5] Sistemska obratovalna navodila za prenosni sistem električne energije Republike Slovenije (Vsebina Uradnega lista | Uradni list (uradni-list.si))

[6] Ocena učinkov gradnje hidroelektrarn na Savi na javne finance, UMAR, 2015

[7] Doseganje ciljev povečanja deleža OVE v RS, Analiza možnih alternativnih virov OVE v Sloveniji iz vidika trajnostnega razvoja in samooskrbnosti, UL, Fakulteta za elektrotehniko, 2020

[8] Resolucija o Nacionalnem energetskem programu (Resolucija o Nacionalnem energetskem programu (ReNEP) (pisrs.si))

[9] Resolucija o Strategiji prostorskega razvoja Slovenije 2050 (Vsebina Uradnega lista | Uradni list (uradni-list.si))

[10] Spletna stran Dam removal Europe (Home - Dam Removal Europe)

[11] Ocena končnega nacionalnega energetskega in podnebnega načrta Slovenije, Evropska komisija, 2020 (staff_working_document_assessment_necp_slovenia_sl_0.pdf (europa.eu))

[12] Spletna stran IPCC (IPPC - International Plant Protection Convention)

[13] Spletna stran Energy Transition, The Global Energiewende, Renewables K.O.-ed by EROI? (Renewables K.O.-ed by EROI? | Energy Transition

VLOGA ČHE AVČE V ELEKTROENERGETSKEM SISTEMU

BOJAN KASTELAN, Vodja področja obratovanja
TADEJ KOCINA, Energetik CV

Soške elektrarne Nova Gorica d.o.o.

POVZETEK

Črpalna hidroelektrarna (ČHE) Avče je trenutno edina črpalna hidro elektrarna (HE) v Sloveniji, ki je pričela z rednim obratovanjem leta 2010. Energijska vsebina zgornjega akumulacijskega bazena je 2,5 GWh električne energije (EE), kar zadostuje za dobrih 14 ur obratovanja v generatorskem režimu.

Ideja za izgradnjo ČHE Avče se je oblikovala leta 2003, ko je bil slovenski trg z električno energijo še v razvoju. Zaradi nejasnih razmer na trgu je ocena upravičenosti izgradnje črpalne HE temeljila predvsem na razliki urnih cen med dnevom in nočjo ter delovnim dnevom in vikendom (tedenski režim obratovanja). Tako je bilo predvideno, da bo ČHE večino svojega prihodka dosegla na dnevnem trgu, ki je takrat že obstajal. Ostali prihodki pa naj bi izvirali iz povečanega prihodka verige HE na Soči, pokrivanja odstopanj znotraj bilančne skupine ter pomoči pri izpadih proizvodnih enot znotraj skupine HSE.

Že od začetka obratovanja ČHE Avče deluje v drugačnih razmerah, kot so bile predvidene ob odločitvi za izgradnjo. V obdobju od izgradnje do nastopa energetske krize v letu 2022 so cene električne energije na trgu padale, znižale so se tudi razlike med cenami tekom dneva. V zadnjem letu pa na obratovanje vpliva večje število obnovljivih virov, ki so vplivali na to, da ČHE obratujejo v črpalnem režimu tudi v dnevnih urah ob delavnikih (tipično med 11. in 15. uro).

Tehnične možnosti, ki jih nudi elektrarna z »var speed« tehnologijo, omogočajo, da ČHE lahko nudi sistemske storitve v obeh režimih obratovanja ter se na ta način lahko vključuje v nudenje storitev na izravnalnem trgu Eles-a ter kot taka prispeva k večji stabilnosti elektroenergetskega sistema.

Ključne besede:

Fleksibilnost, hranilnik električne energije, črpalna hidroelektrarna, Nacionalni energetski podnebni načrt, obnovljivi viri energije (OVE)

1. Opis ČHE Avče

ČHE Avče je locirana ob reki Soči, približno 24 km severno od Nove Gorice. Proizvodna enota je sestavljena iz vertikalne reverzibilne Francisove črpalke/turbine in dvojno napajanega motorja/generatorja z vzbujanjem na izmenični tok (DFMG) ter ustrezne elektro-mehanske in pomožne opreme instalirane v strojnici.

Zgornja akumulacija je locirana severno od Kanalskega Vrha, v naravno oblikovani kotanji, prostornine okrog 2.200.000 m^3. Akumulacija nima dotoka, prav tako ne iztoka. Spodnji bazen ČHE Avče je že obstoječ akumulacijski bazen Ajba, ki akumulira vodo za potrebe HE Plave, razpoložljiv volumen znaša 420.000 m^3.

1.1 Tehnični podatki ČHE Avče

- Maksimalni bruto padec: Hb = 521,00 m
- Koristni volumen vode zgornjega bazena: Vk = 2.200.000 m^3
- Koristni volumen vode spodnjega bazena: Vk = 420.000 m^3
- Instalirani pretok (turbinski režim): Qi = 40 m^3/s
- Instalirani pretok (črpalni režim): Qč = 34 m^3/s
- Instalirana moč turbine: Pi = 185 MW
- Instalirana moč črpanja: Pč = 180 MW
- Planirana letna proizvodnja električne energije: El = 426 GWh
- Planirana letna poraba energije za črpanje: Eč = 553 GWh
- N (Elč/Elp) – izkoristek elektrarne: 0,77

Črpalna hidroelektrarna Avče je priključena na 110 kV omrežje severnoprimorske zanke preko mrežnega transformatorja moči 200 MVA.

1.2 Možni načini obratovanja

- Agregat omogoča obratovanje v naslednjih režimih:
- generatorski;
- kompenzator v generatorskem režimu;
- črpalni (motorski);
- kompenzator v motorskem režimu.

Agregat lahko direktno prehaja med režimi, razen med obema kompenzacijskima režimoma. Najdaljši je prehod iz črpanja v generiranje in je krajši od 8 minut, sprememba moči pa je lahko do 365 MW.

2. Planiran način obratovanja

Ideja o izgradnji črpalne HE je nastala ob začetku novega tisočletja, ko se je tudi v Sloveniji začel oblikovati trg električne energije. Gospodarska situacija je bila ugodna in predvidevali so rast porabe električne energije predvsem v dnevnem času in posledično tudi rast cen električne energije. Sestava proizvodnih enot električne energije v Sloveniji pa je imela omejene možnosti prilagajanja proizvodnje električne energije njeni porabi.

V tem času v Sloveniji še ni bil razvit trg sistemskih storitev. Zaradi nejasnih razmer na trgu je ocena upravičenosti izgradnje črpalne HE temeljila predvsem na razliki urnih cen med dnevom in nočjo ter delavnim dnevom in vikendom (tedenski režim). Tako je bilo predvideno, da bo ČHE kar 93 % svojega prihodka dosegla na dnevnem trgu, ki je takrat že obstajal. Ostalih 7 % prihodkov pa naj bi izviralo iz povečanega prihodka verige HE na Soči, pokrivanju odstopanj znotraj bilančne skupine ter pomoči pri izpadih proizvodnih enot znotraj skupine HSE.

ČHE Avče naj bi obratovale v tedenskem režimu. V nočnem času naj bi črpale električno energijo, podnevi v času visokih cen pa proizvajale električno energijo. Predvideno je bilo, da bi obratovale 335 dni na leto, in sicer cca. 3100 ur v črpalnem režimu in 3200 ur v generatorskem režimu. Planirana letna poraba električne energije je bila 553 GWh, proizvodnja pa 426 GWh. Velikost zgornjega bazena naj bi ji omogočilo tudi izkoriščanje nižjih cen električne energije med vikendom. Obratovanje ČHE Avče naj bi bilo planirano dan v naprej, kar bi pripomoglo tudi k boljši ekonomski izrabi celotne verige HE na Soči.

Predvideli so tudi pokrivanje odstopanj znotraj bilančne skupine HSE in pomoč v primeru izpadov večjih enot, primarno za potrebe HSE. Ti dogodki naj bi bili sorazmerno redki in naj bi zato imeli minimalni vpliv na način obratovanja ČHE Avče.

3. Spremenjeni pogoji obratovanja

Že od začetka obratovanja ČHE Avče deluje v drugačnih razmerah, kot so bile predvidene ob odločitvi za izgradnjo. V obdobju od izgradnje do nastopa energetske krize v letu 2022 so cene električne energije na trgu padale, znižale so se tudi razlike med cenami tekom dneva. V zadnjem letu pa na način obratovanja vpliva večje število obnovljivih virov (vključevanje sončnih elektrarn), ki so razlog za to, da ČHE obratujejo v črpalnem režimu tudi v dnevnih urah (tipično med 11. in 15. uro). V prihodnje bo vloga hranilnikov ključna zaradi integracije velikega deleža obnovljivih virov (OVE), v Sloveniji predvsem sonca.

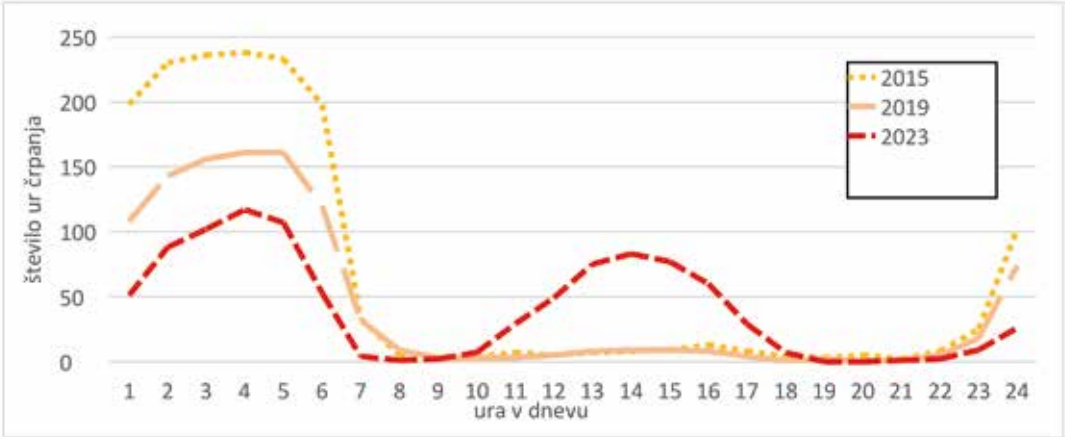
Spremenjene razmere na trgu in v elektroenergetskem sistemu so zahtevale, da se izkoristi vse tehnične možnosti, ki jih elektrarna z »var speed« tehnologijo omogoča. ČHE tako proizvaja manj električne energije od načrtovane, število obratovalnih ur je manjše, a nudi sistemske storitve v obeh režimih obratovanja in se hitro prilagaja spremembam v elektroenergetskem sistemu (pokrivanje odstopanj, havarijska pomoč itd.). »Var speed« tehnologija omogoča za razliko od sinhronih agregatov tudi

spremenljivo moč v črpalnem režimu, kar prinaša večjo ekonomsko prilagodljivost količine nakupa električne energije in tudi nudenje sistemskih storitev v črpalnem režimu.

Ključne spremembe v obratovanju ČHE Avče, ki so posledica povečanega števila OVE (predvsem sončne energije) v sistemu, so:

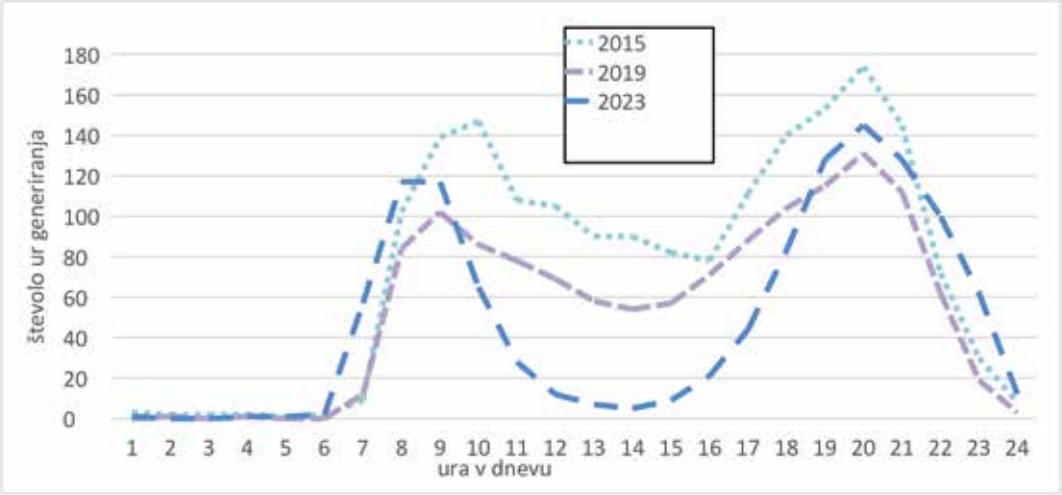
- V črpalnem režimu:
  - prenos črpanja iz nočnih ur v dnevne ure predvsem med delavniki;
  - ponoči je črpanje le v urah z najnižjo ceno (2–3–4 ura);
  - krajši intervali črpanja (iz 6–7 ur na 2–3 ure).

Graf 1 Prenos črpanja iz nočnega časa v popoldanske ure med tednom (delovni dnevi) za ČHE Avče



- V generatorskem režimu:
  - jutranja konica proizvodnje se premika v bolj zgodnje ure;
  - povečuje se večerna konica proizvodnje;
  - opoldne ni več generiranja, zamenjuje ga črpanje;
  - ob vikendih je generiranje samo v večernih konicah.

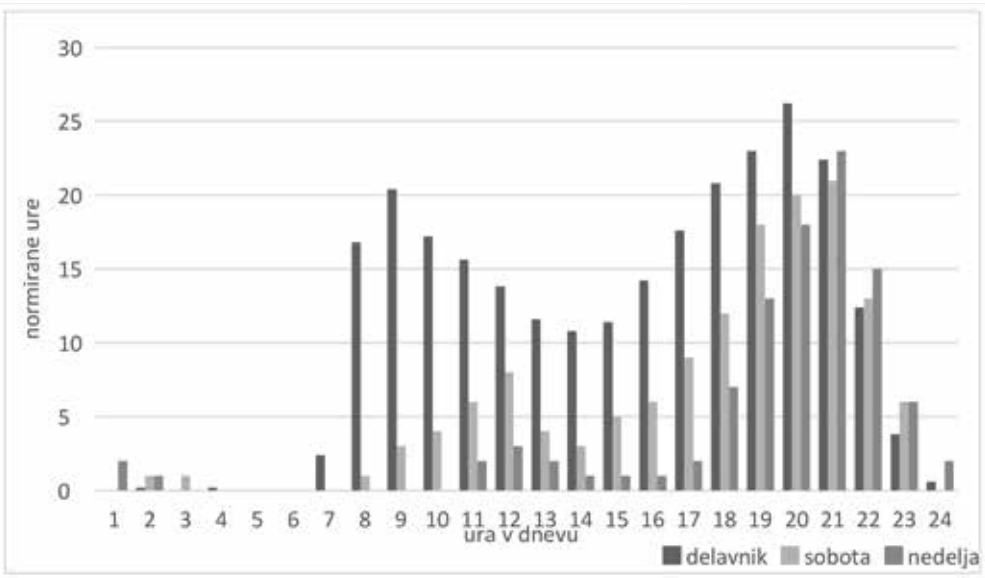
Graf 2 Povečanje večerne konice generiranja med tednom (delovni dnevi) za ČHE Avče



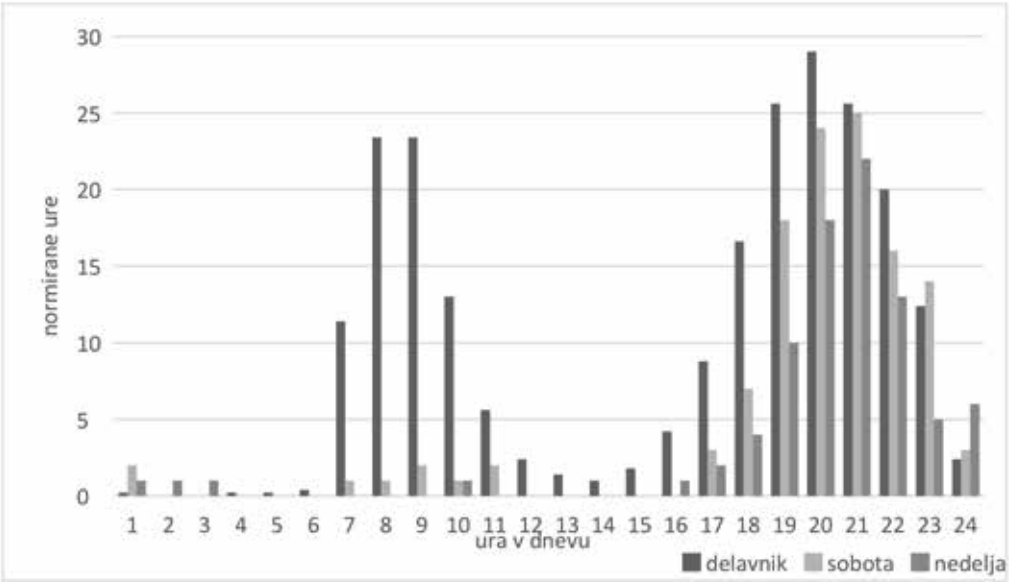
- V obeh režimih:
  - pri obratovanju se želi doseči maksimalne moči obratovanja, nižjih moči je malo;
  - več je krajših obratovanj (več vklopov in izklopov);
  - več je izmeničnih prehodov (2 uri generiranja, sledi 1 ura črpanja, nazaj generiranje) – zelo je povečana dinamičnost obratovanja.

Za prikaz razlik v načinu obratovanja ČHE v zadnjem obdobju smo izbrali leto 2019 ter prvih osem mesecev leta 2023. Leto 2019 predstavlja tipično leto pred energetsko krizo, leto 2023 pa je pomembno z vidika povečanega števila sončnih elektrarn v sistemu ter posledično prilagajanja obratovanja ČHE.

Graf 3 Obratovalne ure ČHE Avče za generatorski režim v letu 2019



Graf 4 Obratovalne ure za generatorski režim v letu 2023 za ČHE Avče



4. Vloga črpalnih HE pri nudenju fleksibilnosti in integraciji OVE v elektro-energetski sistem [1, 3]

Fleksibilnost se nanaša na sposobnost sistema za kontinuirano vzdrževanje sistemskih parametrov v predvidenih tolerancah (frekvenca, napetost) ne glede na hitrost in velikost nihanj v proizvodnji in porabi EE in ne glede na vzrok le-teh. Fleksibilnost je bila vedno pomembna zahteva za EES zaradi odziva na nepredvidene dogodke, kot so izpadi proizvodnih enot, večjih porabnikov in omrežja. Z naraščanjem deleža spremenljive OVE proizvodnje iz sonca in vetra v strukturi proizvodnje EE v EES pa postaja vprašanje fleksibilnosti še toliko bolj zahtevno in pomembno, in sicer na vseh časovnih ravneh, od obratovanja v realnem času pa do dolgoročnega planiranja obratovanja EES.

4.1 Viri fleksibilnosti

Za zagotavljanje stabilnosti sistema potrebujemo vire fleksibilnosti in prožnosti v različnih časovnih okvirih, kot to prikazuje tabela 1. S prehajanjem v višje faze integracije spremenljive OVE se najprej krepijo potrebe po kratkoročni fleksibilnosti, z višjimi fazami pa sledijo večje potrebe po srednjeročni in nazadnje dolgoročni fleksibilnosti.

Preglednica 1 Tipi fleksibilnosti [1, 3]

Tip fleksibilnosti:	Kratkoročna			Srednjeročna	Dolgoročna	
Časovni interval	do sekunde	nekaj sekund do minut	nekaj minut do ur	nekaj ur do dni	nekaj dni do mesecev	nekaj mesecev do let
Izziv, problem	zagotavljanje stabilnosti sistema	regulacija frekvence	Večje fluktuacije v balansiranju proizvodnja/poraba	sestavljanje voznih redov dan in uro vnaprej	daljša obdobja OVE viškov ali deficitov	sezonska in letna razpoložljivost OVE
Relevantnost za bratovanje sistema in planiranje	dinamična stabilnost: inercija (napetost in frekvenca)	Proces za vzdrževanje frekvence (PVF) in avtomatski proces za povrnitev frekvence (aPPF)	bilančni trg v realnem času (moč)	balansiranje proizvodnje/porabe dan vnaprej in znotraj dneva	zagotavljanje adekvatnosti (energija skozi daljše obdobje)	Hidro-termo koordinacija, adekvatnost, planiranje na nivoju energetskega sistema (energija skozi zelo dolga obdobja)
Viri fleksibilnosti[1]						
HE pretočne	x	x	x			
HE z AKU	x	x	x	x		x
ČHE	x	x	x	x	x	
TE	x	x	x			
JE	x					
PE	x*	x*		x	x	
Baterije	x	x	x			
P2X(2P)	x	x		x	x	x
Prilagodljivi odjem		x	x			

* malo ur obratovanja

HE…hidroelektrarna, HE z AKU…hidroelektrarna s sezonsko akumulacijo, ČHE…črpalna elektrarna, TE…termoelektrarna, JE…jedrska elektrarna, PE…plinska elektrarna, P2X(2P)…pretvorniki električne energije v plin (in obratno)

Kot izhaja iz preglednice 1, so ČHE eden izmed ključnih elementov v sistemu, ki lahko zagotavljajo kratkoročno in srednjeročno fleksibilnost.

5. NEPN in ČHE [2]

V Celovitem nacionalnem energetskem in podnebni načrtu Republike Slovenije (NEPN) je ob uspešni izvedbi vseh načrtovanih politik in ukrepov do leta 2030 predvideno doseči vsaj 43-odstotni delež OVE pri proizvodnji električne energije.

Proizvodnja električne energije v sončnih elektrarnah (SE) predstavlja največji razvojni in okoljsko sprejemljiv potencial za povečanje proizvodnje električne energije iz OVE v Sloveniji.

NEPN v različnih scenarijih razvoja SE do leta 2030 predvideva povečanje proizvodnje elektrike iz SE na med 2 in 3,8 TWh ter do leta 2040 na med 3,2 in 9 TWh, nekoliko manj, 7 TWh, v jedrskem scenariju.

Vedno večji izziv pa sta zaradi večjega obsega OVE shranjevanje električne energije in povezovanje različnih sektorjev.

NEPN kot možne tehnologije shranjevanja predvideva vgradnjo baterijskih zmogljivosti in drugih hranilnikov na prenosnem in distribucijskem omrežju, vključno s črpalnimi HE. Predvideno je, da se delež energije, proizvedene v ČHE, poveča s sedanjih 400 GWh na 1400 GWh do leta 2040.

6. Zaključek

Shranjevanje električne energije ima vse večji strateški pomen zaradi okoljskih zavez, ki jih prinaša integracija velikega števila OVE. ČHE s svojimi tehničnimi lastnostmi lahko zagotavljajo kratkoročno in srednjeročno fleksibilnost v elektroenergetskem sistemu. Analiza obratovanja ČHE Avče je pokazala, da ČHE Avče sledi zahtevam elektroenergetskega sistema s povečanim številom obratovalnih ur v črpalnem režimu, ko je moč SE največja.

7. Viri

[1] Flexible hydropower providing value to renewable energy integration, IEA Hydropower Annex IX // White Paper NO. 1 – October 2019. vir na spletu?

[2] Celoviti nacionalni energetske in podnebni načrt Republike Slovenije (NEPN) – št. 35400-18/2019/22 z dne 28.2.2020, vir v Uradnem listu?

[3] Ivan Zagožen, Tomaž Tomšič, Sašo Kreslin, Franko Primc, Andrej Tumpej, Marko Kenig, Ambrož Božiček, 2023, Izzivi zelene transformacije na področju zagotavljanja fleksibilnosti proizvodnje, 16. konferenca slovenskih elektroenergetikov, CIGRE ŠK A1-229, strani objave? dostop na spletu do članka?

POSODOBITEV TEHNIČNEGA OPAZOVANJA PREGRAD NA SOČI

PRIMOŽ GABRIJELČIČ, univ. dipl. inž. grad.

Soške elektrarne Nova Gorica

POVZETEK

Soške elektrarne Nova Gorica izvajajo tehnično opazovanje na vseh večjih pregradah hidroelektrarn na Soči. Opazovanje pregrad Ajba in Podselo, ki sta bili zgrajeni že v letih 1939 in 1940, se izvaja od leta 1970. Tehnično opazovanje pregrade Solkan se je pričelo že med samo gradnjo, ki je bila zaključena leta 1984, ter se je nadaljevalo v čas obratovanja HE Solkan. Obseg opazovanja pregrad je določen s projektom tehničnega opazovanja posamezne pregrade in zajema meritve pomikov in rotacij pregrade, spremljanje podtalne vode piezometrov, meritev nivoja vodostajev nad in pod pregrado, temperaturni monitoring, meritev razpok in vizualne preglede brežin na območju akumulacijskih bazenov in strug. V sklopu tehničnega opazovanja pregrad na Soči se izvajajo tudi meritve na dveh nasutih pregradah zgornjega bazena ČHE Avče. V letu 2022 so Soške elektrarne Nova Gorica pričele z načrtovanjem posodobitve tehničnega opazovanja, katerega osnovni namen je avtomatizacija večine merilnih procesov. Avtomatizacija omogoča stalno meritev količin ter takojšnje opozorilo, da je potrebno ukrepati, v primeru izmerjenih nenormalnih količin. Projekt posodobitev tehničnega opazovanja zajema tudi določitev novih meritev, ki pomembno določajo varno spremljaje obratovanja pregrad. Nove meritve obsegajo izvedbo ekstenziometrskih meritev med temeljno podlago pregrad in temelji pregrad ter posebej pomembno izvedbo grezila (koordimetra) na veliki pregradi Podselo.

Ključne besede:

Tehnično opazovanje, visoke pregrade, monitoring, pregrade hidroelektrarn, varnost pregrad, akumulacija, spremljanje akumulacij, obratovanje pregrad, spremljanje obratovanja hidroelektrarn, monitornig hidroelektrarn.

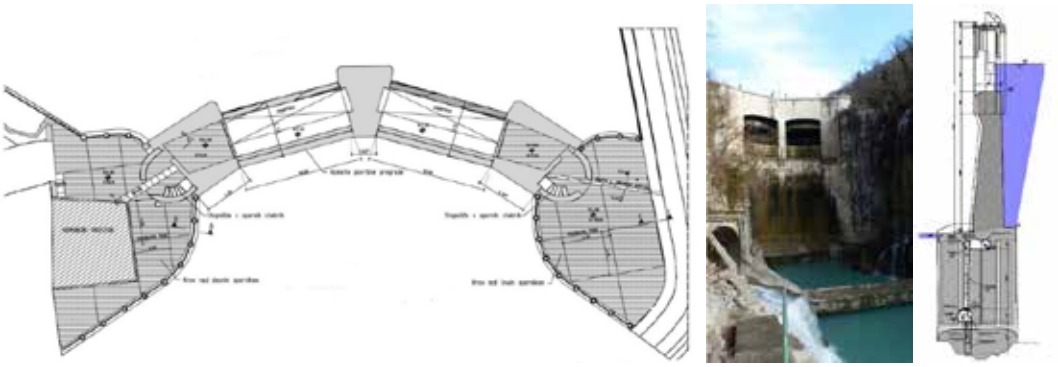
1. Pregrade na reki Soči

1.1 Pregrada Podselo

Pregrada Podselo je del dveh derivacijskih hidroelektrarn. HE Doblar 1 je bila zgrajena med leti 1937 in 1939. V letu 2002 se je zaključila doinštalacija HE na Soči, ki je obsegala izgradnjo vzporednega tunela HE Doblar 2. Elektrarna izkorišča del obstoječe infrastrukture v prostoru.

Gorvodna zajezba, ki jo tvori pregrada, je jezero z volumnom 9.000.000 m^3 in obdaja naselje Most na Soči. Pregrada je zgrajena v soteski, ki jo je izdolbla reka Soča v kompaktne sklade apnenca. Prvotno skalno dno je Soča sčasoma prekrila s sloji proda. Osnova temelja za pregrado je kesonska sovprežna konstrukcija iz jeklenih profilov in armiranega betona. Keson je podbetoniran, ker njegovo dno ni doseglo skalne podlage po celotni širini struge. V temelju pregrade (keson s podbetoniranjem) je izveden sistem kontrolnih galerij, dostopnih z brega reke Soče.

Ločna pregrada nad temelji se naslanja na masivna betonska opornika na levem in desnem bregu. Ima dva delovna stika na mestih najmanjših upogibnih momentov. Je cilindričnega tipa, konstrukcijska višina znaša 58,6 m. Dolžina krone je 37 m, debelina znaša na vrhu 4 metre, na koti 121 m pa 6 metrov. Na levi in desni strani sta preliva na koti 147 m. Odvajanju voda služita še srednji in talni izpust. Da se prepreči pronicanje vode v pregradnem profilu, je zgrajena injekcijska zavesa, ki sega globoko v levi in desni v bok pregrade ter iz injekcijskih galerij pod keson. Stara struga reke Soče na desnem bregu je zatesnjena s podzemno diafragmo, povprečne debeline 2,5 m.



Slika 1: Pregrada Podselo: tloris (levo); prečni prerez (srednje); dolvodna stran (desno).

1.2 Pregrada Ajba

Pregrada Ajba je del dveh derivacijskih hidroelektrarn Plave. Pregrada je po svoji konstrukcijski zasnovi kombinacija težnostne pregrade in zaporničnega jezu. Težnostni del predstavljata dve fiksni betonski prelivni polji (1) s krono na koti 106 m, kolikor je tudi najvišja gladina v akumulaciji. Levo prelivno polje (3) je bilo kasneje predelano v strojnico (1972). Zapornični del pregrade sestavljajo tri pretočna polja (1). Vtočni objekt ima štiri polja s tremi vmesnimi stebri in se nadaljuje v kanal z bočnim prelivom. Celotna vsebina akumulacije znaša 2.100.000 m^3 - od tega je en milijon kubičnih metrov koristne akumulacije. Pregrada je bila izgrajena v letih od 1938 do 1940. V letu 1999 se je pričela izgradnja HE Plave 2, ki predstavlja doinštalacijo že obstoječe elektrarne in delno izkorišča obstoječo infrastrukturo v prostoru. Na pregradi je bil zaradi tega izgrajen nov vtok v dovodni rov. Gradbena dela so bila pretežno zaključena v letu 2001, doinstalacija HE Plave je bila končana v letu 2002.



Slika 2: Dolvodna stran pregrade Ajba.

1.3 Pregrada Solkan

HE Solkan zajezuje dolino Soče s pomočjo jezovne zgradbe, strojnice in desnobrežnega tesnilnega zidu. Konstrukcijska višina pregrade Solkan znaša 34 metrov, dolžina krone pa znaša 127,5 m. Količina zajezene vode je 7.600.000 m^3. Pregrada je bila zgrajena leta 1984, prva polnitev je bila izvedena novembra 1984. Prelivna polja sestavljajo trije stebri, ki so med seboj popolnoma ločeni, stik betona med umirjevalnim tolmunom in ločilnim stebrom pa je zmozničen, tako da ne more priti do zamikanja stebrov. Stebri so povezani s prostoležečimi mostnimi konstrukcijami. Zgradba strojnice zapira levo polovico pregradnega profila Soče. V obeh objektih je na vzvodni strani kontrolni hodnik. Prelivna polja in strojnica so temeljeni po celotni dolžini in širini na kredne apnence, ki so v zgornjem delu (do globine 30 m) zakraseli. V globini naj bi bili apnenci bolj vodonepropustni, vendar so bile ponekod v globini ugotovljene tudi večje izgube vode. Injekcijska zavesa je enoredna, razdalja med vrtinami je 3 m, sega do kote 20 m. Injekcijska zavesa sledi kontrolnemu hodniku. Tehnično opazovanje pregradnega objekta HE Solkan je potekalo že med njegovo gradnjo. Takrat so bile geodetsko spremljane vertikalne komponente pomikov nekaterih repernih točk na objektu.



Slika 3: Dolvodna stran pregrade Solkan.

1.4 Nasuti pregradi ČHE Avče

Najmlajša od velikih hidroelektrarn na reki Soči je črpalna hidroelektrarna (ČHE) Avče, ki obratuje po principu hranilnika energije. Torej v času viškov električne energije vodo črpa iz spodnjega bazena (bazen nad pregrado Ajba) v zgornji bazen na Kanalskem vrhu. V času pomanjkanja električne energije se akumulirana voda uporabi za proizvodnjo električne energije, tako da takrat ČHE Avče obratujejo v generatorskem načinu. Elektrarna je pričela obratovati leta 2009.

Zgornji bazen na Kanalskem vrhu je bil zgrajen v naravni kotlini z zemeljskim poglabljanjem dna in brežin glede na predvideno konturo bazena. Na južni in vzhodni strani bazena sta brežini izvedeni z nasutima zemeljskima pregradama iz primernega izkopnega materiala. Vzhodna pregrada je dolžine 225 m in višine 16 m. Južna pregrada je dolžine 180 m in višine 18 m. Nepropustna obloga bazena je izdelana iz debelejše plasti asfaltne obloge, položene na posteljico iz nabitega drenažnega materiala, ki je s sistemom drenažnih cevi povezan z drenažno kontrolno galerijo v dnu bazena. Po kroni pregrade poteka revizijska asfaltna pot, ki se na severnem delu naveže na dostopno rampo v bazen. Na severnem delu se nahaja tudi vtočno-iztočni objekt v dovodni sistem ČHE.

2. Izvajanje tehničnega opazovanja pregrad

Tehnično opazovanje se izvaja na vseh pregradah hidroelektrarn na reki Soči. Opazovanje pregrad Ajba in Podselo, ki sta bili zgrajeni v letih 1939 in 1940, se izvaja od leta 1970 dalje, ko je bil sistem, na podlagi projekta tehničnega opazovanja za velike jezove (ZRMK, 1967), v celoti vzpostavljen. Projekt je bil pripravljen na podlagi Pravilnika o tehničnem opazovanju velikih jezov iz leta 1966.

Tehnično opazovanje pregradnega objekta HE Solkan je potekalo že med njegovo gradnjo. Takrat so bile geodetsko spremljane vertikalne komponente pomikov nekaterih repernih točk na objektu. Po končani gradnji oziroma napolnitvi akumulacije so bile meritve dopolnjene v smislu zahtev projekta tehničnega opazovanja HE Solkan (IBE, 1983).

V sklopu tehničnega opazovanja se na pregradah na Soči izvaja naslednje sklope vsakoletnih meritev oziroma opazovanj:

- **Meritve pomikov**: V sklopu projekta tehničnega opazovanja je na posamezni pregradi vzpostavljen sistem repernih merilnih točk, ki se jim se enkrat letno izmeri vertikalne in horizontalne pomike.

  V tem sklopu meritev se z deformetričnimi trikotniki izvaja tudi meritve delovanja razpok in dilatacij.

- **Meritev rotacij**: Na projektno določenih mestih se s pomočjo klinometrov meri rotacije objektov.

- **Filtracija podtalnice**: Na pregradah so projektno pozicionirane opazovalne vrtine (piezometri). Piezometri so nameščeni na pregradi ter segajo do krone ali do kontrolnega hodnika. Pizeometri so nameščeni tudi na

bregovih pregrad (levi in desni breg). Piezometrične tlake v merskih mestih pregradnega objekta merimo pri običajnih pogojih obratovanja redno enkrat letno.

- **Vizualni pregled**: Geomehanski pregled brežin spodnjih in zgornjih strug (akumulacija) se izvaja iz čolna ali peš enkrat letno. Stanje infrastrukture se foto dokumentira ter se sprotno ugotavlja poškodovana mesta potrebna sanacije. Ravno tako se podobno izvaja vizualni pregled stanja konstrukcije pregrade.
- **Seizmični opazovanje**: Vse pregrade na Soči imajo vzpostavljen tudi sistem seizmičnega opazovanja, ki navadno zajema tri merilce, razvrščene v temelju pregrade, kroni pregrade in na eni od brežin. Seizmična meritev se izvaja zvezno tekom celega leta.

Družba Soške elektrarne Nova Gorica skrbi za postavitev in vzdrževanje merilnih mest tehničnega opazovanja pregrad. Nalogo meritev in vrednotenje izmerjenih rezultatov pa zanjo izvajajo za to usposobljene inštitucije. Vsakoletne meritve z rezultati so predstavljene v letnih poročilih. V zadnjem obdobju izvajanja tehničnega opazovanja ugotavljamo, da bi s posodobitvami ter dodatnimi meritvami lahko dosegli višjo kakovost spremljanja stanja in s tem povezano varnost objektov. Iz teh razlogov smo v letu 2022 pričeli s projektom posodobitev tehničnega opazovanja pregrad z upoštevanjem sodobnih trendov in karakteristik posameznih pregrad.

Vse dosedanje, zgoraj naštete meritve bi se ohranilo ter smiselno dodalo nove. Za pregrado Podselo, ki spada med najvišje pregrade v Sloveniji, je želja vzpostaviti koncept grezila, ki bi bil nameščen v vertikalnem jašku po celotni konstrukciji pregrade. Grezilo skupaj s koordimetrom služi za precizno spremljanje naklona pregrade. Za vse pregrade v strugi Soče (izvzeti dve nasuti pregradi ČHE Avče) je ugotovljeno, da je pomembno spremljati kontakt med betonsko konstrukcijo pregrade in temeljno podlago, ki je v primeru pregrade Podselo orientirana na boke pregrade (ločna konstrukcija), v primeru pregrade Ajba in Solkan pa v dno (težnostni pregradi). Takšne meritve se izvajajo s sistemi ekstenziometrov, postavljenih v vrtino, ki poteka preko konstrukcije v hribino.

Posodobitev predvideva tudi avtomatizacijo določenih meritev, ker pomembno pripomore k varnosti, saj je takšna meritev zvezna in je ob prekoračitvi mejnih vrednosti lahko hipoma sprožen alarm pristojnim službam.

3. Posodobitev tehničnega opazovanja

Na Soških elektrarnah Nova Gorica smo v letu 2022 pričeli s projektom posodobitev tehničnega opazovanja pregrad na reki Soči. Skupaj z projektantom, družbo HSE Invest, smo izdelali zasnove projektnih rešitev. V letu 2023 do leta 2025 je predvidena fazna izvedba posodobitev na vseh velikih pregradah. Predvidena posodobitev je predstavljena v nadaljevanju.

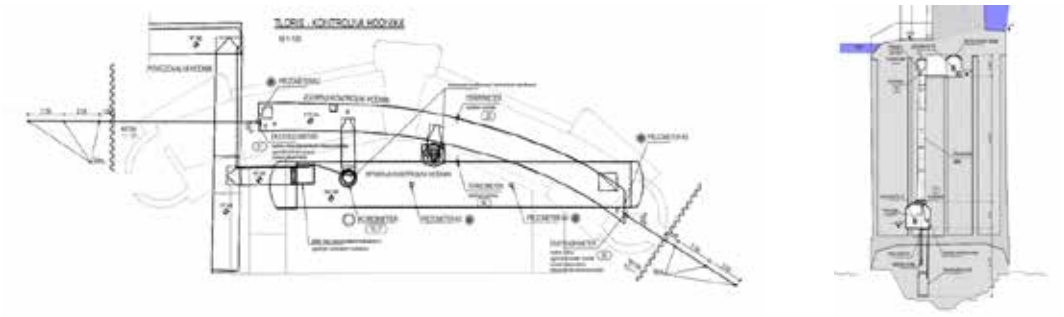
3.1 Pregrada Podselo

1) Filtracija podtalnice

Pregrada ima pet delujočih opazovalnih vodnjakov na nivoju krova pregrade, ki so s prosto gladino, in štiri piezometre v kontrolni galeriji, ki so tlačni. Opazovalne vodnjake se v sklopu posodobitev očisti obloge sige in mulja ter se jim vzpostavi prvotni nivo delovanja. Piezometrom v kontrolni galeriji se zamenja kompletna merilna inštalacija. Dva piezometra v spodnji kontrolni galeriji in piezometer na levem oporniku pregrade se avtomatizira, kar pomeni, da preko sonde zvezno meri tlak, konduktivnost in temperaturo. Konduktivnost je nova meritev, ki jo uvajamo in bo mogoče na njeni osnovi razbrati, ali je drenažna voda iz reke ali je podtalna iz brežin. Zveznost meritev je prav tako novost, s katero so hipoma javljene nenormalne izmere.

2) Inverzno grezilo

Klasično grezilo zahteva vrtanje vertikalnega jaška večjega premera od krone pregrade do temeljev. Takšna izvedba je zaradi omejenega dostopa na pregrado neizvedljiva, zato smo se v projektni skupini odločili, da se izvede tako imenovano inverzno grezilo, ki meri odklon le spodnjega dela pregrade. Montaža grezila se izvede v enem izmed obeh jaškov, ki poteka med spodnjim in zgornjim kontrolnim hodnikom. Rezervoar s plovcem se vgradi na nivoju zgornjega kontrolnega hodnika, pod stropom niše dostopnega jaška, med obema kontrolnima hodnikoma. Sidro za sidranje spodnjega dela vrvi grezila se izvede v vrtini približno 8 m pod dnom spodnjega kontrolnega hodnika. Grezilo ima predvideno vgradnjo dveh merilnih koordimetrov, enega na nivoju zgornjega kontrolnega hodnika in drugega na nivoju spodnjega kontrolnega hodnika. Oba koordimetra sta avtomatizirana in zvezna.

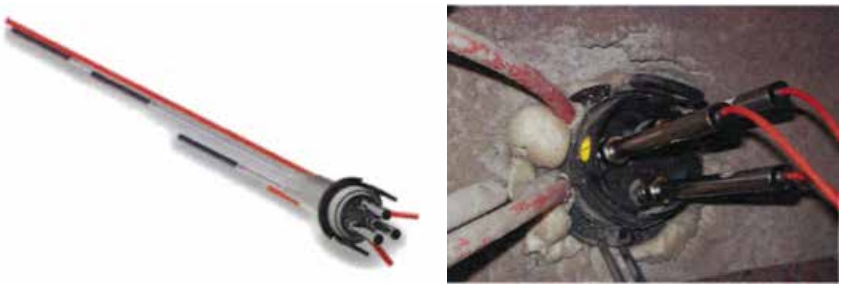


Slika 4: Inverzno grezilo - prerez (levo); ekstenziometra – tloris (desno)

3) Ekstenziometer

Z ekstenziometroma se bodo merili relativni pomiki med tremi točkami v vrtini v smeri vzdolž vrtine. Predvidena ekstenziometra se bosta vgradila v geomehanski vrtini. Vsaka vrtina je locirana pravokotno na čelno steno

zgornjega kontrolnega hodnika v horizontalni ravnini. Tako bosta vrtini potekali v skalni teren ob obeh bokih pregrade. Meritev pomikov se bo opravljala neprestano, kar je velika prednost pri opazovanju terena ob pregradi, saj se tako zabeležijo tudi podatki ob izrednih dogodkih (potres) in se tako pridobijo izmere maksimalni pomiki.



Slika 5: Ekstenziometer.

4) Merjenje temperature

Za celovit vpogled v deformacije pregrade je potrebno dobro poznati tudi temperaturno polje v pregradi in njeni okolici. V ta namen se na različnih mestih pregrade vgradi avtomatizirane merilce temperature. Merilci so predvideni na naslednjih mestih:

- meritev temperature okolice v podslapju,
- meritev temperature betona (gorvodna stran pregrade, dolvodna stran pregrade, kontrolna galerija),
- temperatura zgornje vode.

V sklopu teh merjenj je predvidena tudi postavitev vremenske postaje na kroni pregrade, tik nad upravljalsko sobo. Vremenska postaja poleg temperature beleži tudi osončenost, smer vetra, jakost vetra in količine padavin.

3.2 Pregrada Ajba

Pregrada Ajba ima devet delujočih piezometrskih vrtin pozicioniranih v stebrih pregrade, na vtočnem objektu in levem bregu. Vrtine bodo očiščene in v celoti avtomatizirane. Merilne sonde bodo poleg tlaka beležile tudi temperaturo in električno prevodnost.

Predvidena je tudi avtomatizacija meritev klinometrov, ki se trenutno izvajajo ročno. Klinometri se nahajajo v stebrih pregrade in na območju strojnice cevne turbine.

V spodnjem delu strojnice cevne turbine je bilo v preteklosti geodetsko izmerjeno dviganje tal spodnjega dela strojnice, kar najverjetneje izhaja iz razbremenitve turbinskega trakta ob zamenjavi horizontalne Kaplanove turbine s cevno turbino. Iz tega razloga je določeno, da se na tem mestu vgradi tri točkovni ekstenziometer, ki bo stalno beležil pomike med temeljno hribino in betonsko konstrukcijo pregrade.

Ker temperaturno dogajanja vpliva na deformacije pregrade, je s posodobitvijo tehničnega opazovanja predvideno tudi spremljanje temperature betonov v dveh jaških jezovnih stebrov, temperature zraka na kroni in temperature vode na obeh straneh pregrade.

3.3 Pregrada Solkan

Pregrada ima izdelan obsežen piezometrski sistem spremljanja vzgonskih tlakov na mestu prelivnih polj in turbinskih iztokov. Ocevje piezometrov je speljano v oba kontrolna hodnika v temeljih pregrade. Predvideni sta zamenjava celotne merilne opreme ter avtomatizacija določenih merilnih mest. Obstoječe piezometrske vrtine na bregovih pregrade ter na pregradi (skupaj sedem) se očisti z izpihovanjem. Trem vrtinam se namesti sistem za avtomatsko spremljanje nivoja podtalnice.

Podobno kot na pregradi Ajba, bodo tudi na pregradi Solkan nameščeni merilci za spremljanje temperature betona, zraka in rečne vode. Konduktivnost vode se avtomatsko meri tako na rečnih vodah, kot vodah v piezometrih. Vsa merilna mesta za ročne meritve inklinacije se ohrani. Na dveh mestih pregrade, na steni strojnične hale in v desnem kontrolnem hodniku, se namesti avtomatski klinometer. Kontakt konstrukcije pregrade s temeljno površino se bo spremljal z avtomatiziranimi tritočkovnimi ekstenziometri, nameščenimi v obeh kontrolnih hodnikih.

3.4 Pregrada Avče

Zemeljski pregradi na Kanalskem vrhu sta bili zgrajeni kot del zgornjega bazena ČHE Avče, ki je pričela z obratovanjem v letu 2009. Sistem za tehnično opazovanje je zato zadovoljiv in kot tak ne bo bistveno spremenjen. V obeh nasipih se bodo nekateri piezometri avtomatizirali in posodobila se bo geodetska mreža za spremljanja horizontalnih in vertikalnih pomikov.

4. Zaključek

V podjetju Soške elektrarne Nova Gorica se zavedamo pomembnosti varnega obratovanja hidroelektrarn, posebej tistih, ki zajemajo vodo za delovanje turbin s pomočjo visokih pregrad. Ključno pri zagotavljanju varnega obratovanja je izvajanje kvalitetnega tehničnega opazovanja, ki se na pregradah na Soči izvaja že vrsto let ter ga poskušamo tekom izvajanja izpopolnjevati. S projektom posodobitev, ki bo realiziran do leta 2025, bomo pomembno izboljšali raven varnega obratovanja.

5. Viri

[1] Sistem tehničnega opazovanja – pregrada Podselo, Projektna dokumantacija za izvedbo gradnje, HSE Invest, Maribor, maj 2022.

[2] Posodobitev tehničnega opazovanja, Dokumantacija za razpis, HSE Invest, Maribor, marec 2023.

[3] Letno poročilo o tehničnem opazovanju pregradnega objekta Solkan v letu 2021, ZAG, Ljubljana, maj 2022.

[4] Letno poročilo o tehničnem opazovanju pregradnega objekta Ajba v letu 2021, ZAG, Ljubljana, maj 2022.

[5] Letno poročilo o tehničnem opazovanju pregradnega objekta Podselo v letu 2021, ZAG, Ljubljana, maj 2022.

[6] Letno poročilo o tehničnem opazovanju objektov ČHE Avče Ajba v letu 2021, RGP, Velenje, maj 2022.

OZNAKE VISOKIH VODA OD 2014 DO 2023

mag. FLORJANA ULAGA[1], dr. PETER FRANTAR[1],
dr. VALENTINA BREČKO GRUBAR[2], dr. TAJAN TROBEC[3]

[1]Agencija RS za okolje,
[2]Univerza na Primorskem, Fakulteta za humanistične študije,
[3]Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta

POVZETEK

Agencija Republike Slovenije za okolje v sodelovanju s Komisijo za hidrogeografijo Zveze geografov Slovenije od leta 2014 dalje izvaja akcijo "Postavitev oznak visokih voda". V okviru akcije smo v 10 letih postavili več kot 60 oznak visokih voda na površinskih vodah in morju. Osnovni cilj akcije je ozaveščanje in izobraževanje najširše javnosti o visokih vodah kot periodičnem naravnem pojavu.

Potek aktivnosti v akciji je metodološko razdelan s pristopom od spodaj navzgor, torej s pobudo lokalne zainteresirane javnosti - občine, šole, društva idr., katerim se priključijo še institucije na nacionalni ravni, kot so ministrstva, zavodi in Agencija RS za okolje. Vse skupaj povezuje Komisija za hidrogeografijo, ki sodeluje tudi z Društvom učiteljev geografije Slovenije. Akcija, ki je najprej zaživela v Sloveniji, se je razširila tudi v sosednje države. V letu 2021 je bila izvedena še v vseh državah porečja reke Save in prepoznana kot pomembna aktivnost pri ICPDR - Komisiji za varstvo reke Donave.

Ključne besede:

visoke vode, poplava, oznaka visoke vode, ozaveščanje, izobraževanje

1. Uvod

Na pobudo članov Komisije za hidrogeografijo (v nadaljevanju KHG), ki deluje pri Zvezi geografov Slovenije in v sodelovanju z Agencijo RS za okolje (ARSO) se od leta 2014 do sedaj (2023) izvaja akcija nameščanja oznak visokih voda rek, jezer in morja. Akcija je bila zasnovana z namenom, da bi opozarjali na neprimerno rabo prostora, na neupoštevanje lastnosti pokrajine in porečij ter prispevali k doseganju ciljev trajnostnega razvoja (KHG ZGS, 2023). Cilj akcije je izobraževanje in ozaveščanje najširše javnosti o visokih vodah in posledično poplavah, kot naravnem pojavu v dobršnem delu Slovenije, ki ga ne moremo preprečiti, ampak se mu kvečjemu prilagajamo. Akcija poteka v sodelovanju z lokalno skupnostjo, pomemben deležnik pa so tudi vzgojno-izobraževalne ustanove, ki so pogosto tudi glavni organizator izvedbe akcij na terenu.

2. Izhodišča in glavni cilji

Akcija nameščanja oznak visokih voda poteka po načelu »od spodaj navzgor«, kar pomeni, da mora biti interes za akcijo najprej prepoznan na lokalnem nivoju, KHG skupaj z ARSO pa nudi podporo izvedbi. Z akcijo tako izobražujemo in ozaveščamo vse generacije, od najmlajših v vrtcih, osnovnošolskega in srednješolskega do univerzitetnega nivoja, poleg otrok, učencev, dijakov in študentov ter pedagoških delavcev pa ozaveščamo tudi širšo lokalno skupnost (Frantar, 2021).

Akcija je vezana na smernice Vodne (Vodna direktiva, 2000) in Poplavne direktive (Poplavna direktiva, 2007) Evropske Unije. Obe direktivi temeljita na trajnostnem razvoju in trajnostni rabi prostora in vode – trajnostna raba porečja. Namen akcije sledi glavnim načelom obeh direktiv: izobraževati in obveščati prebivalce o visokih vodah in poplavah kot naravnem pojavu, izboljšati vedenje o poplavah rek in morja, posebej o ojezeritvah kraških polj ter spomniti na dejstvo, da voda bolj ali manj pogosto zahteva zase dodaten prostor. Glavni namen akcije je tako prilagoditi rabo prostora, pokrajine, porečja s ciljem trajnostnega razvoja.

Glavni cilji akcije so:

- širjenje razumevanja prebivalcev o visokih vodah kot naravnem pojavu, ki se ga bo potrebno v prihodnje, zaradi vpliva podnebnih sprememb, vedno bolj zavedati;
- izobraževanje o poplavnih območjih rek, morja in ojezeritvah kraških polj;
- ozaveščanje – spomniti na dejstvo, da voda bolj ali manj pogosto zase potrebuje prostor.

3. Na terenu vidne poenotene oznake visokih voda so v prostoru trajen opomnik o izrednih hidroloških pojavih

Na terenu so oznake visokih voda nameščene na mesto, ki so ga ob najvišji doseženi gladini vode fotografsko zabeležili ali na objektu označili bodisi lastnik ali drugi opazovalci (prebivalci, gasilci idr.). Oznake so na vseh lokacijah enotne, na njih je različen le datum visoke vode. Nameščene so na vidno mesto z namenom, da bi domačine, obiskovalce in načrtovalce rabe prostora ozaveščale in opominjale na pojave visoke vode, ki jih je pri rabi prostora treba upoštevati.

Pri nameščanju oznak sodelujejo prebivalci in lokalne skupnosti, izobraževalne ustanove, društva, službe in zavodi. Pomembno je aktivno sodelovanje čim večjega števila udeležencev, saj je vloga posameznika in lokalnega védenja pomemben člen uspešnosti izvedbe. Med leti 2014–2023 je bilo v sodelovanju z najrazličnejšimi deležniki postavljenih že več kot 60 oznak visoke vode. Pri tem je sodelovalo preko 70 institucij, dogodkov ob namestitvi oznak pa se je v desetih letih skupno udeležilo okoli 1000 posameznikov s področja izobraževanja, raziskovanja in upravljanja, na lokalni in državni ravni.



Slika 1 Nameščanje oznake visoke vode (foto: Florjana Ulaga)

4. Mednarodna prepoznavnost akcije

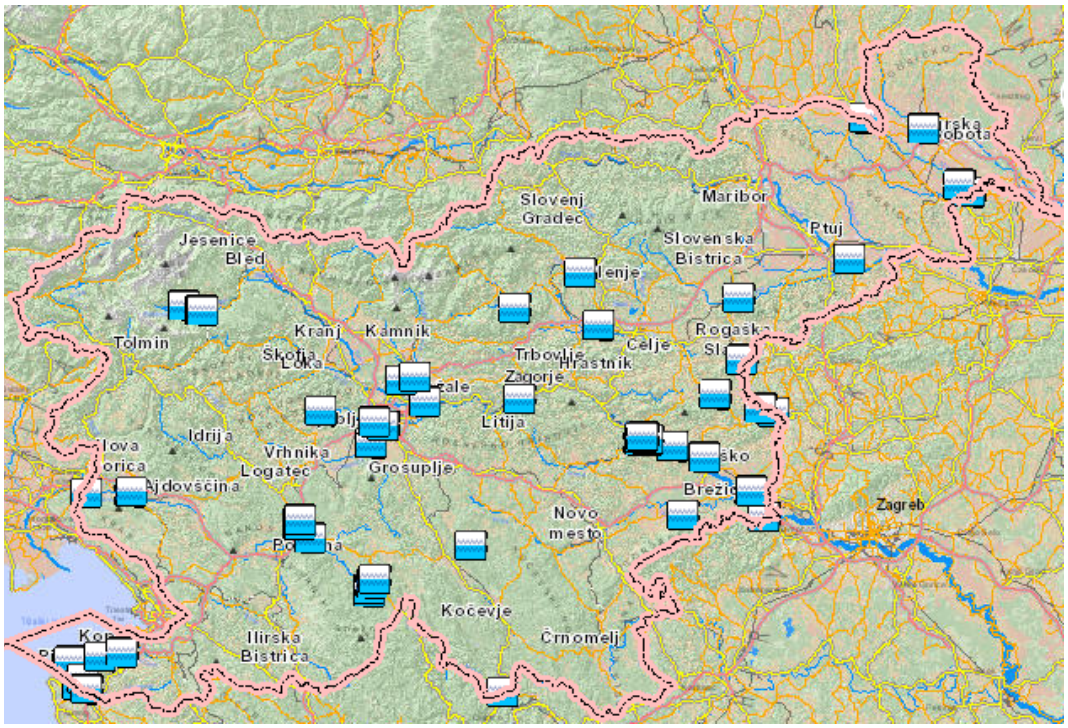
Akcija, ki je najprej zaživela v Sloveniji, se je razširila tudi v sosednje države. V letu 2021 je bila izvedena še v vseh državah porečja reke Save v okviru sodelovanja z Mednarodno komisijo za reko Savo (ISRBC) in prepoznana kot pomembna aktivnost pri ICPDR – Komisiji za varstvo reke Donave (Ulaga, 2021). Ob namestitvi oznak visoke gladine morja je akcija postala tudi del Strategije EU za Jadransko-Jonsko regijo (EUSAIR).



Slika 2 Dogodek ob namestitvi oznake visoke vode v Polhovem Gradcu za Dan Save in Dan Donave junija 2021 (foto: arhiv KHG)

5. Povabilo k sodelovanju

Izvajalci akcije nameščanja oznak visokih voda vas vabimo k sodelovanju. Z vašo pomočjo želimo zabeležiti in ohraniti vedenje o doseženi izjemni višini vode ob sedanjih dogodkih in, če obstaja vedenje, tudi ob preteklih, za prihodnje generacije. Oznake naj bi bile nameščene na javno dostopnih, vidnih in bolj obiskanih lokacijah. Lokacije izbrane v okviru akcije in označene z enotno oznako bodo vpisane v podatkovno zbirko ter ustrezno prikazane na svetovnem spletu.



Slika 3 Lokacije nameščenih oznak visokih voda v Sloveniji (ARSO, 2023)

6. Zaključki

Poplavam se ni mogoče izogniti, lahko pa se jim prilagodimo. Prilagoditve bodo potrebne tudi zaradi vpliva podnebnih sprememb na pojave visoke vode v prihodnosti, kjer se kažejo spremembe v geografski razporeditvi in intenziteti hidroloških ekstremov. Poplave so in vedno bodo, potrebno bo torej doseči sožitje med rabo prostora in prostorom, ki ga za svoje visoko stanje potrebuje voda rek, jezer in morja. Dolgoročno bodo v pokrajini uspešne le dejavnosti in raba zemljišč, pri katerih se upošteva tudi prostor, ki ga zase potrebuje voda in se ta vključuje v razvojne načrte.

7. Viri

[1] Frantar, P., Ulaga, F., Bat, M., Brečko Grubar, V., Kovačič, G., Bricelj, M., Draksler, A., Jarnjak, M., Lipovšek, I., Trobec, T., 2021. Nameščanje oznak visokih voda - primer dobre prakse geografskega ozaveščanja javnosti. Koroška: od preteklosti do perspektiv. Zveza geografov Slovenije, 402-413. Dostopno na: http://zgs.zrc-sazu.si/Portals/8/Zborniki_zborovanj/Koroska_od_preteklosti_do_perspektiv.pdf [10. maj, 2023].

[2] Frantar, P., Ulaga, F., Bat, M., Brečko Grubar, V., Kovačič, G., Bricelj, M., Draksler, A., Jarnjak, M., Lipovšek, I., Trobec, T., 2021. Nameščanje oznak visokih voda - primer dobre prakse geografskega ozaveščanja javnosti. Koroška: od preteklosti do perspektiv. Zveza geografov Slovenije, 402-413. Dostopno na: http://zgs.zrc-sazu.si/Portals/8/Zborniki_zborovanj/Koroska_od_preteklosti_do_perspektiv.pdf [10. maj, 2023].

[3] KHG ZGS - Komisija za hidrogeografijo Zveze geografov Slovenije, 2023. Dostopno na: http://zgs.zrc-sazu.si/sl-si/zveza/organizveze/komisijazahidrogeografijo [10. maj, 2023].

[4] Poplavna direktiva, 2007: Direktiva 2007/60/ES Evropskega Parlamenta in Sveta, z dne 23.oktobra 2007 o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti (Poplavna direktiva).

[5] Ulaga, F., Frantar, P., Bricelj, M., 2021. Public awareness about floods - High water marks. XXIX Conference of the Danubian Countries, 121-122. Dostopno na https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/nakladatelstvi/assets/danube.pdf [20. maj, 2023].

[6] Vodna direktiva, 2000. Direktiva 2000/60/ES Evropskega parlamenta in sveta z dne 23. oktobra 2000, ki določa okvir za delovanje Skupnosti na področju vodne politike.

RANLJIVOST SLOVENSKE OBALE

MOJCA POKLAR, dr. geografije, VALENTINA BREČKO GRUBAR, dr. geografije

Univerza na Primorskem Fakulteta za humanistične študije

POVZETEK

Erozijski oziroma abrazijski procesi so najpomembnejši preoblikovalec visokih obal, ki v Sloveniji predstavljajo dve tretjini stika kopnega in morja ter večino majhnega deleža še naravne obale. Tretjina obale je nizka, del nje obsegajo zavarovana območja narave, večino pa urbanizirana, in ta je najbolj izpostavljena poplavam morja. Tako erozijski procesi kot poplave so v obalnem pasu od nekdaj prisotni, s spreminjanjem podnebja v zadnjih desetletjih pa postajajo intenzivnejši in pogostejši. Dviganje gladine morja kot eno od posledic podnebnih sprememb namreč beleži tudi mareografska postaja v Kopru. Prilagajanje višjim gladinam morja in njenim posledicam bo v prihodnje predstavljalo enega večjih izzivov, zato je ocenjevanje ranljivosti obalnih območij glede na dvigajočo morsko gladino vse bolj aktualno in predmet številnih študij v svetu. Na voljo so različni metodološki pristopi, ki pa jih je potrebno prilagoditi glede na želene cilje in posebnosti območja ocenjevanja. V prispevku predstavljamo rezultate analize in kartiranja ranljivosti slovenske obale, ki je zasnovana na prevzeti in prilagojeni metodi izračuna indeksa fizične ranljivosti (PVI). S pomočjo geografskih informacijskih sistemov smo ocenili vpliv izbranih osmih fizičnih kazalnikov: nadmorska višina, naklon obale, lega in usmerjenost obale, naklon morskega dna, ohranjenost naravne obale, širina plaže, izpostavljenost poplavam in vidni geomorfni procesi. Ker je vpliv izbranih kazalnikov na ranljivost posameznih odsekov obale različen, smo najprej ocenili ranljivost z vidika posameznega dejavnika, nato pa še skupno oceno indeksa fizične ranljivosti. Ocene smo razvrstili v pet kategorij in ugotovili, da je 5,7 % obale mogoče uvrstiti med visoko ranljive in 2,9 % med zelo visoko ranljive.

Ključne besede:

gladina morja, abrazija, poplave, podnebne spremembe, indeks fizične ranljivosti (PVI), geografski informacijski sistemi (GIS), slovenska obala, geografija

1. Uvod

Medvladni odbor za podnebne spremembe (Intergovernmental Panel for Climate Change – IPCC) je opredelil ranljivost kot »nagnjenost k negativnemu vplivu« in zajema različne koncepte in elemente, vključno z občutljivostjo ali dovzetnostjo sistema za negativne vplive ter pomanjkanjem sposobnosti obvladovanja in

prilagajanja sistema na negativne vplive (IPCC 2015, 128). Ranljivost na podnebne spremembe je tako funkcija treh dejavnikov, in sicer izpostavljenosti sistema spreminjanju lastnosti podnebja, občutljivosti sistema na dejanske spremembe in sposobnosti sistema za prilagajanje na spremenjene razmere (McCarthy in sodelavci 2001). Tako opredeljena ranljivosti zagotavlja izhodiščni položaj za ocenjevanje ranljivosti obal, vendar se mora ocenjevanje začeti s čim bolj jasno opredelitvijo cilja, kateremu sledi izbor ustreznih orodij in metod, ki se razlikujejo glede na prostorski in časovni obseg ter glede na različne namene uporabe (Ramieri in sodelavci 2011).

Rekonstrukcije srednje gladine svetovnega morja, ki temeljijo na podatkih mareografov, kažejo, da se je morska gladina od leta 1900 do leta 2020 dvignila za 21 cm, s povprečno hitrostjo 1,7 mm na leto, medtem ko je bil v obdobju 2006–2018 zabeležen pospešen dvig s hitrostjo 3,7 mm na leto (Evropska agencija za okolje 2022). IPCC do leta 2100 napoveduje dvig morske gladine do 1 m, po vsej verjetnosti pa ne manj kot 0,5 m (Church in sodelavci 2013), medtem ko so nekatere druge napovedi tudi bolj pesimistične in predvidevajo dvig za 0,9–1,5 m (Nuccitelli 2018). Posledice bodo pogostejše in mestoma celo trajne poplave nižje ležečih obalnih območij, izguba zemljišč in habitatov zaradi erozije, povečan vdor slane vode na kopno, zasoljevanje sladkovodnih ekosistemov in prsti, gmotna škoda na infrastrukturnih objektih zaradi izjemnih dogodkov, npr. pogostejših neurij (Church in sodelavci 2013).

Na lokalne spremembe morske gladine pa vplivajo še drugi dejavniki in je stanje lahko opazno drugačno od svetovnega. V Sloveniji spremljanje gladine morja kaže, da je v zadnjih 20 letih dviganje gladine morja celo večje od evropskega in svetovnega povprečja (Brečko Grubar, Kovačič in Kolega 2019; Agencija RS za okolje 2022). Srednja letna višina morja na mareografski postaji v Kopru je leta 1960 znašala 215 cm, v letu 2019 pa že 226 cm, kar pomeni, da se je v obdobju 1960–2019 zvišala za 11 cm oziroma 1,8 mm/leto. Najvišja zabeležena srednja letna višina v obdobju je 234 cm (2010) in v zadnjem desetletju večina let beleži višje srednje letne vrednosti. Napovedi postopnega dviga srednje letne višine morja do leta 2100, glede na spremembe v obdobju 1960–2018, predvidevajo dvig za dodatnih 20 cm, glede na spremembe 1980–2018 za dodatnih 30 cm ali 2,5 mm/leto in glede na spremembe 1990–2018 za dodatnih 40 cm ali 3,7 mm/leto (Kazalci okolja 2021).

Najvišje letne višine morja presežejo 300 cm in pri tej višini začne morje poplavljati najnižje dele obale. Običajno se to zgodi ob mlaju ali ščipu v jeseni, ko na dodaten dvig gladine morja vplivajo še vremenske razmere. Najvišja višja visoka voda, to je najvišja gladina morja, je bila v Kopru zabeležena 25. 11. 1969 in je znašala 394 cm. Na mareografu jo označuje tablica visokih voda (Brečko Grubar, Kovačič in Kolega 2019). Število dni, ko se pojavljajo ekstremne višine morja, je v obdobju 1961–2019 znašalo od 8 do 31 letno in v opazovanem obdobju je višina morja več kot 533-krat dosegla ali presegla točko poplavljanja. Podatki kažejo, da se število dni z ekstremnimi višinami morja v zadnjem desetletju povečuje (Kazalci okolja 2021).

Glede na predvideno dviganje gladine morja se tudi slovenska obala ne bo mogla izogniti negativnim posledicam, ki jih prinaša dvigajoča morska gladina.

Pričakujemo, da bodo abrazijski procesi na prevladujoči visoki obali še aktivnejši, nizko obalo, ki pa je večinoma urbanizirana, bodo pogosteje in v večjem obsegu ogrožale poplave morja, zato bo potrebno čim prej sprejeti ukrepe zaščite in prilagajanja. Kljub temu, da je za slovensko obalo ugotovljena izpostavljenost poplavam morja in eroziji (Kolega 2009; Šegina, Komac in Zorn 2012; Kovačič, Kolega in Brečko Grubar 2016), je ocenjevanje njene ranljivosti šele v začetni fazi. Prvi izvedeni poskus ocene ranljivosti (Poklar in Brečko Grubar 2023) z izračunom indeksa fizične ranljivosti smo za ta prispevek še dopolnili in sledili cilju. Cilj ocenjevanja ranljivosti je namreč bil ugotoviti, kateri odseki visokih obal bodo ob zviševanju gladine morja bolj izpostavljeni abraziji in kateri odseki nizkih obal bolj izpostavljeni poplavam morja.

2. Ocenjevanje ranljivosti slovenske obale

Za oceno ranljivosti slovenske obale smo večinoma uporabili javno dostopne podatke, pridobljene iz prostorskih zbirk različnih državnih ustanov, kot so Geodetska uprava Republike Slovenije, Agencija RS za okolje – ARSO in Inštitut za vode RS, nekatere pa smo pridobili tudi s terenskim zajemom. Pripravi podatkov je sledila določitev razredov ranljivosti za posamezne spremenljivke. Čeprav so za ta korak na voljo različne metodologije, razvrstitev na splošno temelji na opredelitvi polkvantitativnih rezultatov po lestvici od 1 do 5 (Gornitz, White in Cushman 1991; Hammar-Klose in Thieler 2001), kjer 1 označuje zelo nizek prispevek določene ključne spremenljivke k ranljivosti obale, medtem ko je s 5 označen zelo visok prispevek. Tako smo za vsako od osmih spremenljivk oblikovali lestvico razvrščanja glede na ranljivost, ki jo prikazuje preglednica 1.

Preglednica 1 Razvrstitev razredov ranljosti za posamezno spremenljivko

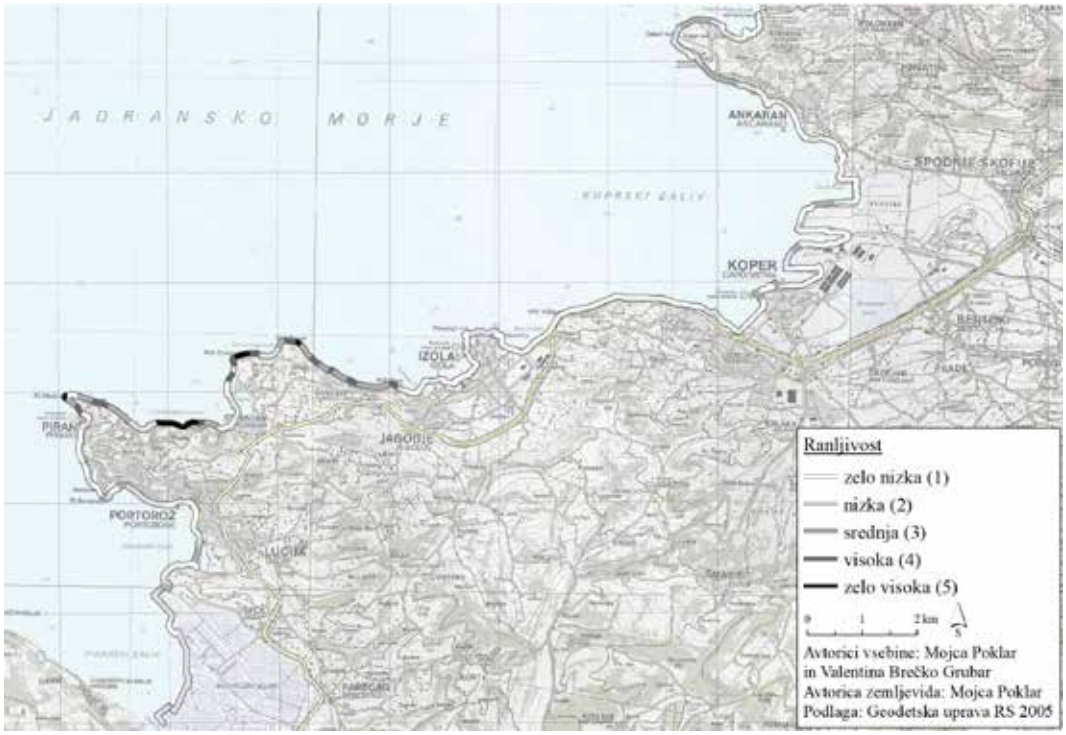
Spremenljivka	Ocena ranljivosti obale				
	Zelo nizka (1)	Nizka (2)	Zmerna (3)	Visoka (4)	Zelo visoka (5)
Nadmorska višina (m)	> 8,5	–	4–8,5	1,3–4	≤ 1,3
Naklon obale (°)	2,3–5,7	5,7–9,8	9,8–15,7	15,7–24,5	24,5–38,1
Lega in usmerjenost obale	zaprta, polzaprta območja	V, JV	Z, SZ	S, SV	J, JZ
Naklon morskega dna (°)	0,43–2,71	2,71–4,27	4,27–5,72	5,72–7,81	7,81–12,44
Stopnja naravnosti obale (%)	80–100	60–80	40–60	20–40	0–20
Širina plaže (m)	> 10	7,5–10	5–7,5	0–5	0
Geomorfni procesi	območja brez klifov	fosilni klif (popolnoma pokrit z rastjem)	fosilni klif (delno, v spodnjem delu pokrit z rastjem)	aktivni klif (brez vidnih erozijskih jarkov, spodmolov, ...)	aktivni klif (vidni erozijski jarki, spodmoli, ...)
Izpostavljenost poplavam (%)	0–20	20–40	40–60	60–80	80–100

Pri ocenjevanju ranljivosti obale na osnovi spremenljivk je koristno najprej razdeliti obalo na različne odseke, ker tako lažje opredelimo prednostna območja za zmanjšanje ranljivosti (Nguyen in sodelavci 2016). Obalno območje smo razdelili na 214 odsekov v velikosti približno 200 m x 200 m, nato pa za vsak odsek izračunali oceno ranljivosti za posamezno spremenljivko. Razvrstitev je bila izvedena v GIS na osnovi prostorskih analiz. Nazadnje smo ocene spremenljivk združili v en sam indeks z uporabo enačbe, ki temelji na kvadratnem korenu srednje vrednosti zmnožka spremenljivk, deljenega s skupnim številom spremenljivk, pridobljene vrednosti pa nato normalizirali na lestvico od 1 do 5.

Vrednosti PVI smo razvrstili v razrede ranljivosti z uporabo enakih razredov: (1) zelo nizka ranljivost, (2) nizka ranljivost, (3) srednja ranljivost, (4) visoka ranljivost in (5) zelo visoka ranljivost ter jih kartografsko prikazali.

3. Skupni indeks fizične ranljivosti slovenske obale

Izračunani rezultati PVI za slovensko obalo se gibljejo od 2,2 do 23,7 in s srednjo vrednostjo 8,1 ter standardnim odklonom 4,8. Vrednosti so bile nato normalizirane in končne rezultate ranljivosti za vsak obalni odsek prikazuje slika 1.



Slika 1 Skupna ocean ranljivosti slovenske obale

Rezultati kažejo, da je 5,7 % obale visoko ranljive in 2,9 % obale zelo visoko ranljive. Najvišje ocene ranljivosti za dvigajočo morsko gladino so predvsem na odsekih visoke obale s strmimi in neporaščenimi klifi med Fieso in Pacugom, na rtiču Strunjan

ter na rtiču Ronek. Za ta območja so, poleg večjih naklonov površja kopnega, ugotovljeni še večji nakloni morskega dna ter pretežno severna usmerjenost obale, ki je izpostavljena pogostim in močnim severovzhodnim vetrovom. Obala je tukaj v razmeroma naravnem stanju, brez umetnih zaščitnih struktur, ki bi ovirale abrazijo in manjša je širina plaž, ki ne presega 7,5 m. Strmi klifi so izpostavljeni abraziji in vodni eroziji ob padavinah, kar kažejo prisotne različne geomorfološke oblike. Poleg klifne obale je zelo visoko ranljiva obala tudi na Punti v Piranu. Nizka nadmorska višina, večji nakloni morskega dna ter odprta lega s pretežno jugozahodno usmerjenostjo obale vplivajo na zelo veliko izpostavljenost poplavljanju morja. Ob dvigu gladine morja v primeru vsakoletnih poplav, ki v Piranu poplavijo le ožje obalno območje, je na tem obalnem odseku skoraj 90 % 100-metrskega obalnega pasu pod vodo. Tudi zgodovinsko gledano velja Piran oziroma njegovo staro mestno jedro za območje, ki je z vidika poplav na slovenski obali najbolj ogroženo (Kolega 2006).

Območja strmih in pretežno severno usmerjenih klifov so v veliki meri ocenjena »le« kot visoko ranljiva. Tak primer je klif med Belvederjem v Izoli in rtičem Ronek. Na oceno je vplival manjši naklon morskega dna, večja širina plaže (presega 7,5 m) ter manj izraziti geomorfni procesi (delno poraščen klif). Oceno visoke ranljivosti so prejeli še nekateri odseki klifa v Strunjanu, Pacugu in klif na severnem delu Pirana.

Srednje ranljivi odseki obsegajo 13,8 % in so tako na nizki kot tudi visoki obali. Na visoki obali je za dobro polovico vseh odsekov in se nahajajo na delih prej omenjenih klifov, ki pa so bili glede na posamezne spremenljivke ocenjeni z nižjo ranljivostjo. Klifa pod cerkvijo Sv. Jurija v Piranu ter vzhodni del klifa med Piranom in Fieso sta, kljub večjemu naklonu, pretežno severni oziroma severovzhodni usmerjenosti in večjemu naklonu morskega dna, ocenjena kot zmerno ranljiva, ker sta antropogeno spremenjena. Pod cerkvijo je klif namreč utrjen in zavarovan pred abrazijo, med Piranom in Fieso pa je urejena sprehajalna pot, ki klif prav tako varuje pred delovanjem valov. Zaradi tega je klif v celoti poraščen in na njem ni vidnih geomorfnih procesov. Skrajno vzhodni del klifa v Pacugu je prav tako fosilen, se spušča v nižjo, utrjeno obalo turističnega kompleksa Salinera v Strunjanu, morsko dno ima manjši naklon in, skupaj s širšo plažo, zmanjšuje energijo valov in s tem abrazijo. Podobne lastnosti ima tudi klif v Mesečevem zalivu, ki ga naklon pobočja uvršča med zelo ranljive, naklon morskega dna in širina plaže med nizko ranljive, usmerjen pa je proti severozahodu in delno porasel, kar ga uvršča med srednje ranljive. V kategorijo srednje ranljivih spadata tudi odseka klifov na severnem delu Debelega rtiča in v Ankaranu, med stanovanjskim naseljem Oltra in Mladinskim zdraviliščem in letoviščem Rdečega križa Slovenije Debeli rtič. Naklona pobočij sta tu manjša, plaži na vznožju klifov sta širši in se nadaljujeta v položno morsko dno podmorske kamnite terase. Zaradi izpostavljene severne lege je del klifa na Debelem rtiču aktiven, vidni so plitvi spodmoli in zajede v mehkejši laporovec, drobir na vznožju pa je odnesen, kar nakazuje na pogosto delovanje valov. Del klifa med stanovanjskim naseljem in zdraviliščem pa je delno prekrit z rastjem in ga morje običajno ne doseže.

Srednje ranljiva območja nizke obale obsegajo ustje kanala sv. Jerneja, portoroško marino, območje Bernardina in njegovo bližnjo okolico, koprsko marino na

severnem in mandrač na zahodnem delu starega mestnega jedra ter posamezne odseke v Luki Koper. Na navedenih odsekih je obala umetno utrjena, kar zmanjšuje ranljivost, po drugi strani pa so to območja brez plaž, ki bi ublažile moč delovanja valov. Na srednjo ranljivost odsekov z ustjem kanala Sv. Jerneja, portoroško marino in mandračem v Kopru vpliva predvsem nizka nadmorska višina in s tem izpostavljenost vsakoletnim poplavam, medtem ko so posamezni deli obale v Luki Koper srednje ranljivi predvsem zaradi velikih naklonov morskega dna, ki so posledica poglabljanja plovnih poti. Območje izkazuje tudi relativno nizko nadmorsko višino, a vsakoletne poplave je ne ogrožajo, kar pa bi se z dvigom gladine morja hitro spremenilo. Kolega (2009) je namreč ocenila, da bi se v primeru dviga morske gladine za 0,5 m, kar je le nekoliko manj od gladine morja pri današnjih izjemnih poplavah, na tem območju izoblikovalo večje poplavno območje, ki bi zajelo približno polovico Luke Koper.

Nizko in zelo nizko oceno ranljivosti so prejeli večinoma odseki na nizki obali, ki je v veliki meri antropogeno spremenjena in jo gradnje varujejo pred poplavami. Naklona površja kopnega in morskega dna sta majhna, kar še dodatno vpliva na nizke ocene ranljivosti.

4. Sklep

Indeks fizične ranljivosti obal se je izkazal za učinkovito metodo ocenjevanja ranljivosti obale na dvigajočo gladino morja oziroma posledice podnebnih sprememb. Izbrana metoda, ki je razmeroma preprosta in ponovljiva, je omogočila pridobitev prvih rezultatov ocenjevanja ranljivosti, s katerimi smo določili območja, ki so bolj izpostavljena dvigajoči gladini morja. Kljub zadovoljstvu z rezultatom so se pri izračunu PVI za slovensko obalo pokazale določene pomanjkljivosti. Slovenska obala je kljub svoji kratkosti geografsko izredno pestra, geomorfološko se izmenjujeta visoka in nizka obala, na ranljivost posamezne pa različni kazalniki različno vplivajo. Ranljivost visokih obal je namreč povezana predvsem z erozijskimi oziroma abrazijskimi procesi in odmikanjem obalnih sten, ranljivost nizkih pa s poplavami oziroma širjenjem morja na nižje ležeče dele kopnega in v estuarije rek. Zaradi različnega vpliva posameznih kazalnikov pri skupni oceni ranljivosti za visoke in nizke obale, bi bilo smiselno izdelati ločena izračuna PVI, kjer bi posameznim kazalnikom tudi pripisali različno težo na osnovi metode analitično hierarhičnega procesa (AHP).

Za prilagajanje prihodnjim razmeram je poznavanje ranljivosti obal zelo pomembno, saj le tako lahko zmanjšamo izpostavljenost negativnim učinkom in posledično zmanjšamo škodo za človeka oziroma njegove dejavnosti. Čeprav izboljšava metodologije za oceno ranljivosti obale na dvigajočo gladino morja ostaja izziv za prihodnje raziskave, so pričujoči rezultati pomemben prispevek k prepoznavanju ranljivosti slovenske obale.

5. Viri

[1] Agencija RS za okolje. 2022. Poročilo o okolju v Republiki Sloveniji 2022. Poročilo. Ljubljana: Agencija Republike Slovenije za okolje, Ministrstvo za okolje in prostor.

[2] Brečko Grubar, Valentina, Gregor Kovačič in Nataša Kolega. 2019. »Podnebne spremembe vplivajo na pogostejše poplave morja«. Geografija v šoli 3: 30–34.

[3] Church, John A., Peter U. Clark, Anny Cazenave, Jonathan M. Gregory, Svetlana Jevrejeva, Anders Levermann, Mark A. Merrifield, Glenn A. Milne, R. Steven Nerem, Patrick D. Nunn, Antony J. Payne, W. Tad Pfeffer, Detlef Stammer in Alakkat S. Unnikrishnan. 2013. »Sea level change«. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, ur. T. F. Stocker in sodelavci, 1137–1216. Cambridge: Cambridge University Press.

[4] Evropska agencija za okolje (EEA). 2022. »Global and European sea level rise«. Https://www.eea.europa.eu/ims/global-and-european-sea-level-rise.

[5] Gornitz, Vivien, Tammy W. White in Robert M. Cushman. 1991. »Vulnerability of the U.S to future Sea Level Rise«. Journal of Coastal Research 9: 201–237.

[6] Hammar-Klose Erika S. in E. Robert Thieler. 2001. »Coastal vulnerability to sea-level rise, a preliminary database for the U.S. Atlantic, Pacific, and Gulf of Mexico coasts«. U.S. Geological Survey, Digital Data Series 68. Http://pubs.usgs.gov/dds/dds68/.

[7] IPCC. 2015. Climate Change 2014: Synthesis Report. Poročilo. Ženeva: Intergovernmental Panel on Climate Change.

[8] Kazalci okolja v Sloveniji. 2021. »Višina morja.« Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor. Http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/visina-morja-5.

[9] Kolega, Nataša. 2006. »Slovenian coast sea floods risk«. Acta geographica Slovenica 46 (2): 143–169.

[10] Kolega, Nataša. 2009. »Medsebojno vplivanje kopnega in morja (Določanje značilnosti stika med kopnim in morjem s pomočjo lidarskih in sonarskih snemanj)«. Doktorska disertacija. Koper: Univerza na Primorskem, Fakulteta za humanistične študije.

[11] Kolega, Nataša in Mojca Poklar. 2012. »Morphological analysis of the Slovenian coast with data from lidar and sonar ranging«. Acta geographica Slovenica 52 (1): 121–140.

[12] Kovačič, Gregor, Nataša Kolega in Valentina Brečko Grubar. 2016. »Vpliv podnebnih sprememb na količine vode in poplave morja v slovenski Istri«. Geografski vestnik 88 (1): 31–36.

[13] McCarthy, James J., Osvaldo F. Canziani, Neil A. Leary, David J. Dokken in Kasey S. White. 2001. Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. Cambridge: Cambridge University Press.

[14] Nguyen, Thang T. X., Jarbas Bonetti, Kerrylee Rogers in Colin D. Woodroffe. 2016. »Indicator-based assessment of climate-change impacts on coasts: A review of concepts, methodological approaches and vulnerability indices«. Ocean & Coastal Management 123: 18–43.

[15] Nuccitelli, Dana. 2018. »How much and how fast will global sea level rise?«. Bulletin of the Atomic Scientists 74 (3): 139–141. Doi: 10.1080/00963402.2018.1461894.

[16] Poklar, Mojca in Valentina Brečko Grubar. 2023. »Assessing coastal vulnerability to sea level rise: the case study of Slovenia«. The Egyptian Journal of Environmental Change 15 (1): 7–22. Doi: 10.21608/EJEC.2023.286639.

[17] Ramieri, Emiliano, Andrew Hartley, Andrea Barbanti, Filipe Duarte Santos, Ana Gomes, Mikael Hilden, Pasi Laihonen, Natasha Marinova in Monia Santini. 2011. Methods for Assessing Coastal Vulnerability to Climate Change. Poročilo. Https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-cca/products/etc-cca-reports/1 (accessed on 28 December 2022).

[18] Šegina, Ela, Blaž Komac in Matija Zorn. 2012. »Influencing factors the rockwall retreat of flysch cliffs on the Slovenian coast.« Acta Geographica Slovenica 52 (2), 303–334. Https://doi.org/10.3986/AGS52202.

PRIZADEVANJA ZA PRILAGAJANJE SISTEMA UPRAVLJANJA VODA PODNEBNIM SPREMEMBAM V POREČJU KAMNIŠKE BISTRICE

asist. dr. ANJA TORKAR[1], asist. JERCA PRAPROTNIK KASTELIC[1],
asist. AJDA CILENŠEK[2], doc. dr. PRIMOŽ BANOVEC[2],
izr. prof. dr. BARBARA ČENČUR CURK[1]

[1]Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta,
Oddelek za geologijo,
[2]Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Oddelek za okoljsko gradbeništvo

POVZETEK

Posledice podnebnih sprememb so v Srednji Evropi že opazne in zahtevajo boljše usklajevanje tveganj, povezanih z upravljanjem voda. Na podlagi predhodnih raziskav, ki se osredotočajo na upravljanje in varovanje vodnih virov prek trajnostnega upravljanja rabe prostora, vključno s prilagajanjem podnebnim spremembam in tveganji, povezanimi z vodo, kot so poplave in intenzivne padavine, suša in pomanjkanje vode, smo razvili integrirano orodje CC-ARP-CE. Integrirano orodje je spletna platforma, ki nacionalnim in lokalnim deležnikom zagotavlja uporabne informacije za celostno obravnavo različnih področij ukrepanja pri upravljanju voda, na katere vplivajo podnebne spremembe. Glavni izzivi na tem področju so bili zmanjševanje tveganj posledic obilnih padavin, zaščita pred poplavami in blaženje suš s celostnim upravljanjem vodnih virov in ustreznim upravljanjem rabe tal ter prilagajanje praks gospodarjenja z gozdovi na podnebne spremembe. Raziskave so bile izvedene v okviru evropskega projekta (TEACHER-CE, Interreg CE), kjer je sodelovalo 12 partnerjev iz 8 držav (Slovenije, Nemčije, Avstrije, Poljske, Italije, Slovaške, Češke in Madžarske) z različnimi strokovnimi znanji s področja upravljanja voda, okolja, gozdarstva, kmetijstva, podnebnih sprememb in prostorskega načrtovanja. Glede na negotovost prihodnjega podnebja stremimo k vsakodnevni in razširjeni uporabi spletnega integriranega orodja za učinkovito in zanesljivo vključevanje prilagajanja podnebnim spremembam v sektorske načrte, kot so načrti upravljanja poplav, porečij in suše, pa tudi v regionalne ali lokalne prostorske načrte.

Ključne besede:

podnebne spremembe, upravljanje z vodami, poplave, suša, Kamniška Bistrica

1. Uvod

Podnebne spremembe različno vplivajo na upravljanje voda in z njimi povezane sektorje. Tveganje intenzivnih padavin in poplav se povečuje. Hkrati se povečuje tudi tveganje pogostosti ekstremno sušnih obdobij, kar vpliva na razpoložljivost in kakovost podzemne vode ter posledično pitne vode. Dogodki pogosto sovpadajo, saj se lahko na primer ekstremne nevihte pojavijo tudi v sušnih obdobjih, kar povzroči ekstremno močno deževje in poplave. Kombinacija ekstremov povzroča težave za različne vrste rabe prostora in infrastrukture, kot so urbana območja in zelene površine ter z vodo povezani ekosistemi, oskrba s pitno vodo, upravljanje mestnih voda (kanalizacijski sistemi) ter kmetijstvo in gozdarstvo. Kljub temu, da so vplivi podnebnih sprememb ter strategije in ukrepi za prilagajanje nanje znani, je prenos znanja v prakso še vedno omejen. Predvsem opažamo pomanjkljiv prenos znanja v druge povezane sektorje ter prenos znanja odločevalcem v zvezi s podnebno varnim upravljanjem voda in urbanističnim načrtovanjem.

Cilj raziskave je bil razviti integrirano orodje, ki se osredotoča na podnebno odporno upravljanje voda in temelji na že uveljavljenih orodjih s tega področja. Orodje smo razvili za pomoč občinam in regijam v Srednji Evropi, da bi postale bolj odporne na ekstremne vremenske pojave (vključno s podnebnimi spremembami) ter se izognile negativnim vplivom na ekosisteme in rabo tal.

2. Koncept in razvoj orodja

Integrirano spletno orodje je bilo razvito na podlagi pregleda rezultatov 23 projektov, pri čemer so se osredotočili na štiri projekte PROGRAMA Interreg CE: RAINMAN, PROLINE-CE, FRAMWAT in SUSTREE. Vzpostavljene so bile tudi sinergije z izbranimi projekti iz programov CE, H2020, DTP, Copernicus Climate Change Service (C3S) in drugimi. Namen je bil opredeliti najboljše razpoložljive gradnike za celovito orodje, razviti sinergije med njimi in tako zagotoviti podlago za zasnovo orodja CC-ARP-CE. Posamezni rezultati in opredeljeni prilagoditveni ukrepi iz projektov so vključeni v orodje in podatkovno bazo ukrepov [1].

Orodje uporabnikom pomaga zlasti pri:

- obvladovanju posledic intenzivnih padavin in poplav;
- izkoriščanju malih ukrepov za zadrževanje vode;
- zaščiti pitne vode s trajnostno rabo prostora;
- in ustrezno upravljanje gozdov glede na podnebne spremembe.

Glavno vodilo je bilo, da je orodje prijazno za uporabnika. Zato je bil naš pristop k oblikovanju zbirke orodij sledeči. Uporabniki bi morali imeti možnost prispevati svoje ideje/probleme in s pomočjo našega orodja bolje le-te razumeti, tako da dobijo informacije o pričakovanih spremembah, ki so posledica podnebnih sprememb in predlaganih ukrepov za reševanje problema. Prav tako lahko uporabnik zbere več informacij z iskanjem po obstoječih nacionalnih orodjih in orodjih EU za upravljanje voda.

Cilj orodja je tudi vzpodbuditi izmenjavo različnih mnenj in vizij o upravljanju voda v določenih povodjih z različnimi deležniki ter podpreti proces učenja in sodelovanja, v skladu z Okvirno vodno direktivo (WFD). Nekatera orodja, ki obstajajo na nacionalni ravni, so uradna orodja, ki zagotavljajo informacije o vodnih telesih in zlasti o njihovem stanju (v skladu z WFD), informacije o poplavnih nevarnostih in programih za izvajanje ukrepov za zmanjšanje poplavne ogroženosti (EU poplavna direktiva, EU FD). Zato je orodje dobro vpeto v kontekst obstoječih direktiv WFD in FD, pri čemer se poskuša izogniti prekrivanju z obstoječimi orodji.

Opredeljenih je bilo sedem področij ukrepanja [2] v sektorju upravljanja voda, ki so pomembna za CC-ARP-CE orodje:

- Upravljanje poplavne ogroženosti zaradi padavinskih voda;
- Upravljanje ogroženosti zaradi rečnih poplav;
- Upravljanje podzemnih voda;
- Upravljanje s sistemi oskrbe s pitno vodo;
- Upravljanje voda za potrebe namakanja;
- Upravljanje s pomanjkanjem vode in sušami;
- Upravljanje ekosistemov, odvisnih od vode.

Opredeljena zadeva/izziv je na zemljevidu prikazana z ikono ustreznega področja ukrepanja in obarvana glede na ustrezno kategorijo (gozdarstvo, splošno upravljanje voda, kmetijstvo, mokrišča, vodnogospodarske ureditve in ureditve za obvladovanje erozije ter urbane površine).

3. Zbirka/katalog ukrepov

Jedro orodja CC-ARP-CE je integriran celovit katalog ukrepov, zbranih iz vseh neposredno uporabljenih projektov in nekaterih drugih povezanih evropskih projektov. Zbirka ukrepov se osredotoča na opredelitev morebitnih težav, povezanih z vodo, kot so poplave, intenzivne padavine in suše, ter jih povezuje z ukrepi za preprečevanje tveganj poplav in suš, prilagajanje podnebnim spremembam in zaščito vodnih virov s trajnostnim upravljanjem rabe prostora. Cilj je opredeliti morebitne podnebne vplive na razpoložljivost in kakovost vode, ki bi lahko vplivali na površinske in podzemne vode.

Rezultat tega pristopa je usklajen katalog ukrepov, ki je bil ocenjen glede na razvrstitev izbranih meril. Ukrepe je mogoče filtrirati po kategorijah (področja ukrepanja, raba prostora, vrsta ukrepov) in jih oceniti z metodo AHP - analitični hierarhični proces za izbiro ukrepov glede na merila s parno primerjavo. Izbrana merila so naslednja:

- **stroški** – opredeljeni v smislu pomembnosti ekonomskih omejitev za izbiro ukrepov. Upoštevati je treba vse vidike. Ocena: čim cenejši je ukrep dobre prakse upravljanja, višja je vrednost.

- **večfunkcionalnost** – pomeni zmožnost zagotavljanja drugih funkcij, za katere primeri dobrih praks niso posebej zasnovani. Ocenjevanje: čim večji je nabor zagotovljenih storitev, tem višja je povezana vrednost.
- **robustnost** – nanaša se na sposobnost ukrepov dobrih praks, da se spopadajo z zunanjimi omejitvami, ki v fazi načrtovanja niso bile načrtovane ali so bile predmet negotovosti (npr. podnebne spremembe ali spremembe rabe zemljišč v okolici). Ocena: bolj kot je ukrep dobre prakse robustnen, višja je pripadajoča vrednost.
- **trajanje in zapletenost izvajanja** – lahko se obravnava kot ovira za izvedbo. Trajanje je čas, ki je potreben za izvajanje ukrepov dobrih praks in do takrat ko je ukrep učinkovit, ter vključuje vse postopke prvega izvajanja. Ocena: čim krajši in enostavnejši je postopek izvajanja, tem višja je vrednost.

Orodje uporabniku pomaga opredeliti zadeve/izzive povezane z upravljanjem voda in omogoča primerjavo s podobnimi izzivi v drugih državah, preverja predlagane ukrepe in prikazuje pričakovana nihanja različnih podnebnih kazalnikov v dveh časovnih obdobjih in za različne scenarije podnebnih sprememb za izbrano območje. Predlagani ukrepi lahko pomagajo lokalnim in regionalnim deležnikov pri prilagajanju na različne vplive podnebnih sprememb in njihovih vplivov na upravljanje voda.

4. Orodje CC-ARP-CE

Orodje CC-ARP-CE omogoča izbor ukrepov za prilagajanje podnebnim spremembah na področju upravljanja voda (poplave, suše, varovanje virov pitne vode) [3]. Orodje so testirali ključni deležniki na devetih pilotnih območjih Srednje Evrope z vnosi njihovih zadev/izzivov, ki so povezani s področji ukrepanja kot so; upravljanje ogroženosti zaradi rečnih poplav, upravljanje podzemnih voda, upravljanje s sistemi oskrbe s pitno vodo, upravljanje voda za potrebe namakanja, upravljanje s pomanjkanjem vode in sušami, upravljanje ekosistemov odvisnih od vode. Na podlagi podatkov, pridobljenih med testiranjem, smo izboljšali orodje, ki smo ga nato na vsakem pilotnem območju na delavnici predstavili deležnikom. Ta korak je bil pomemben, da smo ugotovili, kako dobro je orodje CC-ARP-CE prilagojeno dejanskim potrebam uporabnikov, kot so občine, komunale ali urbanisti, ter kako ga še dodatno izboljšati.

Orodje CC-ARP-CE ima pet funkcij:

1) Prepoznavanje zadev z izbiro ukrepov;
2) Podnebni kazalniki;
3) Spletna orodja drugih projektov;
4) Razvrstitev in katalog ukrepov;
5) Referenčne povezave na ravni EU in nacionalni ravni.

5. Pilotno območje porečja Kamniške Bistrice

Slovensko pilotno območje, ki smo ga uporabili za preizkušanje in izboljšanje orodja CC-ARP-CE, je porečje Kamniške Bistrice. Kamniška Bistrica je hudourniška reka, ki izvira v goratem predelu Kamniških Alp z vrhovi, visokimi več kot 2.000 m in teče skozi mesto Kamnik v nižino. V spodnjem, ravninskem delu pilotnega območja je Kamniška Bistrica močno regulirana zaradi hidroenergetskega potenciala in varstva pred poplavami.

Kamniška Bistrica ima zelo dobro ekološko in kemijsko stanje vode v njenem zgornjem toku. Največjo skrb vzbujajo izviri v dolini Kamniške Bistrice, ki oskrbujejo vir pitne vode Iverje, ki s pitno vodo oskrbuje približno 20.000 prebivalcev občin Kamnik in Komenda. V poletnih mesecih se pogosto pojavljajo suše, zlasti v daljših obdobjih brez padavin. Zlasti v poletnih mesecih, ko je glavni kanal skoraj suh in temperatura vode naraste, je voda v spodnjih delih povodja občasno onesnažena, kljub temu, da je velik del naselij priključen na kanalizacijski sistem in centralno čistilno napravo. Ranljivost podzemne vode na slovenskem pilotnem območju je odvisna predvsem od dejavnosti v okoliških gorah in prelivov odpadnih voda ob poplavah.

Kamniška Bistrica napaja vir pitne vode Iverje, ki je glavni vir pitne vode na tem območju in še nima urejenega vodovarstvenega območja (VVO). Območje vodnjakov Iverje se nahaja na aluvialni ravnici v bližini reke, zato je interakcija med površinsko in podzemno vodo prisotna. Določitev vodovarstvenega območja za vodonosnik Kamniške Bistrice je nujno potrebna za zagotovitev varovanja najpomembnejšega vira pitne vode za občino Kamnik.

V spodnjem, ravninskem delu pilotnega območja je Kamniška Bistrica močno regulirana zaradi hidroenergetskega potenciala in varstva pred poplavami. Eden glavnih problemov tega območja so namreč poplave na urbanih območjih in gospodarsko pomembnih območjih, ki bi jih z rednim in učinkovitim spremljanjem ter vzdrževanjem rečnih bregov in strug lahko manj prizadele. Glavni vzrok pogostih in katastrofalnih poplav so močne padavine, zlasti pozno jeseni. Prevladujoča vrsta poplav so poplave hudourniškega nastanka.

Pilotno območje porečja Kamniške Bistrice se z glavno reko Kamniško Bistrico sooča s številnimi vprašanji glede upravljanja voda v širšem smislu. Glavna vprašanja, ki so prepoznana na pilotnem območju, so vezana na naslednja področja ukrepanja: upravljanje poplavne ogroženosti zaradi padavinskih voda, upravljanje ogroženosti zaradi rečnih poplav in upravljanje s sistemi oskrbe s pitno vodo.

V pilotnem območju Kamniška Bistrica je z obvladovanjem tveganja rečnih poplav povezana ali nanj vpliva večina področij ukrepanja. Največji medsebojni vpliv je opazen pri upravljanju oskrbe s pitno vodo in upravljanju tveganja hudourniških poplav. Za učinkovito obvladovanje vprašanj, povezanih s površinskim tokom in podzemno vodo, je potrebno medsektorsko povezovanje obeh področij. K temu bi lahko pripomogla uporaba orodja kot je CC-ARP-CE, ki bi omogočala povezljivost podatkov med občinsko in nacionalno ravnjo.

6. Zaključki

Namen razvitega orodja je podpora prilagajanju podnebnim spremembam v sektorskih načrtih, kot so upravljanje voda, kakor tudi v prostorskih načrtih. Novo orodje CCARPCE uporabnikom nudi nabor ukrepov za varovanje virov (pitne) vode, zmanjševanje poplavne ogroženosti in ogroženosti pred sušo ter ukrepov za pomoč pri prilagajanju regij Srednje Evrope podnebnim spremembam ter z njimi povezanimi vremenskimi dogodki. Omogoča umeščanje izzivov povezanih z upravljanjem voda in z njimi povezanih ukrepov v prostor. Orodje uporabnikom nudi tudi vpogled v pričakovane spremembe podnebnih kazalnikov in nabor obstoječih nacionalnih in evropskih orodij ter podatkovnih portalov in baz, razvrščenih po področjih ukrepanja na področju upravljanja voda.

7. Viri

[1] GERHARDT, E., PRAPROTNIK KASTELIC, J., CILENŠEK, A., TORKAR, A., ČENČUR CURK, B., BANOVEC, P., GORIS, A., HEILAND, P., WEINER, S., VALENTA, V., BOJANOWSKI, D., COURSEAU, L., KARDEL, I., OKRUSZKO, T. AND STANCZYK, T. 2022. Skupna prizadevanja za prilagajanje Sistema upravljanja voda podnebnim spremembam v Srednji Evropi (https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/Brochure-national.zip)

[2] TEACHER, 2020. Climate Change Impacts on Water Management in CE and TEACHER Pilot Actions. [https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/TEACHER-CE/D.T1.1.3-Impacts-of-CC-on-water-management.pdf]

[3] PRAPROTNIK KASTELIC, J., ČENČUR CURK, B., STRGAR, A., CILENŠEK, A. AND BANOVEC, P. 2022. CC-ARP-CE – Integrated Toolbox for Climate Change Adaptation and Risk Prevention [https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/TEACHER-CE/O.T2.1-TEACHER-CE-CC-ARP-CE-V1.pdf]

IZBOLJŠANJE PRIPRAVLJENOSTI IN ODZIVA NA IZREDNA ONESNAŽENJA IN POPLAVE NA POREČJU REKE SAVE

asist. JERCA PRAPROTNIK KASTELIC[1], AJDA CILENŠEK[1],
asist. dr. ANJA TOKAR[2],
znan. sod. dr. DAVOR KVOČKA[1], MATEJ CERK[1],
izr. prof. dr. BARBARA ČENČUR CURK[2], doc. dr. PRIMOŽ BANOVEC[1]

[1]Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Oddelek za okoljsko gradbeništvo,
[2]Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo

POVZETEK

Ključni izziv projekta WACOM (Water Contingency Management in the Sava River Basin) je bila potreba po izboljšanju in bolj usklajenem ukrepanju ob izrednih dogodkih in nesrečah na čezmejnih vodotokih v Savskem bazenu. Cilj je bilo izboljšanje pripravljenosti in odziva na nesreče za dve vrsti nesreč: izredna onesnaženja na vodotokih in poplave. Obe vrsti nesreč lahko imata izrazite čezmejne učinke, iz česar izhaja tudi potreba po usklajevanju in sodelovanju med državami, kar je potrjeno tudi v protokolih Mednarodne komisije za Savski bazen. Na podlagi teh izhodišč smo v okviru projekta razvili postopke in orodja za bolj usklajen odziv v primeru tovrstnih nesreč. V prvem koraku smo tako razvili napovedni model za propagacijo onesnaženja z naftnimi derivati za celotno reko Savo. Poleg propagacije smo razvili spletna orodja, ki podpirajo ključne potrebe usklajevanja dela in komuniciranja številnih štabov aktiviranih v primeru nesreč in jim pomagajo uskladiti odziv na nacionalnem ali transnacionalnem nivoju. Pri tem smo se v vseh državah enotno naslonili na teorijo vodenja nesreč (Incident Command System). Razvita orodja in postopke smo preverjali na petih mednarodnih štabnih vajah s simulacijo izrednega onesnaženja ali poplav. Tovrstne vaje so se izkazale za pomemben element v projektu, saj se je poleg testiranja orodij v okviru štabnih vaj preverjalo tudi različne realne postopke odziva in vodenja. Izkušnje celotnega projekta, kakor tudi prepoznane pomanjkljivosti obstoječih sistemov, smo oblikovali v strateška priporočila, ki so osnova za nadaljnje delo na izboljšanju sistemov v državah članicah Savske komisije, kakor tudi nadgradnjo samega sistema čezmejnega sodelovanja za usklajeno ukrepanje ob izrednih dogodkih na čezmejnih vodotokih.

Ključne besede:

Poplave, Onesnaženje, Savski bazen, Upravljanje z izrednimi stanji na vodah, razlitje nafte, voda

1. Uvod v boljše upravljanje z nesrečami na vodah

Včasih se nam zdi, da obvladujemo naše življenje, vendar se ta navidezni mir lahko v hipu spremeni. Intenzivne padavine, ki jih vse pogosteje spremljamo, spremenijo nam ljubi potok v podivjan hudournik in mirno reko v uničujoč vodotok. Industrije skladiščijo, uporabljajo in prevažajo nevarne snovi, kar lahko povzroči izredno onesnaženje velikega obsega. Ti dogodki niso nujno vezani le na lokalno okolje, saj lahko učinki delujejo tudi na velika območja in pogosto prečkajo tudi državne meje. Nedavni dogodki žal potrjujejo to dejstvo: poplave leta 2014 in razlitje na reki Spreči leta 2018. Da bi naslovili te izzive, so štiri države: Bosna in Hercegovina, Hrvaška, Srbija in Slovenija, podpisale Okvirni Sporazum o Savskem bazenu (FASRB), katerega cilj je trajnostno upravljanje z vodami in izvajanje usklajenih ukrepov za preprečevanje ali omejevanje nevarnosti ter za zmanjševanje in odpravo škodljivih posledic nesreč. Za nadaljnjo implementacijo FASRB preko Mednarodne Komisije za Savski Bazen (ISRBC) in sekretariata komisije se v ta proces vključuje institucije na različnih nivojih in iz različnih področij, da bi skupaj razvili orodja in postopke, s katerimi bi izboljšali upravljanje s tovrstnimi dogodki.

Project WACOM, ki je bil sofinanciran s strani Evropske Unije, je dober primer čezmejnega projekta, s katerim se izboljšuje sodelovanje med institucijami, hkrati pa je projekt prispeval k praktični izvedbi izboljšanih postopkov upravljanja in odziva v primeru poplav in izrednih onesnaženj, ki so se prenesli v orodja in postopke ISRBC in njenega sekretariata. Na osnovi pregleda stanja smo razvili orodja in postopke, s katerimi izboljšujemo izmenjavo informacij pred in med nesrečami na porečju reke Save. Ti so bili preverjeni na štabnih vajah, pri katerih so sodelovali upravljalci voda, civilna zaščita, policija, enote zaščite in reševanja in drugi. Na osnovi analize vaj ter niza delavnic smo oblikovali predlog strategije, s katero se podpira izvajanje FASRB in s sporazumom povezane protokole na čezmejnem nivoju.

2. Izzivi upravljanja voda

Savski bazen obsega 12 % Donavskega povodja in s svojo izjemno biotsko in krajinsko pestrostjo prispeva k značilnostim vodnega območja Donave. V njem se nahaja največji kompleks aluvialnih mokrišč v Donavskem bazenu in veliki kompleksi nižinskih gozdov. Reka Sava je edinstven primer reke, kjer so nekatera poplavna območja še dokaj neokrnjena, kar pripomore k blaženju poplav in k biotski raznovrstnosti. Savski bazen se razprostira na območju šestih držav: Slovenije, Hrvaške, Bosne in Hercegovine, Srbije, Črne gore in Albanije.

Poleg rednega upravljanja z vodami, ki se povezuje z izvajanjem Okvirne direktive EU o vodah (2000/60) ISRBC in posamezne države članice v okviru obstoječe zakonodaje in postopkov naslavljajo tudi izredna stanja, kjer so poplave in izredna onesnaženja ena izmed najpogostejših in najdražjih nesreč. Takšni dogodki negativno vplivajo na človeška življenja, lastnino in okolje.

Zadnje katastrofalne poplave v Savskem bazenu sredi maja 2014 so bile posledica močnih padavin na velikem območju, ki so se pričele že zgodaj v letu 2014. V tem času se je oblikoval dolg poplavni val na reki Savi, ki je trajal vse do začetka junija.

Poplave so prizadele več kot 2,5 milijona ljudi, 79 jih je umrlo; škoda v teh poplavah je ocenjena na več kot 3,8 milijarde evrov (ICPDR & ISRBC, 2015). V zadnjih nekaj letih sta se sicer na širšem območju zgodili dve večji nesreči, ki sta vplivali na vodo in vodni ekosistem, in sicer na reki Spreči v Bosni in Hercegovini leta 2018 in na reki Rižani v Sloveniji leta 2019. Nedavne raziskave reke Spreče kažejo, da je biotska raznovrstnost v neposredni nevarnosti zaradi zmanjšanja števila rib in izginotja ribjih vrst. Nesreča na železniški progi Ljubljana-Koper pa je ogrozila reko Rižano, ki je vir pitne vode za Obalno-kraško regijo. Sama struktura kraškega vodonosnika je najverjetneje preprečila resnejše posledice.

Vse nedavne nesreče, povezane s poplavami in onesnaženjem, poudarjajo nujnost dobrega sodelovanja med institucijami na državni in čezmejni ravni, ter potrebo po učinkovitem odzivanju in obvladovanju tovrstnih situacij.

Na nivoju podpovodij že obstajajo nekateri mehanizmi za izmenjavo informacij v izrednih razmerah, in sicer Savski geografski informacijski sistem – SavaGIS (ISRBC, 2015a), Savski hidrološki informacijski sistem – SavaHIS (ISRBC, 2015b), Savski sistem za napovedovanje poplav v Savskem bazenu – Sava FFWS (ISRBC, 2022a) in Sistem za opozarjanje ob nesrečah – AEWS (ICPDR, 2000) na ravni Donavskega bazena. Ti sistemi zagotavljajo osnovne podatke in informacije o bazenu in tveganju v primeru poplav, trenutne podatke o vodostajih in napovedi poplav ter opozorilna sporočila v primeru čezmejnega onesnaženja. Med nedavnim onesnaženjem in ekstremnimi poplavami je bila poleg teh orodij prepoznana jasna potreba po izboljšanih mehanizmih za podporo odzivu. Poleg tega je transnacionalna in medsektorska interakcija med institucijami, ki so odgovorne za upravljanje z vodami in civilno zaščito, področje, na katerem bi bilo treba sodelovanje dvigniti na višjo in učinkovitejšo raven.

3. Razvoj WACOM orodij

Odziv na izredne dogodke na področju voda je v osnovi heterogen in zahteva sodelovanje različnih sektorjev (upravljanje voda, civilna zaščita, plovba, policija, posebne enote itd.), različnih ravni oblasti (države/entitete, regije in lokalni nivo), zasebnih deležnikov in uporabnikov vode.

Prvi izziv projekta WACOM je bila opredelitev standardnih postopkov okoli katerih bi oblikovali orodja za podporo odzivu na nesreče v transnacionalnem okolju. Po izvedeni analizi smo ugotovili, da se tri od štirih sodelujočih držav navezujejo na postopke upravljanja incidentov, ki so jih opredelile ZDA - nacionalni sistem upravljanja incidentov (NIMS – National Incident Management System; FEMA, 2017) in njegov posebni del – sistem vodenja incidentov (ICS – Incident Command System). Kontekst ICS – je bil opredeljen kot primeren za opredelitev ključnih čezmejnih procesov za izredne dogodke, obravnavanih v projektu WACOM, vsekakor s potrebnimi prilagoditvami. Razvoj sklopa orodij za transnacionalno sodelovanje aktiviranih štabov (WACOM orodje) je bil osredotočen na omogočanje izmenjave informacij o dveh prepoznanih ključnih elementih izmenjave informacij: ICS 207 (Incident Organization Chart) in ICS 209 (Incident Status Summary). Vsebine

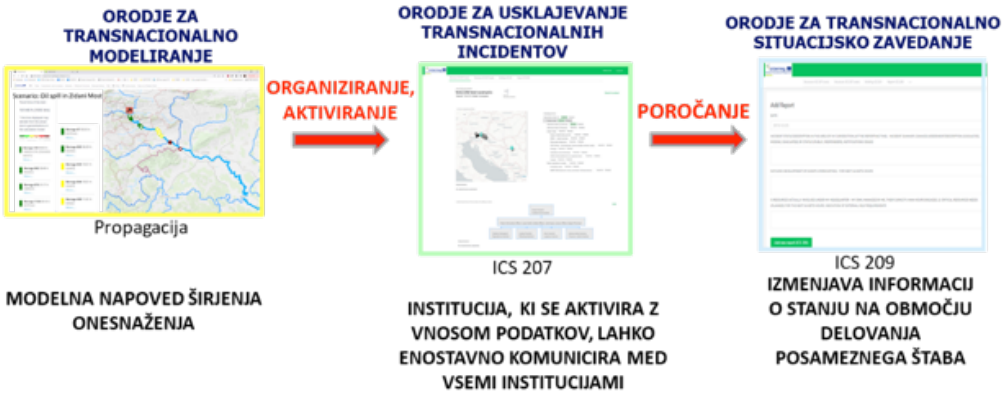
teh dveh ICS komponent so bile podprte na spletni strani (WACOM orodje), ki je podprta s prostorsko umestitvijo dogodka in sodelujočih štabov.

Orodje WACOM, tako obravnava tri ključne komponente, ki so opredeljeni tudi v teoriji ICS: situacijsko zavedanje, komunikacijo, ter načrtovanje (preko modeliranja in napovedovanja). Orodje je bilo razvito in preizkušeno na petih štabnih vajah. Trije ključni elementi orodja so:

1. **Orodje za komunikacijo/usklajevanje transnacionalnih incidentov** – sloni na standardu ICS 207 in omogoča učinkovito in uspešno dinamično identifikacijo institucij (njihovih štabov), ki so aktivirane ob incidentu (poplave, izredna onesnaženja). Orodje združuje informacije o organizaciji aktiviranih štabov, njihove kontaktne informacije, Vzpostavitev enovite slike institucij (njihovih štabov), ki sodelujejo v odzivu na incident pripomore k izboljšanju splošnega odziva na nesreče in splošnega obvladovanja izrednih dogodkov. Pri tem smo poenotili umestitev večinstitucionalnih štabov, ki delujejo pod okriljem civilne zaščite in štabov, ki koordinirajo delovanje posamezne institucije (javne ali zasebne - podjetja).

2. **Orodje za transnacionalno načrtovanje (modeliranje/napovedovanje)** – podpira funkcijo načrtovanja v okviru teorije ICS, saj v realnem času omogoča napovedovanje razvoja dogodka (poplave, izredna onesnaženja) na podlagi podatkov o pretokih rek. Modul za napovedovanje poplav je deloval že pred projektom WACOM (Sava FFWS). Skupaj z modulom, ki podpira modeliranje propagacije izrednega onesnaženja, ki je bil razvit v okviru projekta WACOM, so za obe izredni stanji na razpolago informacije, ki podpirajo delo načrtovalcev v vseh aktiviranih štabih.

3. **Orodje za transnacionalno situacijsko zavedanje** – sloni na ICS standard 209 in preko tega združuje dinamično posredovane informacije aktiviranih štabov o razvoju incidenta, saj periodično, v okviru operativnega obdobja (običajno 24 ur) vzpostavlja sliko dela na področju delovanja vseh institucij (njihovih štabov), ki so aktivno vključene v odziv na nesrečo/incident. Preko tako vzpostavljenega sistema za izmenjavo informacij se tako vzpostavlja enotni vpogled na sliko dogodkov, kar vključuje tudi predvidevanja o delovanju sil na delovnem področju posameznega štaba.



Slika 1: WACOM orodja za boljši odziv na izredne dogodke na vodah

Razvita orodja WACOM predstavljajo podlago za izboljšave in nadaljnji razvoj sistema SavaGIS kot skupne platforme skupnosti ISRBC, ki omogoča izmenjavo in razširjanje informacij in znanja o upravljanju plovbe ter dejavnostih preprečevanja in obvladovanja nesreč v porečju Save. Namen nadgradnje sistema SavaGIS je bil razvoj navigacijskega modula (NAV) in modula za preprečevanje in nadzor nesreč (APC) kot sestavnih delov platforme:

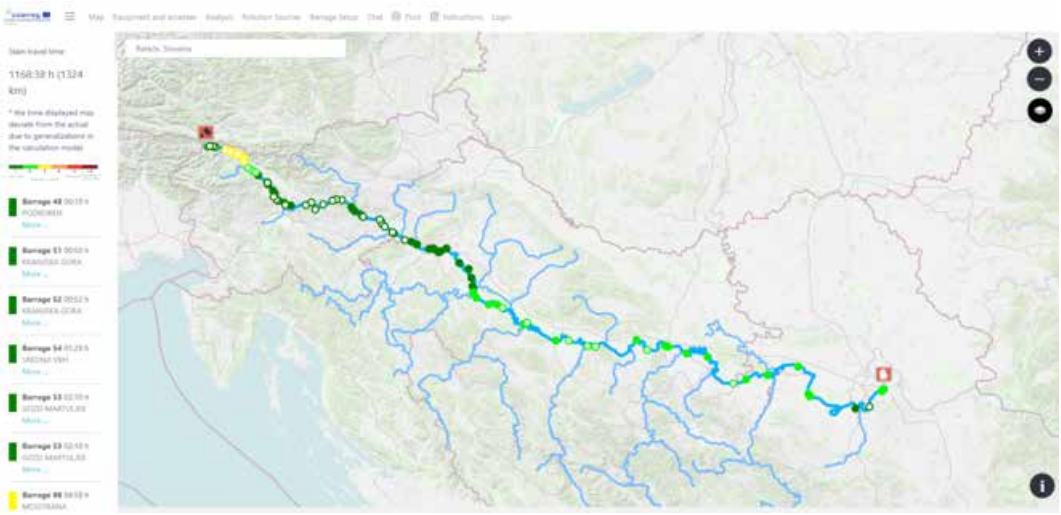
- Modul APC združuje funkcionalnosti upravljanja z informacijami o nevarnosti onesnaženja, o nesrečah, o ukrepih za omilitev posledic onesnaženja ter informacijami v okviru sistemov upravljanja ob izrednih dogodkih in obvladovanja incidentov (ISRBC, 2022b).
- Modul NAV združuje funkcionalnosti upravljanja informacij in vizualizacije elektronskih navigacijskih kart ter informacij iz albuma mostov na reki Savi in njenih plovnih pritokih (ISRBC, 2022c).

3.1 Pristop k modeliranju orodja za napovedovanje širjenja onesnaženja

Ciljno območje modeliranja širjenja izrednega onesnaženja je bila celoten vodotok – reka Sava, ki je bila modelirana od Zelencev v občini Kranjska Gora, do izliva v Donavo v dolžini 1.324 km. Za potrebe modeliranja je bila razdeljena na manjše (in s tem bolj obvladljive) numerične modele. Numerično modeliranje izvedeno v okviru projekta WACOM je bilo izvedeno v dveh korakih:

1) V prvem koraku smo za posamezne odseke reke Save izdelali 31 dvodimenzijskih hidravličnih modelov, za stalni neenakomerni tok z izračunom hitrosti toka in porazdelitvi po računskih celicah v glavnem rečnem kanalu za različne pretoke (metoda končnih elementov), kjer smo krivuljo trajanja pretokov razdelili na 6 kategorij.
2) V drugem koraku, smo nad izračunanimi podatki aplicirali model širjenja onesnaževala (dizelsko gorivo) z uporabo konvekcijsko-difuzijskih enačb, kar nam je kot izhodni podatek podalo informacije o potovalnih časih razlitja dizelskega goriva (čelo propagacije, jedro propagacije, po metodi ‚'particle tracking").

Potreba po pred-izračunanih, modeliranih vrednostih hitrosti propagacije onesnaževanja z dizelskim gorivom izhaja iz potrebnih računskih časov za izračun posameznega modela (odseka vodotoka) in vseh odsekov, ki so vključeni v simulacijo čezmejnega izrednega onesnaženja. Za računanje v realnem času bi bile potrebne računske kapacitete, ali potreba po njihovi organizaciji (vzporedno računanje) odločno prevelike.



Slika 2: WACOM orodje za transnacionalno načrtovanje (modeliranje/napovedovanje) – OIL SPILL, primer; dostopno na: http://wacom.oil-spill.apps.vokas.si/map.

Modelni pretoki so temeljili na krivuljah trajanja pretokov na določenih rečnih odsekih, pri čemer obravnavani modelni pretoki pokrivajo celoten razpon potencialnih pretokov (tj. od nizkih do visokih pretokov). Za izbrane pretoke modela so bile izvedene hidravlične simulacije, pri čemer vsak tok v modelu predstavlja vrsto pretokov, ki so bili razvrščeni v razrede. Izvedene so bile tudi simulacije razlitja nafte za vsakega od izbranih tokov modela na določenem rečnem odseku. Modeli propagacije onesnaževala po izrednem onesnaženju pokrivajo celoten vodotok reke Save (od izvira Zelenci (Slovenija) do Beograda (Srbija).

Povezljivost in stabilnost razvitih modelov propagacije izrednega onesnaženja je bila testirana v seriji testnih simulacij, ki so bile uporabljene tudi za določitev optimalnega časa simulacije in s tem optimizacijo časov delovanja. Skupaj ni bila izvedena nobena simulacija modela, pri čemer so bili vsi ustrezni rezultati modela ovrednoteni v kasnejšem postopku pregleda rezultatov. Povzeti potovalni časi so bili povzeti v zbirki podatkov, ki bo sestavni del zbirke orodij za hitro skupno pripravljenost in odziv.

Zanesljivost procesa modeliranja in rezultatov je odvisna od različnih dejavnikov, ki jih ni vedno mogoče upravljati ali nadzorovati na želeni ravni. Zato je pomembno upoštevati, omejitve, ki so narekovale izdelavo samih modelov, zaradi česar so rezultati modeliranja podvrženi določenim negotovostim in omejitvam pri njihovi interpretaciji. Glavna negotovost modela izhaja iz:

- pomanjkanja meritev in opazovanj, predvsem pomanjkanja batimetričnih meritev,
- pomanjkanja podatkov za umerjanje in validacijo modelov, s čemer je povezana tudi potreba po sledenju propagacije onesnaženj ob preteklih dogodkih.

Ker pa je vse ključne značilnosti razvitih modelov (npr. mreža, robni pogoji, Manningov n, nastavitev razlitja nafte itd.) mogoče prilagoditi, ne da bi bilo treba spremeniti celotno konfiguracijo modela, je razvite modele propagacije razmeroma preprosto vzdrževati in izpopolnjevati. Zato bi lahko negotovosti in omejitve modela v prihodnosti bistveno zmanjšali z občasnimi revizijami in izboljšavami modela, ki bi temeljile na meritvah na terenu in raziskavah.

Rezultati izvedenega 2D modeliranja propagacije onesnaževala po izrednem onesnaženju, tvorijo osnovo na novo razvitega orodja za hitro skupno pripravljenost in odziv. Opozoriti je treba, da je bilo v zadnjih 30 letih po vsem svetu razvitih le nekaj sistemov za podporo odločanju za razlitja nafte v rekah (Kvočka et al., 2021). Kljub vsem morebitnim negotovostim in omejitvam je potrebno modeliranje, izvedeno v okviru projekta WACOM, zato obravnavati kot velik korak naprej tako na tehničnem kot znanstvenem področju v državah, ki si delijo Savski bazen. Modeliranje in kasnejša zbirka orodij za hitro skupno pripravljenost in odzivanje vzpostavita edinstven okvir, ki ga je mogoče uporabiti za izboljšanje našega razumevanja procesov, povezanih z reko Savo, razvoj novih raziskovalnih ekosistemov in tehničnih središč ter vzpostavitev boljšega transnacionalnega sodelovanja med različnimi nacionalnimi agencijami in politiko.

3.2 Testiranje orodij in štabne vaje

Z namenom testiranja razvitih WACOM orodij so partnerji projekta WACOM načrtovali in izvedli pet štabnih vaj. Hkrati s testiranjem orodij so se tekom štabnih vaj verificirali tudi drugi ključni procesi odziva na tovrstne dogodke, ki jih zakonodaja v vseh petih državah opredeljuje v sklopu načrtov zaščite in reševanja, skladno z nacionalno zakonodajo na tem področju.

Vsaka vaja v okviru projekta WACOM je bila organizirana kot mednarodna štabna vaja, voden dogodek z elementi interaktivne razprave med vodjo štabne vaje in udeleženci iz različnih institucij, ki so simulirali delo njihovi štabov, kot odziv na simulirani izrednih dogodek. Vsaka štabna vaja je tako temeljila na scenariju določene nesreče: treh dogodkih simulacije izrednega onesnaženja (Zidani most, Slavonski Brod, Zvornik) in dveh dogodkih poplav čezmejnega značaja.

Priprava na vsako štabno vajo je obsegala pripravo ključnih dokumentov, ki natančno načrtujejo vsak korak vaje. Ti dokumenti so: namen in cilji vaje, zemljevid predvidenih vaj in tveganj, scenariji dogodkov, načrti ukrepov in poročila o zahtevah štabnih vaj (Božiček et al., 2022), pripravljeni so bili na podlagi ciljev projekta in metodologij, opisanih v drugih podpornih dokumentih.

Scenariji vaj opisujejo dogodke, ki so osnova za celoten potek štabne vaje: onesnaženje reke Save z dizelskim gorivom zaradi iztirjenja tovornega vlaka v Zidanem Mostu, nesrečo rečnega tankerja na reki Savi v Slavonskem Brodu, nesrečo avtocisterne v Zvorniku ter dva primera poplav na rekah Sava, Una in Bosna v prvem ter Drina po poplavnem scenariju.

Načrti ukrepov ob izrednih dogodkih so kot izhodišče povzemali obstoječe načrte zaščite in reševanja in s tem opredelili predvidene procese aktiviranja, ukrepanja, komunikacij idr., ki so predvideni za posamezni tip dogodka. S tem smo združevali obstoječe načrte zaščite in reševanja in s tem utečene postopke za koordinacijo in aktivacijo deležnikov z orodji in postopki, ki so bili razviti v okviru projekta WACOM.

Poleg tega je bil razvit niz podpornih dokumentov, s katerimi smo Poročilo o zahtevah štabne vaje, oz. poročilo o implementaciji, določa podrobnosti izvedbe, lokacijo izvedbe, dnevni red, korake izvedbe in vsebino glavne čarovnica dogodkov vaje (Master Scenario Event List), ki opredeljuje podroben potek nalog vsakega posameznega udeleženca vaje (Božiček et al., 2022).

Mednarodno partnerstvo v projektu WACOM je omogočilo izvedbo štabnih vaj v različnih državah z združevanjem mednarodnega odziva v več kombinacijah. Prva štabna vaja ob iztirjenju vlaka in izrednem onesnaženju je bila izvedena v Brežicah v Sloveniji. Zbralo se je več kot 50 deležnikov iz 19 štabov iz Slovenije in Hrvaške. Scenarij velikega onesnaženja reke Save z iztekom nafte iz tovornega vlaka ob nevihti je omogočil udeležencem, da so se vključili in proučili odziv posameznih institucij, operativnih sil in štabov. Med vajo so udeleženci testirali orodja razvita v projektu WACOM, ki omogočajo uporabo novih aktivnosti in procedur za izboljšanje obstoječe transnacionalne koordinacije pri odzivih na nesreče, za izboljšanje zavedanja o situaciji med nesrečami in za pomoč pri modeliranju širjenja onesnaženja. Na vaji so bila orodja WACOM prvič implementirana in uporabljena v simuliranih primerih izrednih stanj. Prvi štabni vaji sta sledili dve v Slavonskem Brodu in dve v Brčkem, vsaka pa je pokrivala eno izredno onesnaženje in en transnacionalni poplavni dogodek. Udeleženci vaj v Slavonskem Brodu so bili deležniki iz Hrvaške ter Bosne in Hercegovine, na vajah v Brčkem pa deležniki iz Bosne in Hercegovine in Srbije. Izvedba vseh vaj je temeljila na skupni metodologiji, interaktivni izdelavi odziva na scenarij nenamernega dogodka, opredelitvi in razlagi vloge posamezne institucije ter uporabi novih orodij WACOM. Analiza je pokazala, da je izvedba takšnih vaj odličen primer dobre prakse za izboljšanje pripravljenosti in ozaveščenosti o odzivu institucij ter za preverjanje in uporabo novih protokolov in orodij za obvladovanje nesreč.

4. Zaključki in priporočila

Glavni cilj WACOM strategij in razvitih orodij je ustvariti pogoje za izboljšane in usklajene institucionalne mehanizme, ki bodo posledično privedli do manjših okoljskih tveganj in manjšega tveganja za javno zdravje v državah ob Savi v primeru nesreč, na področju voda.

Za boljši odziv na nesreče sta bili razviti dve strategiji: (1) Strategija za sodelovanje in povezovanje pri odzivanju na poplave ter (2) Strategija za sodelovanje in povezovanje pri odzivanju na izredno onesnaženje. Obe strategiji določata glavna področja dela za doseganje dolgoročnih sistemskih in operativnih izboljšav na področju obvladovanja izrednih onesnaženj in poplav s poudarkom na fazi priprave in fazi odziva na te dogodke.

Predlog strategij za izvajanje usklajenega načrtovanja pripravljenosti in odzivanja smo pripravili v sklopu projekta WACOM pomemben element za zmanjšanje okoljskih tveganj, povezanih z izrednim onesnaženjem in ob poplavah, predvsem tistih, ki imajo čezmejni vpliv, z izboljšanjem sodelovanja ključnih akterjev in z razvojem skupnega operativnega sistema za aktiviranje protokolov za obvladovanje nesreč v Savskem bazenu. Jedro strategije je niz skoraj 100 primerov dobrih praks, ki so potrebne za učinkovitejši in boljši odziv v primeru izrednega onesnaženja in poplav in združuje vidike upravljanja voda, civilne zaščite in plovbe. Z namenom vzpodbujanja in podpore implementacije strategij, smo razvili orodje Sava STEER, ki omogoča popis mere implementiranosti ukrepov za boljši odziv po posamezni državi.

Možnost uporabe rezultatov tudi po zaključku projekta je podprta s pripravljenim implementacijskim okvirjem za razvita orodja in protokole, ki so usmerjeni v izboljšanje upravljanja s temi nesrečami, ki predstavljajo grožnjo ljudem in vodnim ekosistemom naših rek.

5. Viri

[1] ICPDR & ISRBC, 2015. Floods in May 2014 in the Sava River Basin. Dostopno na: https://www.savacommission.org/UserDocsImages/05_documents_publications/other_publications/sava_floods_report.pdf

[2] ISRBC, 2015a. GeoInformation System for the Sava River Basin (Sava GIS). Dostopno na: https://savagis.org/

[3] ISRBC, 2015b. Hydrological Information System of the Sava River Basin (Sava HIS). Dostopno na: https://savahis.org/

[4] ISRBC, 2022. Flood Forecasting and Warning System in the Sava River Basin (Sava FFWS). Dostopno na: https://www.savacommission.org/flood-forecasting-and-warning-system/579

[5] ICPDR, 2000. AEWS - Accident Emergency Warning System. Dostopno na: https://www.icpdr.org/main/activities-projects/aews-accident-emergency-warning-system

[6] FEMA, 2017. National Incident Management System. Dostopno na: https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema_nims_doctrine-2017.pdf

[7] ISRBC, 2022b. Accident Prevention and Control (APC) module. Modul integrated within SavaGIS. Dostopno na: https://www.savagis.org/map;jsessionid=2355724378320E8119CDB4897ED5455F

[8] ISRBC, 2022c. Navigation modul – NAV. Modul integrated within SavaGIS. Dostopno na: https://www.savagis.org/map;jsessionid=2355724378320E8119CDB4897ED5455F

[9] Kvočka, D.; Žagar, D.; Banovec, P., 2021. A Review of River Oil Spill Modeling: 13, 1620. https://doi.org/10.3390/w13121620.

[10] Božiček, A.; Hribar; A., Banovec, P.; Praprotnik Kastleic, J.; Goršelj, S., 2022. Pilot table-top exercises simulating the incident and the response of transboundary accidental pollution in Zidani Most. Dostopno na: https://www.interreg-danube.eu/approved-projects/wacom/outputs

OBVLADOVANJE PADAVINSKIH ODPADNIH VODA S SISTEMSKIM UMEŠČANJEM MODRO-ZELENE INFRASTRUKTURE V PROSTOR

asist. dr. MATEJ RADINJA[1], doc. dr. PRIMOŽ BANOVEC[1],
doc. dr. ALMA ZAVODNIK LAMOVŠEK[1], doc. dr. GREGOR ČOK[1],
KRISTINA KLEMEN[2], izr. prof. dr. NATAŠA ATANASOVA[1]

[1]Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
[2]IMZI

POVZETEK

Urbanizacija v kombinaciji s podnebnimi spremembami, ki prinašajo pogostejše in intenzivnejše padavinske dogodke, povzroča dodatne pritiske na obstoječe sisteme urbane odvodnje. Posledično slednji pogosto ne opravijo svoje osnovne funkcije, kar vodi v poplave padavinskih voda in razbremenjevanje mešanih kanalizacijskih sistemov v odvodnike. Ker kanalizacijski sistemi niso dimenzionirani za odvajanje ekstremnih padavin, moramo za zmanjševanje poplavne nevarnosti v urbanih območjih vzpostaviti komplementarne ukrepe za obvladovanje padavinskih voda. Tovrstno rešitev predstavlja modro-zelena infrastruktura, ki stremi k decentraliziranemu obvladovanju padavin na samem izvoru, s končnim ciljem ponovne vzpostavitve oz. bolj ugodnega vpliva na naravni vodni krog. Uvajanje modro-zelene infrastrukture zahteva celostno prostorsko načrtovanje, ki vključuje tudi vidike prilaganja na podnebne spremembe. To pomeni, da se vodni sektor v mestih ne sme omejevati zgolj na kanalizacijske sisteme, ampak mora aktivno sooblikovati večfunkcijski urbani prostor. V prispevku bomo osvetlili različne vidike vpeljave modro-zelene infrastrukture v urbana območja z namenom obvladovanja padavinskih voda ter prikazali tuje in domače primere njenega sistemskega umeščanja v prostor. V zaključku podajamo predlog prioritetnih aktivnosti na državni in občinski ravni, ki bi omogočile sistemsko nadgradnjo obstoječih kanalizacijskih sistemov z modro-zeleno infrastrukturo.

Ključne besede:

ekstremne padavine, modro-zelena infrastruktura, prostorsko načrtovanje, podnebne spremembe, prilagajanje urbanih območji, urbana odvodnja

1. Uvod

Učinki podnebnih sprememb in zatečeno stanje v urbanih naseljih oblikujejo razmere, ki jim kanalizacijski sistemi v kritičnih trenutkih, kot so ekstremne padavine, vedno pogosteje niso več kos (Krajnc, 2019). Kanalizacijski sistemi v slovenskih mestih so praviloma dimenzionirani na nizke povratne dobe padavin (1 do 10 let), saj je njihova primarna funkcija odvajanje sušnega odtoka (tj. komunalne odpadne

vode) in pogostih padavin iz urbanih območji. Odvajanje presežnih padavinskih voda pa je prepuščeno stihijskemu razlivanju po cestah do najnižje točke v okolici. Ob odsotnosti sistemskih ukrepov države in občin, ki bi naslavljali ekstremne padavine v urbanih območjih, smo priča ponavljajočim se urbanim poplavam širom Slovenije. Ker kanalizacijski sistemi niso dimenzionirani za odvajanje ekstremnih padavin, moramo za zmanjševanje poplavne nevarnosti v urbanih območjih vzpostaviti komplementarne ukrepe za obvladovanje padavinskih voda. Tovrstno rešitev predstavlja modro-zelena infrastruktura (v nadaljevanju MZI), ki za razliko od tradicionalnega pristopa, ki obvladuje padavinske vode centralizirano (s sivo infrastrukturo), omogoča decentralizirano obvladovanje padavin na samem izvoru. MZI hkrati naslavlja težave, kot so poplave in suše, ter zagotavlja dodatne koristi (npr. boljša kakovost zraka, blaženje vročinskih otokov). Prilagajanje oz. večanje odpornosti mest na ekstremne dogodke je kompleksen proces, ki zahteva vključitev in sodelovanje vseh deležnikov, ki (so)oblikujejo in upravljajo mestni prostor (Klemen idr., 2020). V praksi deležniki pogosto delujejo samostojno in nepovezano, kar se vse bolj kaže kot ena izmed največjih ovir pri upravljanju z vodo v mestih. Zato potrebujemo spremembo v paradigmi upravljanja s prostorom, ki bo vodila k bolj celovitim in sonaravnim rešitvam, kot je večfunkcijska MZI. To pomeni, da se vodni sektor v mestih ne sme omejevati zgolj na kanalizacijske sisteme, ampak mora aktivno sooblikovati urbani prostor. V prispevku bomo osvetlili različne vidike vpeljave MZI v urbana območja z namenom obvladovanja padavinskih voda ter prikazali tuje in domače primere njenega sistemskega umeščanja v prostor.

2. Obstoječa normativna ureditev

Z vidika upravljanja voda v urbanem okolju je treba osvetlili obstoječe normativne ureditve z vidika urejanja voda in prostora v Sloveniji. Zakon o vodah (2002) je v 92. členu pristojnost za varstvo pred škodljivim delovanjem padavinskih voda v ureditvenih območjih naselij podelil lokalnim skupnostim. Slednje obsega zlasti ukrepe za zmanjšanje odtoka padavinskih voda z urbanih površin ter ukrepe za omejevanje izlitja komunalnih in padavinskih voda. Podrobnejše ukrepe, ki naj bi jih predpisal minister, čakamo že od sprejetja zakona leta 2002. Svetla luč na tem področju je zakonodaja s področja varstva okolja, ki ureja odvajanje odpadne vode v javno kanalizacijo. Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode (Ur. l. RS, št. 98/15, 76/17, 81/19, 194/21 in 44/22 – ZVO-2) tako v 24. členu nalaga, da mora biti pri načrtovanju, gradnji, rekonstrukciji ali vzdrževanju objektov v aglomeraciji zagotovljeno, da se predvidijo in izvajajo ukrepi za zmanjševanje količin padavinske odpadne vode, ki se odvaja v javno kanalizacijo. Izvajalcem istoimenske obvezne občinske gospodarske javne službe je v 26. členu naložena tudi izdelava programa izvajanja javne službe, ki vključuje načrt ukrepov za zmanjševanje količin padavinske odpadne vode, ki se odvaja v javno kanalizacijo.

Tudi predlog prenovitve Direktive o čiščenju komunalne odpadne vode, ki ga je v oktobru 2022 objavila Evropska komisija, namenja več pozornosti obvladovanju tveganj povezanih z odpadno padavinsko vodo. V 5. členu predloga je namreč uvedena obveznost vzpostavitve lokalnih načrtov ravnanja s komunalno odpadno vodo za obvladovanje onesnaženja s padavinsko vodo (urbani površinski odtok in

razbremenilniki). Načrte bo treba do leta 2030 pripraviti za vse aglomeracije s PE 100.000 ali več, do leta 2035 pa za vse aglomeracije s PE med 10.000 in 100.000 PE, kjer razbremenjevanje padavinske vode ali urbani površinski odtok predstavlja tveganje za okolje ali zdravje ljudi.

Na področju urejanja prostora pa je upravljanje voda le ena izmed vsebin, ki jih je treba upoštevati pri pripravi prostorskih aktov. Lokalne skupnosti tako preko občinskih prostorskih načrtov in odlokov o odvajanju in čiščenju komunalne in padavinske vode predpisujejo ukrepe oz. pogoje za zmanjšanje odtoka padavinskih odpadnih voda. Zakonsko podlago za izdelavo strokovnih podlag ob pripravi občinskih prostorskih načrtov, ki bi identificirale ustrezne ukrepe in jih umestile v prostor, predstavlja Zakon o urejanja prostora (ZUreP-3, 2021). Vendar se v praksi tovrstne študije za področje urbane odvodnje običajno še ne izdelujejo.

3. Modro-zelena infrastruktura

MZI lahko opredelimo kot naravne in polnaravne (od tod zelena) decentralizirane sisteme, namenjene upravljanju s padavinskimi vodami (od tod modra) v mestih, ki hkrati opravljajo širok nabor ekosistemskih storitev. Njihova osnovna filozofija je posnemanje naravnih hidroloških procesov (t.j. zadrževanje, infiltracija in evapo(transpi)racija), katerih cilj je poskrbeti za padavinsko vodo na mestu nastanka ter preprečiti mešanje čiste padavinske vode s sanitarno vodo (Radinja s sod., 2021). Gre za pristop, ki prinaša izboljšave ne le na področju upravljanja z vodami, temveč tudi na številnih drugih področjih kot so podnebne spremembe, kmetijstvo, gozdarstvo, urbanistično načrtovanje, varstvo narave, preprečevanje nesreč idr. Gre torej za izrazito interdisciplinaren koncept, ki pa v slovenski praksi še ni zaživel. Elementi MZI v urbanem prostoru najpogosteje predstavljajo del zelenih površin in tako v prostorsko načrtovalskem kontekstu tvorijo del zelenega sistema naselja oz. zelene infrastrukture, kot jo uvaja Osnutek strategije prostorskega razvoja Slovenije do 2050. V preglednici 1 so predstavljeni elementi MZI glede na njihov osnovni namen: zmanjševanje površinskega odtoka, zmanjševanje konice pretoka ali izboljšanje kakovosti vode.

4. Sistemsko uvajanje modro-zelene infrastrukture

Da gre pri uvajanju MZI za svetovni trend, dokazujejo tuji primeri sistemskega uvajanja MZI na mestni oz. nacionalni ravni iz Danske, Nizozemske, Kitajske in ZDA. Skupno vsem primerom je povezovanje med vodarskim in prostorskim sektorjem z namenom celovitega načrtovanja MZI (preglednica 3). Vodarska stroka z uporabo hidrološko-hidravličnih modelov: 1) identificira (trenutne ter potencialne) kritične točke poplavne ogroženosti v urbanem prostoru ter s simulacijami ovrednoti vpliv posameznih scenarijev MZI na urbani vodni krog; 2) ovrednoti vpliv MZI na kakovost urbanega površinskega odtoka in posledično ekološko stanje odvodnikov (vodnih teles). Uspešnost predstavljenih mest pri uvajanju MZI je pogojena tudi z razvojem ustreznih smernic in načrtovalskih orodji, ki nudijo strokovno pomoč njihovim načrtovalcem. Žal tovrstnih tehničnih smernic in standardov v Sloveniji še nismo razvili.

Preglednica 1: Elementi modro-zelene infrastrukture ter njene hidrološke funkcije in ekosistemske storitve (Radinja s sod., 2021).

☑ Primarna funkcija ✓ Sekundarna funkcija ❖ Naključno + Dodatna korist			Zmanjšanje površinskega odtoka						Zmanjšanje konice površinskega odtoka		Izboljšanje kakovosti vode		
											Biološko čiščenje		Mehansko čiščenje
			Zbiranje deževnice	Prepustne utrjene površine	Zelena streha	Drevo	Deževni vrt	Ponikovalnice	Zadrževalna kotanja	Ribnik	Grajeno mokrišče	Zatravljeni jarek	Filtrni pas
Hidrološka funkcija	Količina površ. odtoka	Kratkotrajno zadrževanje	☑	☑	☑	☑	☑	☑	❖	✓	❖	❖	✓
		Infiltracija	❖	☑		✓	☑	☑	❖	❖	❖	❖	✓
		Dolgotrajno zadrževanje			✓	✓	✓	❖	☑	✓	❖	✓	✓
		Evapotranspiracija	❖		☑	☑	☑		✓	❖	☑	☑	✓
	Kakovost površ. odtoka	Sedimentacija	❖	✓			✓		☑	☑	☑	☑	☑
		Filtracija	❖	☑	☑	❖	✓		❖		☑	✓	☑
		Precejanje	❖				✓		❖		☑	☑	☑
		Nadaljnja obdelava (kemična)			❖				❖	❖	☑	✓	
		Nadaljnja obdelava (biološka)			☑	☑	✓		❖	❖	☑	☑	❖
Ekosistemske storitve		Življenjsko okolje za živali				+	+		+	+	+	+	+
		Prijeten videz	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
		Ponovna uporaba površinskega odtoka	+							+			
		Zagotavljanje dodatnih prepustnih površin		+	+	+	+	+	+				+
		Izboljšuje kakovost zraka		+	+	+	+		+		+	+	+
		Omogoča izobraževanje		+	+		+	+			+		+

Preglednica 2: Primerjava primerov dobrih praks iz tujine (Radinja s sod., 2021).

Cilj	– Preprečiti odtok iz več kot 1/3 utrjenih površin v kanalizacijski sistem. – Ob 100 letnem nalivu max. 10 cm vode na površju.	Popolna odpornost mesta na PS do leta 2025.	Do leta 2030 naj bi se na 80% urbanih območjih najmanj 70% padavin infiltriralo ali ponovno uporabilo.	V 25 letih preprečiti odtok iz več kot 1/3 utrjenih površin v kanalizacijski sistem.
Razvite smernice in načrtovalska orodja kot odziv na zaznane probleme	*1) Copenhagen Cloudburst Formula* (smernice za strateško načrtovanje MZI); *2) Copenhagen Cloudburst Toolkit* (katalog tipskih elementov MZI).	*1) Interactive Climate atlas* (atlas prikazuje predvidene posledice PS za posamezno lokacijo ob različnih scenarijih); *2) Climate adaptation barometer* (orodje za oblikovanje strategije prilagajanja PS in sledenje njenemu izvajanju); *3) Climate adaptation toolbox* (načrtovalsko orodje, ki nudi potencialne prilagoditvene ukrepe, na različnih ravneh urejanja prostora).	*1) Code of the Design of Urban Green Space* (zakon o načrtovanju urbanih zelenih površin, ki je usklajen s smernicami za spužvasta mesta); *2) Code for Design of Urban Road Engineering* (zakon usklajen s smernicami za spužvasta mesta, vsebuje poglavje o MZI); *3) Assessment Standard for Sponge City Effects* (tehnični standard za vrednotenje učinkov spužvastih mest).	*1) Stormwater Management Guidance Manual* (smernice za načrtovanje MZI, katalog tipskih elementov MZI); *2) A Homeowner's Guide to Stormwater Management* (priporočila gospodinjstvom za upravljanje s padavinsko vodo).

5. Strokovne podlage za umeščanje modro-zelene infrastrukture v prostor

5.1 Flamski pristop

Kot odziv na daljša sušna obdobja in obilne padavine je leta 2020 flamska vlada sprejela Modri dogovor, ki občinam omejuje dostop do sofinanciranja z vodami povezanih projektov, v kolikor le-te do leta 2024 ne pripravijo dovolj ambicioznih načrtov za obvladovanje padavinskih voda in suš. Da bi občine podprli pri izdelavi tovrstnih načrtov je flamska vlada pripravila smernice, ki določajo vsebino načrta, proces njegove priprave in odobritve, ter vpliv na lokalne politike in pobude. Priprava načrta je sestavljena iz dveh korakov. Najprej je treba zbrati in analizirati obstoječe podatke (npr. poplavne karte, pedološke karte, gladina podzemne vode), na podlagi katerih se določijo prednostna območja. To so območja, kjer prihaja do poplavnih škod, je otežena infiltracija ali pa ni kanalizacijskega sistema oz. vodotoka, ki bi odvajal padavinsko vodo. Za opredeljena prednostna območja se v nadaljevanju izbere najboljši nabor MZI (Radinja, 2022).

Na sliki 1 je prikazan del načrta za obvladovanje padavinskih voda in suš za mesto Tielt. Predlagana je nova zeleno-modra os, ki se začne na šolskem igrišču in poteka v smeri jugovzhod ter se navezuje na niz zelenih površin. Os bo omogočila odklop 13.430 m² utrjenih površin od kanalizacijskega sistema. Ob trasi je tudi dovolj prostora za gradnjo zadrževalnih ukrepov in prenovo sosednjih ulic v parkovne ulice (z infiltracijo in zadrževanjem), kar zagotavlja parkovno vzdušje. Na koncu se os konča v večjem parku.



Slika 1: Predlog zeleno-modre osi, ki bi omogočila odklop 13.430 m² neprepustnih površin od kanalizacijskega sistema (Aquafin NV, 2022).

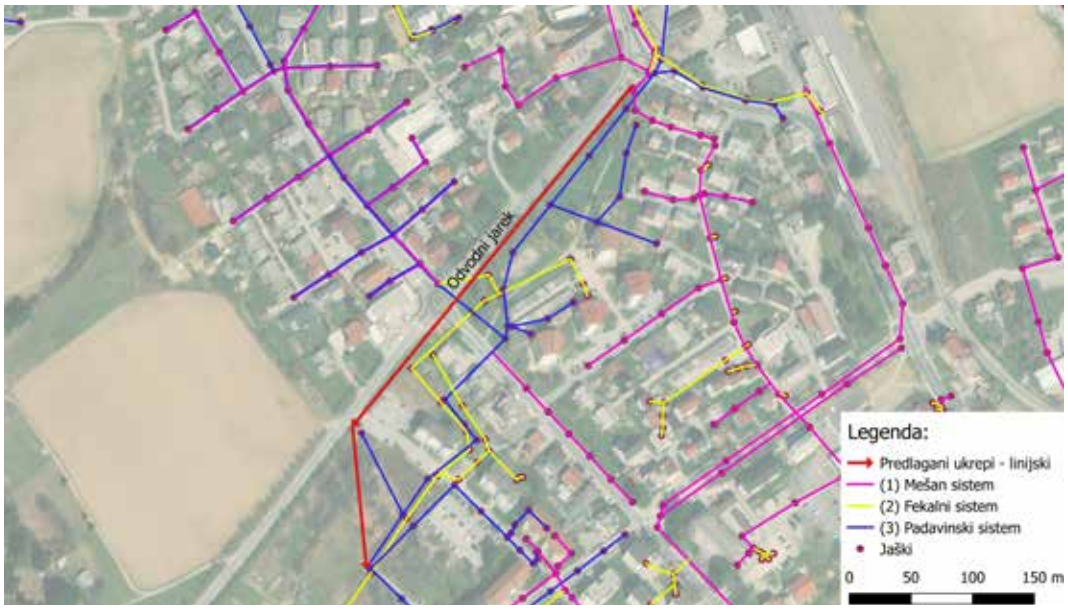
5.2 Primer mesta Kočevje

Leta 2021 je bil izdelan hidrološko-hidravlični model padavinske odvodnje za del aglomeracije Kočevje, ki je predstavljal osnovo za analizo ukrepov za izboljšanje

upravljanja s padavinskimi vodami (Banovec, 2021). Model odvodnje po sistemu mešane in padavinske kanalizacije je bil izdelan v programu Storm Water Management Model in umerjen na meritve pretoka, ki so bile izvedene poleti 2021. Umerjen model je bil uporabljen za simulacijo projektnih padavin in analizo obstoječega stanja, z identifikacijo kritičnih točk na kanalizacijskem omrežju. Na podlagi rezultatov so bili definirani gradbeni in negradbeni ukrepi, ki bi pripomogli k izboljšanju odvodnje padavinskih voda na obravnavanem območju.

Slika 2 prikazuje predlog novega zatravljenega jarka, ki se ga lahko umesti v obstoječe zelene površine. Predviden jarek bo namenjen odvodnji padavinskih voda iz trgovinskega območja z velikim deležem utrjenih površin, do obstoječega jarka, ki odvaja padavinsko vodo iz naselja. S tem bo zmanjšan pritisk na obstoječi kanalizacijski sistem in vzpostavljen koridor za nadzorovano odvodnjo površinskega odtoka ob ekstremnih padavinah iz mesta. S tem se bo pravzaprav vzpostavilo prejšnje stanje, saj je odvodni jarek tam že bil, vendar je bil kasneje zacevljen.

Zatravljeni jarek je poleg odvajanja padavinskih voda namenjen tudi izboljšanju njene kakovosti s procesi sedimentacije, precejanja in biološkega čiščenja. Ob tem jarek zagotavlja dodatne ekosistemske storitve, kot so življensko okolje za živali, prijeten videz in izboljšanje kakovosti zraka.



Slika 2: Vzpostavitev novega zatravljenega (odvodnega) jarka z iztokom neposredno v obstoječi jarek (Banovec s sod., 2021).

6. Zaključki

Odvajanje padavinske vode z urbanih površin je kompleksno, njegovo celovito urejanje pa zahteva predvsem ukrepe izven kanalizacijskega sistema, ki jih v Sloveniji sistemsko še ne vključujemo v prostorsko načrtovanje. Za konec prispevka podajamo

predloge sistemskih rešitev, ki bi omogočili nadgradnjo obstoječih kanalizacijskih sistemov z MZI:

- Določitev ukrepov za varstvo pred škodljivim delovanjem padavinskih voda, vključno z MZI, ki bodo podprti s standardi in tehničnimi smernicami, v skladu z 92. členom Zakona o vodah (2002).
- Sprejetje operativnega programa za »nadgradnjo« trenutnih sistemov urbane odvodnje z mehanizmi za zagotavljanje evropskih in nacionalnih finančnih sredstev.
- Določitev kazalnikov za spremljanje stanja urbane odvodnje in njihove ciljne vrednosti (npr. delež utrjenih površin, ki ne prispevajo površinskega odtoka v kanalizacijo) ter njihova vključitev v poročevalske sisteme javnih služb varstva okolja.
- Predpisati hidrološko-hidravlične študije urbane odvodnje za različne scenarije podnebnih sprememb, kot obvezno strokovno podlago za izdelavo ali novelacijo občinskih prostorskih načrtov na območju naselij.
- V proces načrtovanja MZI vključevati vse zainteresirane deležnike, kot tudi širšo javnost ter izvajati tudi ukrepe ozaveščanja in izobraževanja.
- Še naprej širiti in krepiti bazo odprtih prostorskih podatkov, ki nudijo podpora za odločanje in načrtovanje ukrepov MZI.

Ob odsotnosti sistemskega urejanja tega področja na nacionalni ravni, naj občine v čim večji meri samoiniciativno pristopijo k izvajanju ukrepov, ki jih lahko izvajajo v okviru svojih pristojnosti ob umeščanju objektov v prostor (npr. izdelava hidrološko-hidravličnih študij urbane odvodnje).

Zahvala

Zahvaljujemo se Občini Kočevje za možnost predstavitve izsledkov študije z naslovom Izdelava hidrološko hidravličnega modela padavinske odvodnje za dela aglomeracije Kočevje z analizo ukrepov za izboljšanje upravljanja s padavinskimi vodami (Banovec s sod., 2021).

7. Viri

[1] Aquafin NV (2022). Hemelwater-en droogteplan, Stad Tielt.

[2] Banovec, P., Cverle, A., Radinja, M., 2021. Študija: Izdelava hidrološko hidravličnega modela padavinske odvodnje za dela aglomeracije Kočevje z analizo ukrepov za izboljšanje upravljanja s padavinskimi vodami. Šifra projekta: P468/21, 91 str.

[3] Klemen, K., Pergar, P., Futar, M., Bevc Šekoranja, B., Konda, K., 2020. Problematika načrtovanja sonaravnih ukrepov za celovito upravljanje padavinskih voda na urbanih območjih. Gradbeni Vestnik, 69, str. 61–92.

[4] Krajnc, U., 2019. Podnebne spremembe in poplavna ogroženost urbanih območij z lastnimi padavinskimi vodami. Gradbeni Vestnik. 68, str. 109–132.

[5] Radinja, M., Atanasova, N., Zavodnik Lamovšek, A., 2021. Vodarski pogled na uvajanje modro-zelene infrastrukture v mestih. Urbani izziv, leto 32, št. 1, junij 2021: 28–39.

RAZVOJ ORODJA ZA IZDELAVO OCENE TVEGANJ OSKRBE S PITNO VODO, KOT DEL PRIPRAVE NAČRTOV VARNE OSKRBE Z VODO

AJDA CILENŠEK[1], MATEJ CERK[1], asist. dr. ANJA TORKAR[2], mag. MATJAŽ SRŠA[3], izr. prof. dr. BARBARA ČENČUR CURK[2], doc. dr. PRIMOŽ BANOVEC[1]

[1]Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za okoljsko gradbeništvo [2]Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo [3]Občina Kamnik, Oddelek za gospodarske dejavnosti, gospodarske javne službe in finance

POVZETEK

V raziskavi smo se osredotočali na upravljanje vodovodnih sistemov v povezavi s tveganji, ki lahko nastopijo zaradi različnih nevarnosti. Obravnavali smo štiri vrste nevarnosti, ki so povezane z oskrbo s pitno vodo, in sicer: izredna onesnaženja, poplave, suše in prekinitev oskrbe s pitno vodo zaradi potresov. Razvili smo katalog komponent vodovodnih sistemov, ki je osnova za izdelavo ocene tveganja zaradi teh nesreč. Celoten sistem za izdelavo ocene tveganj na standardiziran način povezuje komponente (poljubnega) vodovodnega sistema, nevarnosti, ki grozijo posamezni komponenti, in oceno posledic, kar je osnova za obvladovanje tveganj. Orodje je izdelano v obliki spletnega orodja "WASPP Toolbox", ki uporabniku pomaga pri izdelavi načrta varne oskrbe z vodo (povzeto po uradnem slovenskem prevodu Direktive EU 2020/2184 o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi) za posamezno komponento vodovodnega sistema in posamezno nevarnost. Vse to omogoča celovit in med vodovodnimi sistemi primerljiv pristop k pripravi načrtov varne oskrbe z vodo na podlagi pregleda smernic za zagotavljanje varne oskrbe z vodo v vseh v projektu sodelujočih državah. Upoštevane so bile tudi analize strokovnih izhodišč, podane v smernicah WHO (2009) in standardu EN 15975 – 2. del (2011) hkrati z implementacijo 1. dela navedenega standarda (krizno vodenje).

Ključne besede:

Direktiva o pitni vodi, načrt varne oskrbe z vodo, izredno onesnaženje, poplave, potres, suša, komponente sistema za oskrbo s pitno vodo, katalog

1. Uvod

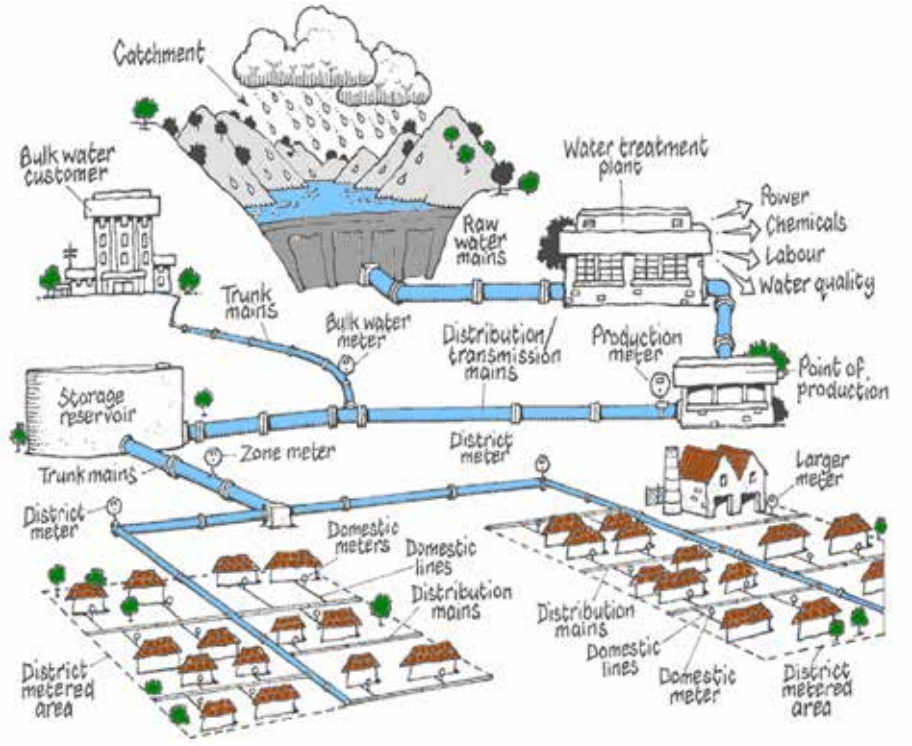
S prenovo evropske direktive o pitni vodi (Direktiva o kakovosti vode, namenjena za prehrano ljudi 2020/2184) decembra 2020 se predvideva izdelava in izvajanje načrtov varne oskrbe z vodo kot pomembno orodje za zagotavljanje kakovosti

pitne vode. Pri tem predstavljata osrednji element ocena tveganj in upravljanje s tveganji.

Projekt Interreg ADRION MUHA (Multi-Hazard Framework for Water Related Risks Management - Razvoj usklajenih pristopov za pripravo in uporabo načrtov varne oskrbe z vodo), v katerem so sodelovali partnerji iz Slovenije (Univerza v Ljubljani in Občina Kamnik), Italije, Hrvaške, Srbije, Črne gore in Grčije, se je osredotočal na upravljanje vodovodnih sistemov, skladno z navedeno direktivo, v povezavi s tveganji zaradi različnih nevarnosti. Poplave, suša, izredno onesnaženje in potres so štiri vrste nevarnosti, na katere smo se osredotočali v okviru projekta, ki je pripomogel k izboljšanju metodologije za pripravo načrtov varne oskrbe z vodo.

2. Spletno orodje MUHA »WASPP-DSS Toolbox«

V sklopu projekta smo razvili usklajene kataloge za vse elemente, ki so potrebni za izdelavo ocene tveganja (komponente vodovodnega sistema, nevarnost, posledice, tveganje) zaradi omenjenih nesreč za vse možne komponente vodovodnega sistema vse od napajalnega območja, zajetja, vodovodnega omrežja do uporabnika (Slika 1).



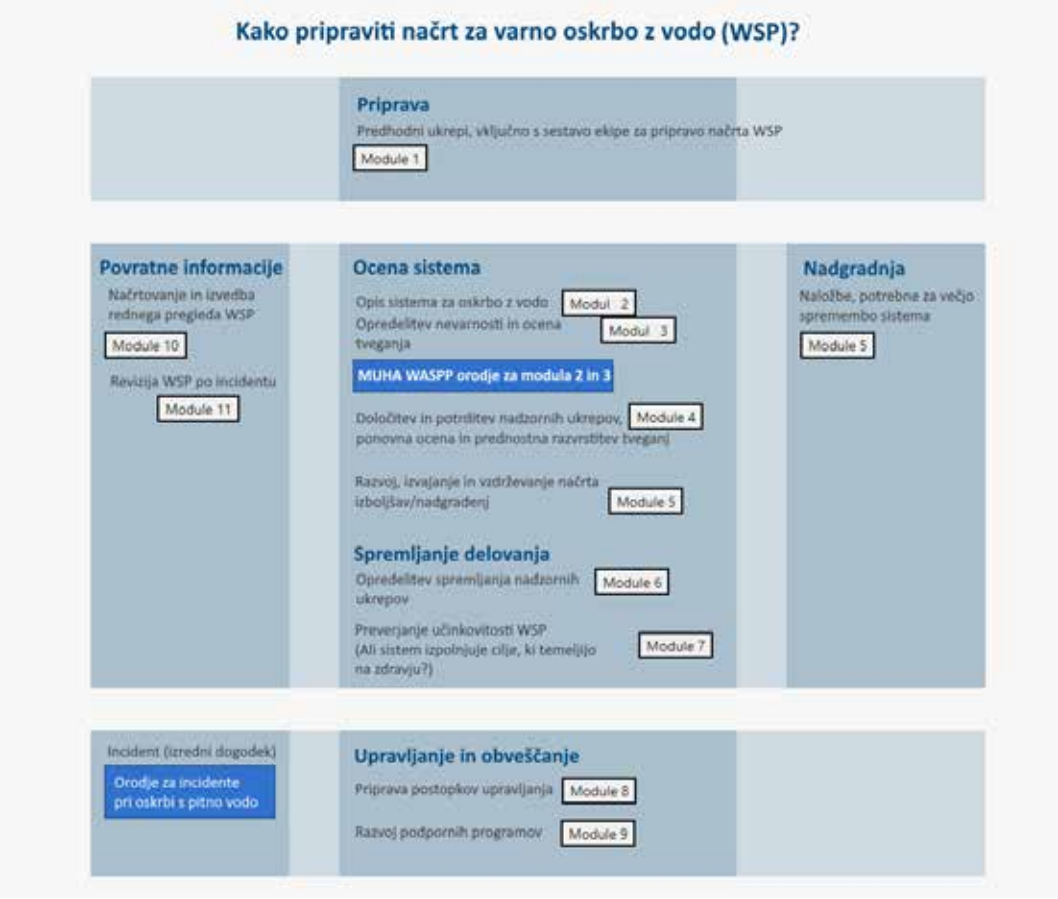
Slika 1: Komponente vodovodnega sistema (VS). Slika prilagojena iz QEPA (2004, kot je navedeno v Pacific Community, 2022)

Katalog zajema inventar posameznih dogodkov nesreč, vzrokov za nesrečo ter njihovih posledic in vplivov in je izdelan v obliki spletnega orodja (WASPP-DSS Toolbox).

2.1 Razvoj orodja

Orodje WASPP-DSS je namenjeno zagotavljanju celovitega in med vodovodnimi sistemi primerljivega pristopa k upravljanju tveganj na področju oskrbe s pitno vodo, kar podpira standardni pristop k analizi tveganj, ki je primerljiv z analizami tveganj na drugih kritičnih področjih in družini standardov ISO 31.000 – obvladovanje tveganja (ISO 31000:2018) ter predvsem standard za tehnike ocenjevanja tveganja (IEC 31010:2019). Uporabnikom pomaga pri pripravi lastnega načrta varne oskrbe z vodo s pomočjo opredeljenih standardnih komponent sistema oskrbe s pitno vodo in povezanih nevarnih dogodkov s specifičnimi posledicami za vodovodni sistem.

Orodje MUHA WASPP-DSS je popolnoma združljivo s smernicami WHO (WHO, 2009), ki opredeljujejo 11 modulov (Slika 2), in tehnično podpira modul 2 in 3 omenjenih smernic (identifikacija nevarnosti in ocena tveganja).



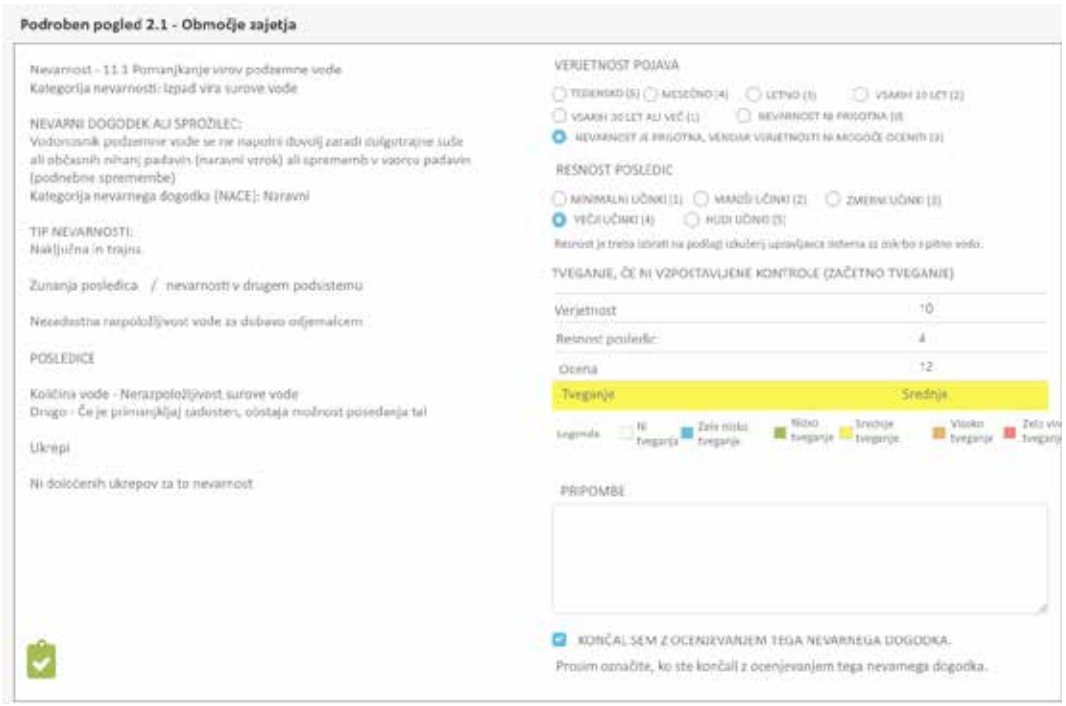
Slika 2: Osnovna stran orodja MUHA WASSP-DSS

Uporaba orodja sledi glavnemu konceptu prepoznavanja in obvladovanja tveganj, opredeljenemu v WHO 2017 in standardu EN 15795-2, ter opredeljuje komponente sistema oskrbe s pitno vodo, nevarnosti in nevarne dogodke, ki lahko vplivajo na določeno komponento ter posledice nevarnih dogodkov, ki vplivajo na omenjene komponente.

Koncept orodja temelji na večdimenzionalni analizi tveganja z zgoraj navedenimi tremi glavnimi razsežnostmi. Druge razsežnosti (dimenzije), ki jih je potrebno upoštevati, so: sprožilci nevarnosti in verižni dogodki, ukrepi za preprečevanje tveganj, ljudje (ekipa), krizno upravljanje (odziv, coping capacity) in vloga drugih (zunanjih) institucij.

Z uporabo standardiziranega pristopa, opredeljenega v orodju MUHA WASPP-DSS, imajo vsa podjetja za oskrbo s pitno vodo, ki uporabljajo to orodje, za izhodišče enako oziroma med seboj primerljivo opredelitev komponent, nevarnosti in posledic, ki bi se zgodile v primeru nastopa nevarnega dogodka (prožilca). Za vsako komponento sistema oskrbe s pitno vodo in za vse povezane nevarne dogodke je treba oceno verjetnosti pojava in resnosti posledic oceniti na podlagi znanja uporabnika, specifičnega za posamezno lokacijo. Na podlagi te ocene se tveganje izračuna z uporabo polkvantitativnega pristopa.

Tveganje, povezano z vsakim nevarnim dogodkom, je treba oceniti tako, da se razlikuje med pomembnimi in manj pomembnimi tveganji, pri čemer se kot končno merilo uporabijo posledice nastalega nevarnega dogodka za komponente v obliki vpliva na zdravje ali udobje ljudi (Slika 3).



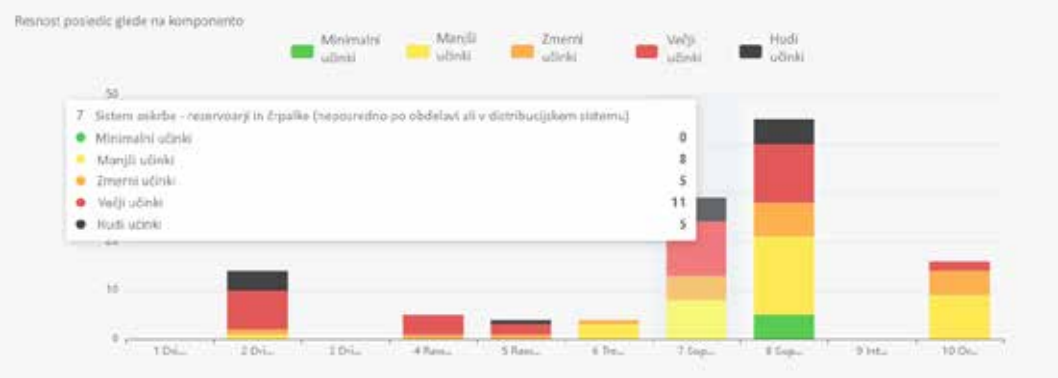
Slika 3: Ocena enega nevarnega dogodka z opisom možne posledice, kjer uporabnik, preko ocene verjetnosti samega dogodka ter povezanega obsega možnih posledic, določi tveganje za omenjeni dogodek

Informacije, uporabljene v oceni tveganja, izhajajo iz posebnih študij, izkušenj, strokovnega znanja in individualne presoje izvajalca javne službe in posameznih

članov skupine, industrije, najboljših praks in strokovne literature. Ocena tveganja mora biti specifična za vsak sistem oskrbe s pitno vodo, saj je vsak sistem edinstven (WHO, 2009). Pri tem je potrebno poudariti potrebo po izdelanem in vzdrževanem hidravličnem modelu vodovodnega sistema, saj je le z modelom mogoče ustrezno natančno oceniti učinke nesreč na uporabnike vodovodnega sistema.

Orodje omogoča tudi napredno vizualizacijo izdelane analize tveganja (Slika 4 in Slika 5). Ta funkcija se je izkazala za izjemno pomembno, saj je lahko, zaradi številnih komponent/dogodkov/posledic, ki se lahko zgodijo na vodovodnem sistemu, rezultat ocene v opisni ali tabelarični obliki zelo slabo pregleden.

Poleg tega je rezultate ocene mogoče tudi izvoziti, kar omogoča samostojno delo končnega uporabnika do oblikovanja lastnega načrta. Na ta način zbirka orodij omogoča tudi zaščito podatkov in informacij o sistemu oskrbe s pitno vodo, kjer je potrebno upoštevati tudi splošne smernice za zaščito kritične infrastrukture.



Slika 4: Resnost posledic glede na posamezno komponento, pri čemer zelena barva pomeni minimalni vpliv, črna barva pa hude učinke



Slika 5: Kategorija tveganja glede na posamezno nevarnost, pri čemer modra barva pomeni zelo nizko tveganje, rdeča barva pa zelo visoko tveganje

Orodje se lahko uporablja za dejanski sistem oskrbe s pitno vodo in tako zagotavlja koristno podporo pri razvoju načrtov varne oskrbe z vodo, kot je predvideno v direktivi EU o pitni vodi (2020). Hkrati se lahko MUHA WASPP-DSS uspešno uporablja tudi kot izobraževalno orodje, ki uporabnikom omogoča, da se seznanijo z različnimi komponentami vodovodnega sistema in z nevarnostmi, ki lahko povzročijo težave pri delovanju vodovodnih sistemov. Orodje zagotavlja tudi učno platformo za povezovanje ukrepov za zmanjšanje ugotovljenih tveganj.

3. Simulacija štabne vaje kot pripomoček za validacijo orodja

Po podrobni čezmejni analizi sedanjih mehanizmov za varnost vode, ki so že vzpostavljeni v vseh državah projekta MUHA in razvoju orodja, ki podpira upravljalce sistemov oskrbe s pitno vodo pri oblikovanju lastnih načrtov varne oskrbe z vodo, smo orodje preizkusili tudi na šestih pilotnih lokacijah v obliki simulacije štabnih vaj (TTX - Table Top Exercise). Simulirani so bili štirje različni nevarni dogodki ter vloge in odzivi ključnih akterjev predvsem: izvajalcev javne službe oskrbe s pitno vodo, organov s področja voda in zdravja, ter civilne zaščite.

Pomen štabnih vaj pri preverjanju postopkov in orodij je bil prepoznan tudi v okviru projekta MUHA. Zato je bila na pilotnem območju Občine Kamnik v prostorih Štaba Civilne zaščite Kamnik v maju 2022 izvedena tudi teoretična štabna vaja »Poplave Kamnik 2022« z namenom izboljšati organizacijo, vodenje in izvajanje dejavnosti zaščite in reševanja v primeru poplavnega dogodka v občini Kamnik, ki bi prizadel predvsem delovanje vodovodnega sistema s poplavljanjem ključnih komponent vodovodnega sistema (črpališča), bočno erozijo ob vodotokih in zemeljskih plazovih, kar lahko pretrga vodovodne cevi in pretrganjem cevi, ki so položene v kinete ob mostovih. To so bili tudi scenariji dogodkov, ki smo jih simulirali v okviru štabne vaje. Skupaj z ostalimi podpornimi dokumenti in orodji je bila štabna vaja izvedena ob sodelovanju različnih organov in uprav na različnih teritorialnih ravneh.

Štabna vaja je bila razdeljena na tri faze, na pripravljalne dejavnosti v oranžnem alarmu, na preverjanje nalog in stanje pripravljenosti v rdečem alarmu ter na odziv med samimi dogodki. V vseh teh fazah smo prepoznali ključne deležnike, čas njihove vključitve v proces ter njihove naloge. Glavna ugotovitev je, da so take štabne vaje ključne za izboljšanje odziva in vodenja v primeru dejanskih nesreč, saj se v okviru štabnih vaj preverja tako sodelovanje med različnimi institucijami v okviru odziva na kompleksno nesrečo, kot tudi postopke, ki jih te institucije izvajajo v primeru nastopa teh dogodkov.

4. Zaključki

Prenovljena direktiva EU o pitni vodi (EU 2020/2184) „o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi“ izrecno omenja načrt varne oskrbe z vodo kot pravilno orodje, s katerim morajo upravljalci sistemov oskrbe s pitno vodo zagotavljati varno pitno vodo. V okviru projekta MUHA smo v mednarodnem okolju razvili orodja in strateške dokumente, ki podpirajo razvoj zanesljivih in usklajenih načrtov varne oskrbe z vodo in njihovo uporabo. Ob tem smo prepoznali tudi nekatere omejitve, ki bi lahko predstavljale pomembne izzive za nadaljnjo uvajanje naprednih

postopkov upravljanja s tveganji pri oskrbi s pitno vodo. Med njimi izpostavljamo nekatere: dostop do podatkov, ki so lahko varovani in njihova javna dostopnost ni samoumevna; kompleksen izziv suš in pomanjkanja vode, kar je potrebno povezovati s številnimi dejavniki (neučinkovito upravljanje, staranje infrastrukture, podnebne spremembe); nenadne poplave in poplave v mestih; dvig morske gladine zaradi podnebnih sprememb; obvladovanje kriznih razmer; ter vodenje odziva na področju voda.

V luči poplavnega dogodka avgusta 2023 se je pripravljenost, preverjana tudi na simulaciji štabne vaje, izkazala kot izredno pomembna. Pri dogodku je prišlo do izpada oskrbe s pitno vodo, predvsem zaradi erozijskih poškodb in pretrganja vodovodnih cevi na lokaciji prečenja vodotoka. Oba scenarija smo v simulaciji štabne vaje simulirali. Ob izjemnosti intenzitete dogodka je bil tudi zato odziv verjetno hitrejši in vzpostavitev ponovne oskrbe s pitno vodo izvedena v krajšem času kot sicer.

Delo v okviru projekta MUHA nas je privedlo do jasno izražene potrebe po višji stopnji standardizacije komponent sistemov oskrbe s pitno vodo tako na nacionalni kot tudi na mednarodni ravni, saj le takšna poenotenost vsebin omogoča tudi primerljivost rezultatov analiz tveganj, ki jih pripravljajo upravljavci sistemov oskrbe s pitno vodo.

5. Viri

[1] EN 15975-2. SIST EN 15975-2:2013 – Security of drinking water supply – Guidelines for risk and crisis management – Part 2: Risk management

[2] Pacific Community, 2022. The Water Supply System. Dostopno na: http://www.pacificwater.org/pages.cfm/water-services/water-demand-management/what-water-demand-management/the-water-supply-system.html (dostop 20.5.2023)

[3] QEPA, 2004. Queensland Environmental Protection Agency and Wide Bay Water Corporation (2004): Managing and Reducing Losses from Water Distribution Systems. A series of 10 manuals.

[4] ISO 31000:2018. SIST ISO 31000:2018 – Obvladovanje tveganja – Smernice

[5] IEC 31010:2019. SIST EN IEC 31010:2019 – Obvladovanje tveganja – Tehnike ocenjevanja tveganja

[6] WHO, 2009. Bartram, J., Corrales, A., Davison, A., Deere, D., Drury, D., Gordon, B., Howard, G., Rinehold, A., Stevens, M. Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers. World Health Organization. Geneva, 2009. Dostopno na: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/75141/9789241562638_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y (dostop 20.5.2023)

[7] WHO, 2017. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. Dostopno na: https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950 (dostop 20.5.2023)



STANJE, VARSTVO IN BIODIVERZITETA VODA

SPREMLJANJE BIOLOŠKIH ELEMENTOV KAKOVOSTI EKOLOŠKEGA STANJA SLOVENSKEGA MORJA

dr. JANJA FRANCÉ[1], dr. MARTINA ORLANDO BONACA[1],
dr. BORUT MAVRIČ[1], mag. ELIZABETA GABRIJELČIČ[2]

[1]Morska biološka postaja Piran, Nacionalni inštitut za biologijo
[2]Agencija Republike Slovenije za okolje

POVZETEK

Vodna direktiva, ki poleg celinskih površinskih in podzemnih voda obravnava tudi morje in somornice, v primeru obalnega morja narekuje spremljanje ekološkega in kemijskega stanja. Ekološko stanje slovenskega obalnega morja se vrednoti v okviru državnega monitoringa stanja voda s tremi biološkimi elementi kakovosti (fitoplankton, makroalge in bentoški nevretenčarji). Ekološko stanje na podlagi bentoških nevretenčarjev je v zadnji letih dobro ali zelo dobro in je podobno vzdolž celotne obalne linije. Zaradi velikih nihanj temperature, slanosti in rečnih vnosov je v bentoških združbah že naravno prisotno veliko tolerantnih in oportunističnih vrst, tako da je vplive antropogenih motenj težje zaznati. Nasprotno lahko kažejo makroalge različno stanje že znotraj enega vodnega telesa, kar je odraz lokaliziranih obremenitev z urbaniziranega kopnega in povišane resuspenzije sedimentov zaradi ladijskega prometa. Vzroke za mestoma slabše stanje gre iskati predvsem v manjši pokrovnosti pokončnih rjavih alg, ki tvorijo gozdičke in nudijo zatočišče za številne epibionte ter omogočajo pestre obrežne združbe rib in nevretenčarjev. Zaradi regresije rjavih alg pride do prevlade manjših in obstojnih vrst, ki tvorijo nizko algalno obrast. Stanje glede na fitoplankton, ki ga ocenjujemo na podlagi koncentracij klorofila-a v površinskem vodnem sloju, je v zadnjih nekaj letih dobro ali zelo dobro in odraža predvsem zmanjšan vnos hranil preko rečnih pritokov in padavin. Če je v preteklem stoletju veljalo, da je ena največjih groženj za dobro ekološko stanje morja evtrofikacija, so v novejšem času habitati in združbe obalnega morja ogrožene predvsem zaradi fizičnih posegov v obalnem pasu, pomorskega prometa in pa sprememb, ki so povezane s širšimi klimatskimi dogajanji.

Ključne besede:

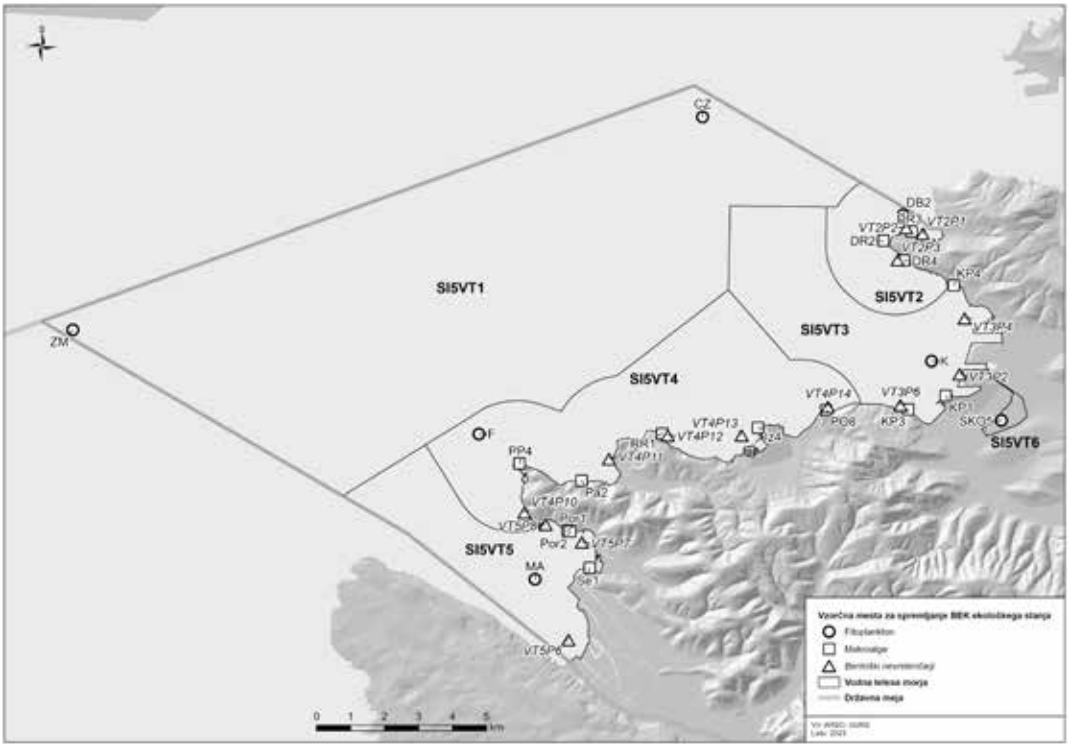
ekološko stanje, fitoplankton, makroalge, bentoški nevretenčarji, slovensko morje, vodna direktiva

1. Monitoring bioloških elementov ekološkega stanja morja

Vodna direktiva (2000/60/ES) je krovni dokument na področju varovanja in upravljanja voda na območju Evropske unije in postavlja zakonski okvir za koordiniran pristop k reševanju zelo različnih okoljskih problemov, ki bremenijo

površinske in podzemne vode. Eden izmed glavnih ciljev Vodne direktive je doseganje oz. ohranjanje dobrega stanja površinskih voda. S tem je spremljanje in vrednotenje ekološkega in kemijskega stanja dobilo pomembno vlogo v načrtih upravljanja voda. Vrednotenje stanja površinskih voda je v slovenski pravni red preneseno z Uredbo o stanju površinskih voda (Ur. L. RS, št. 14/09, 98/10, 96/13, 24/16 in 44/22 – ZVO-2), medtem ko je spremljanje stanja opredeljeno v Pravilniku o monitoringu stanja površinskih voda (Ur. L. RS, št. 10/09, 81/11, 73/16 in 44/22 – ZVO-2). Uredba o stanju površinskih voda obravnava tako celinske vode, kot so reke in jezera, kot tudi morje in somornice. Uredba določa, da je v obalnem morju potrebno spremljati in oceniti ekološko in kemijsko stanje, pri čemer se ekološko stanje vrednoti s tremi biološkimi elementi kakovosti (BEK), kemijskimi in fizikalno kemijskimi elementi ter hidromorfološkimi elementi kakovosti. Pri tem se ugotavlja spremenjenost strukture in funkcije ekosistema v primerjavi z naravnimi oz. referenčnimi razmerami. V obalnem morju se vrednosti BEK fitoplankton in makroalge, ki odražajo predvsem bogatenje vodnega telesa s hranilnimi snovmi, ter bentoške nevretenčarje, ki odražajo splošno degradiranost habitata, predvsem zaradi obremenitev z organskimi snovmi, onesnaževali in zaradi spremenjene rabe zemljišč in sprememb v strukturi morskega dna.

Pristojna organizacija za izvajanje državnega monitoringa stanja voda je Agencija Republike Slovenije za okolje, ki za namene spremljanja stanja morja sodeluje z Morsko biološko postajo Piran Nacionalnega inštituta za biologijo (NIB-MBP), kjer se že vrsto let izvaja analize za vrednotenje stanja obalnega morja na podlagi BEK.



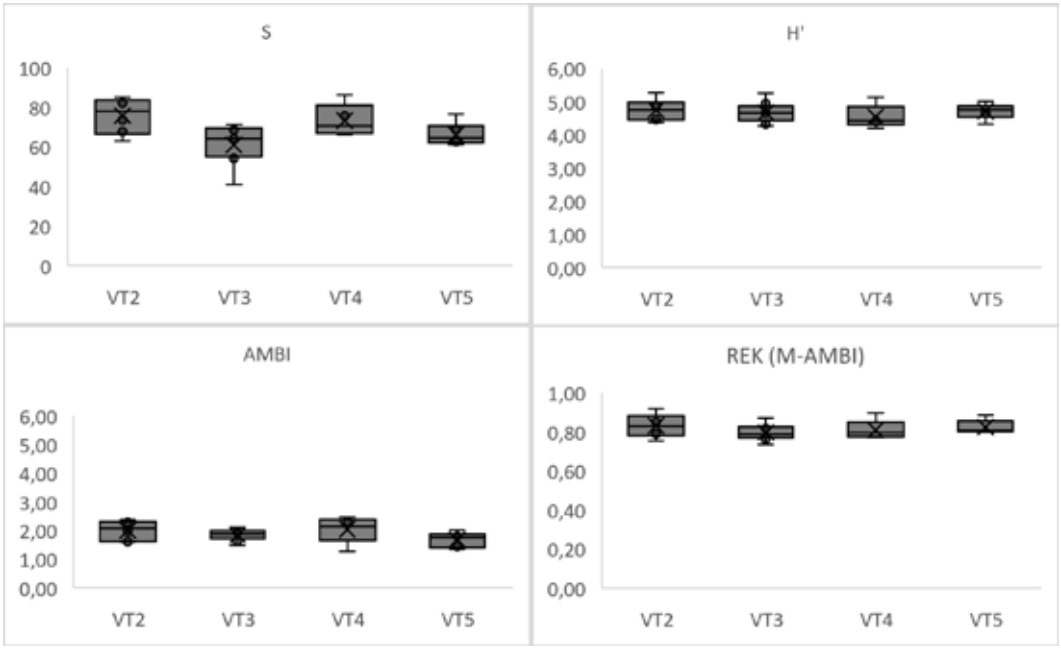
Slika 1 Zemljevid slovenskega morja z označenimi mejami vodnih teles in merilnimi mesti za BEK

Monitoring BEK ekološkega stanja morja se izvaja na merilnih mestih (Slika 1) po vsakoletnem programu, za katerega je podlaga Pravilnik. Ob upoštevanju kriterijev tipologije, kot so povprečna globina, hitrost tokov, izpostavljenost valovom, značilnosti mešanja, zadrževalni čas in prevladujoča sestava substrata slovensko morje delimo na dva tipa, ki se med seboj razlikujeta po obliki in sestavi dna obalnega pasu. Vodni telesi SI5VT2 in SI5VT4 spadata v tip plitvo morje s (prevladujočim) skalnatim obalnim pasom (OM-M1), vodna telesa SI5VT1, SI5VT3 in SI5VT5 pa v tip plitvo morje s sedimentnim dnom (OM-M3). V skladu z določili Okvirne direktive o Morski strategiji (2008/56/ES) in v skladu z Barcelonsko konvencijo poteka spremljanje nekaterih elementov ekološkega stanja tudi na vodnem telesu teritorialnega morja (SI5VT1).

2. Ekološko stanje slovenskega morja

2.1 Bentoški nevretančaji

Ekološko stanje na podlagi bentoških nevretenčarjev se spremlja od leta 2007 na štirih vodnih telesih obalnega morja (SI5VT2 do SI5VT5). Podlaga za vrednotenje ekološkega stanja je veljavna metodologija. Za izračun razmerja ekološke kakovosti (REK), s katerim izrazimo ekološko stanje, se uporablja indeks M-AMBI, ki temelji na faktorski analizi treh metrik: a) AMBI - morski biotični indeks, ki temelji na razdelitvi makrobentoških živali v ekološke skupine glede na stopnjo tolerance oziroma občutljivosti na naraščajočo stopnjo okoljskega stresa; b) S - število najdenih



Slika 2 Vrednosti posameznih metrik in REK za bentoške nevretenčarje za štiri vodna telesa obalnega morja v obdobju 2017–2022. Razredi ekološkega stanja so določeni s sledečimi REK mejnimi vrednosti : Zelo dobro 1 ≥ REK ≥ 0,83; Dobro 0,83 > REK ≥ 0,62; Zmerno 0,62 > REK ≥ 0,41; Slabo 0,41 > REK ≥ 0,20; Zelo slabo 0,20 > REK.

taksonov v vzorcu in c) H‘ - Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks. REK vrednosti se izračunava s pomočjo programske opreme za izračun indeksa, ki ga je razvil španski inštitut AZTI (https://www.azti.es/en/), razvrščanje v razrede ekološkega stanja pa se izvede skladno z nacionalnimi mejnimi vrednostmi.

V obdobju zadnjih šestih let (2017–2022) je bilo vodno telo SI5VT2 vzorčeno v treh letih (2017, 2019 in 2021), prav tako vodno telo SI5VT3 (2018, 2020, 2022), vodno telo SI5VT5 v dveh letih (2018 in 2021), vodno telo SI5VT4 pa le leta 2019. Vsa merilna mesta in posledično tudi vodna telesa so vedno kazala dobro ali zelo dobro stanje z vrednostmi REK med 0,73 in 0,92, med njimi pa ni bilo značilnih razlik (Slika 2). Več o stanju povedo posamezne metrike, ki se uporabljajo pri izračunu indeksa M-AMBI. Medtem ko se vodna telesa ne razlikujejo po H‘, se pri ostalih dveh metrikah (S in AMBI) pokažejo nekatere razlike, ki vodna telesa ločijo v dve skupini. Čeprav vrednosti AMBI kažejo, da je ekološko stanje v vseh vodnih telesih nekoliko moteno, so v vodnih telesih SI5VT3 in SI5VT5 vrednosti AMBI nekoliko nižje (Slika 2), kar nakazuje na boljše stanje. Povprečno število taksonov S je bilo v vodnih telesih SI5VT3 in SI5VT5 nižje (63) v primerjavi s tistim v vodnih telesih SI5VT2 in SI5VT4 (75). Ker je za slovensko morje značilna velika naravna variabilnost temperature, slanosti in sladkovodnih vnosov, ki vplivajo na združbe bentoških nevretenčarjev, je v njih že naravno prisotnih veliko tolerantnih in oportunističnih vrst. Posledično je vplive antropogenih motenj težje zaznati oz. jih ločiti od naravnih. V prihodnje bi bilo smiselno preveriti, če bi uporaba drugih metrik (npr. število osebkov, biomasa) ali pa drugačna sestava multimetričnega indeksa boljše odrazila morebitne vplive človekovih dejavnosti na združbo bentoških nevretenčarjev.

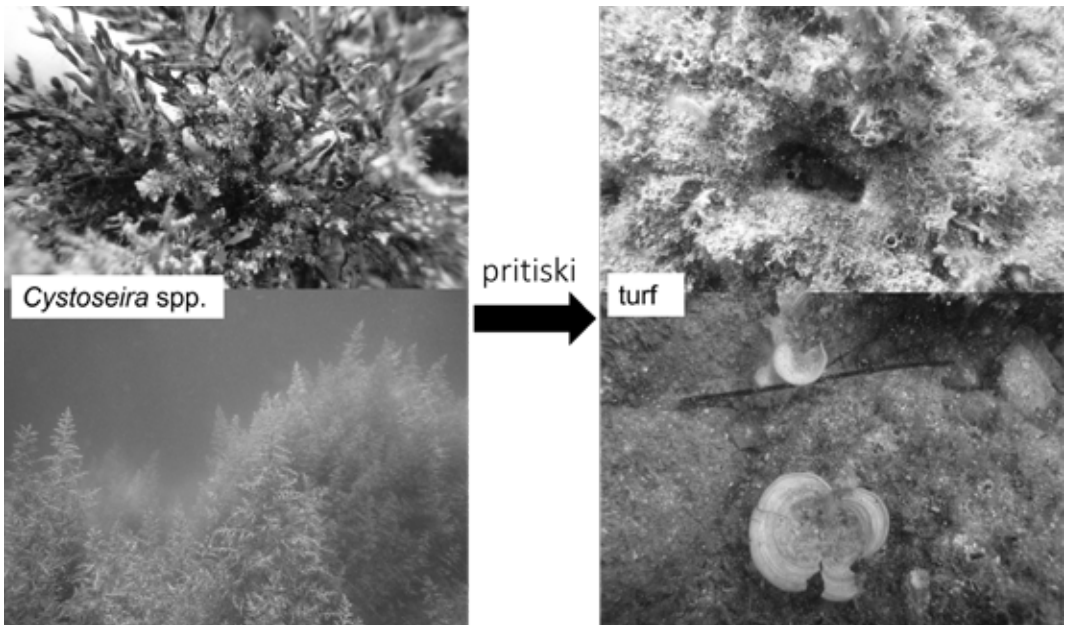
2.2 Makroalge

Pri oceni stanja makroalg v infralitoralu se uporablja Indeks vrednotenja ekološkega stanja - neprekinjena formula (EEI-c, [1]), ki temelji na razdelitvi rodov alg v ekološke razrede (ESG: Ecological State Groups) in na njihovi pokrovnosti. V ESG I se uvrščajo počasi rastoče vrste z dolgo vegetacijsko dobo, v ESG II pa hitro rastoče oportunistične vrste s kratko vegetacijsko dobo. Makroalge se vzorčijo spomladi in jeseni, ko se za vsako vrsto oceni pokrovnost na vertikalni projekciji kvadrata s stranico 20 cm. Najprej se za posamezno merilno mesto izračuna letno (ali večletno) povprečje EEI-c, ki se ga nato pomnoži z dolžino kamnitega odseka obale, ki je reprezentativen za posamezno merilno mesto. Na ta način se dobi uteženе vrednosti EEI-c za posamezen dolžinski odsek. Seštevek uteženih EEI-c vrednosti vseh odsekov v določenem vodnem telesu se deli s skupno dolžino kamnite obalne črte vodnega telesa. Dobljeno končno vrednost EEI-c se pretvori v vrednost REK in vodno telo uvrsti v razred ekološkega stanja v skladu z mejnimi vrednostmi razredov (Preglednica 1).

Preglednica 1 Povprečna ocena ekološkega stanja mest vzorčenja za makroalge v obdobju 2017-2022 in ekološko stanje vodnih teles (EEI-c in REK vrednosti), pri čemer veljajo naslednje meje med razredi ekološkega stanja: Zelo dobro 1 ≥ REK ≥ 0,76; Dobro 0,76 > REK ≥ 0,48; Zmerno 0,48 > REK ≥ 0,25; Slabo 0,25 > REK ≥ 0,04; Zelo slabo 0,04 > REK

Vodno telo	Merilno mesto	Dolžina odseka (m)	povprečje EEI-c 2017–2022	Utežen EEI-c (dolžina odseka* EEI-c)	seštevek (dolžina odseka* EEI-c)	dolžina kamnite obale VT	EEI-c	REK
SI5VT2	DR3	872,21	6,04	5263,78	22755,61	3385,23	6,72	0,59
	DR2	919,43	6,71	6169,37				
	DR4	1593,591	7,11	11322,46				
SI5VT3	KP1	1029,35	3,91	4024,76	7698,26	1629,35	4,72	0,34
	KP3	300,00	4,78	1432,50				
	KP4	300,00	7,47	2241,00				
SI5VT4	PO8	3034,10	7,00	21228,58	104513,92	14034,63	7,45	0,68
	Iz4	1470,25	5,17	7606,07				
	RR1	3076,41	9,32	28672,13				
	Pa2	2912,64	6,53	19019,54				
	PP4	3541,24	7,90	27987,61				
SI5VT5	Por1	720,62	6,24	4493,08	10102,74	1535,76	6,58	0,57
	Por2	169,341	7,48	1266,67				
	Se1	645,7985	6,73	4342,99				

Tri od štirih vodnih teles obalnega morja so v obdobju 2017-2022 dosegla dobro ekološko stanje, le vodno telo SI5VT3 Koprski zaliv je doseglo zmerno ekološko stanje (Preglednica 1), kar je v skladu s stanjem v prejšnjem šestletnem obdobju. Je pa potrebno poudariti, da se je stanje na nekaterih ključnih merilnih mestih v SI5VT4 (Pa2 in PP4) poslabšalo v primerjavi s prejšnjim obdobjem, kar je zaskrbljujoče. Vzroke za slabše stanje gre iskati predvsem v manjši pokrovnosti vrst iz ESGI, predvsem pokončnih rjavih alg (cistozir), ki tvorijo t.i. gozdičke - tridimenzionalne habitate, ki predstavljajo končni stadij sukcesije fotofilne algalne združbe v plitki vodi in nudijo zatočišče za številne epibionte ter omogočajo pestre obrežne združbe rib in nevretenčarjev. Zaradi regresije rjavih alg pride do prevlade manjših in obstojnih vrst, ki tvorijo nizko algalno obrast imenovano turf (Slika 3). Skoraj vse vrste cistozir so po Protokolu o posebej zavarovanih območjih in biotski raznovrstnosti v Sredozemlju (SPA/BD Protocol) vključene v seznam ogroženih morskih vrst in spadajo med pomembne habitate po Direktivi o habitatih (92/43/EEC) ter so pod nadzorom IUCN, RAC/SPA in MedPAN. Izginotje cistozir s priobalnega kamnitega dna je zato potrebno upoštevati kot kazalnik degradacije morskega okolja in tudi v prihodnje redno spremljati stanje na vseh merilnih mestih, kjer so (bile) prisotne, ter poiskati vzroke za spremembe ekološkega stanja in rešitve za obnovo habitata.



Slika 3 Regresija cistozir, rjavih alg, ki tvorijo tridimenzionalne habitate, vodi v prevlado manjših in obstojnih vrst, ki tvorijo nizko algalno obrast imenovano turf

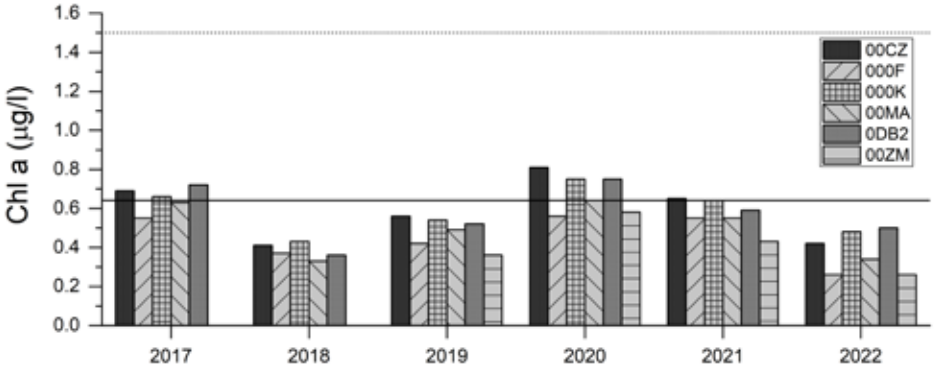
2.3 Fitoplankton

Po vodni direktivi je predvideno, da se za vrednotenje ekološkega stanja s fitoplanktonom uporabijo naslednji parametri: sestava, številčnost in biomasa fitoplanktona. Vendar je bila za vrednotenje ekološkega stanja obalnega morja na podlagi fitoplanktona nazadnje sprejeta le uporaba metrike biomasa fitoplanktona izražena s koncentracijo klorofila *a* (Chl-a). Ker je sestava fitoplanktonske združbe pomembna tudi za ovrednotenje biodiverzitete pelagičnega habitata, kar obravnava Morska strategija, se v okviru monitoringa na enem merilnem mestu vzorči morsko vodo tudi za analize sestave in abundance fitoplanktonske združbe.

Morska voda za analizo Chl-a je bila v obdobju 2017–2022 vzorčena na šestih merilnih mestih v petih vodnih telesih. Na merilnem mestu F v vodnem telesu SI5VT4 so bili vzeti tudi vzorci določitev sestave in abundance fitoplanktonske združbe. Vzorci so bili vzeti enkrat mesečno na treh globinah: na površini (0,5 m), na 5 m in pri dnu z Niskinovo posodo. Chl-a je bil določen v acetonskih ekstraktih s fluorimetrično metodo [2]. Sestava in abundanca fitoplanktonske združbe sta bili pregledani po Utermöhlovi metodi [3] pod invertnimi mikroskopom. Vzorci so bili obdelani in analizirani ter stanje po fitoplanktonu ovrednoteno na podlagi usklajenih metodologij.

Za oceno ekološkega stanja po fitoplanktonu se uporabi metrika biomasa fitoplanktona izražena kot letna geometrična sredina koncentracij Chl-a (µg/l) v površinskem vodnem sloju. Za slovensko obalno morje smo referenčne razmere in meje med razredi ekološkega stanja opredelili v procesu interkalibracije znotraj

skupine ekspertov za Jadransko morje [4], torej velja enoten sistem vrednotenja za celotno Jadransko morje.



Slika 4 Letna geometrična srednja vrednost koncentracij klorofila a v površinskem vodnem sloju na posameznih merilnih mestih v obdobju od leta 2017 do leta 2022. Dodani sta meji med zelo dobrim in dobrim ekološkim stanjem (polna črta) ter med dobrim in zmernim ekološkim stanjem (črtkana črta)

Stanje glede na fitoplankton je v zadnjih nekaj letih na vseh merilnih mestih dobro (koncentracije Chl-a so v razponu 0,65-1,50 µg/l) ali zelo dobro (koncentracije Chl-a so ≤ 0,64 µg/l) (Slika 4). V primerjavi s predhodnimi obdobji so take koncentracije nizke, saj je na prelomu tisočletja prišlo do spremembe režima [5], ki se je izrazila v celotnem severnem Jadranu [6] kot posledica zmanjšanih koncentracij hranil, tudi v povezavi z izboljšanimi načini čiščenja odpadnih voda in prepovedjo uporabe fosfatov v detergentih.

V zadnjih letih stanje po fitoplanktonu odraža predvsem zmanjšan vnos hranil preko rečnih pritokov in padavin. Izstopata predvsem leti 2018 in 2022, ki sta bili izrazito hidrološko suhi, posledično pa je bila biomasa fitoplanktona zelo nizka (Slika 4). Posledice sušnih razmer so vidne tudi pri številčnosti fitoplanktona, ki je precej nižja kot v letih, ko je prihajalo do namnožitev določenih vrst ali skupin fitoplanktona. Najvišje klorofilne biomase so po navadi izmerjene na merilnih mestih CZ (SI5VT1), ki leži v osrednjem delu Tržaškega zaliva in je pod znatnim vplivom reke Soče, K (SI5VT3), ki leži znotraj Koprskega zaliva in je pod vplivom izlivov rek Rižane in Badaševice in močno poseljene obale, in DB2 (SI5VT2), ki leži med Koprom in Trstom na robu gojišč školjk. Nasprotno so najnižje koncentracije Chl-a izmerjene na merilnih mestih F (SI5VT4), ki zaradi svoje lege ni pod neposrednim vplivom sladkovodnih vnosov in drugih vplivov s kopnega, MA (SI5VT5) v Piranskem zalivu in ZM (SI5VT1), ki je precej oddaljeno od antropogenih virov in izlivov rek.

3. Zaključki

Čeprav je ekološko stanje morja v zadnjem obdobju po vseh treh BEK večinoma dobro ali celo zelo dobro, je vseeno potrebno izpostavit nekatere problematične vidike. Če je v preteklem stoletju veljalo, da je ena največjih groženj za dobro ekološko stanje morja evtrofikacija (bogatenje s hranili), so v novejšem času habitati in združbe obalnega morja ogrožene predvsem zaradi fizičnih posegov v obalnem pasu, pomorskega prometa in pa sprememb, ki so povezane s širšimi klimatskimi dogajanji. Te grožnje se sicer do sedaj niso odrazile v slabši oceni ekološkega stanja, pač pa vplivajo na druge vidike vrednotenja morskega okolja, denimo na stanje biodiverzitete.

4. Viri

[1] ORFANIDIS, S., PANAYOTIDIS, P., UGLAND, K., 2011. Ecological Evaluation Index continuous formula (EEI-c) application: a step forward for functional groups, the formula and reference condition values. Mediterranean Marine Science, 12(1), 199–232.

[2] HOLM-HANSEN, O., LORENZEN, C.J., HOLMES, R.W., STRICKLAND, J.D.H., 1965. Fluorometric determination of chlorophyll. Journal du Conseil permanent International pour l' Exploration de la Mer, 30, 3–15.

[3] UTERMÖHL, H., 1958. Zur Vervollkommung der Quantitativen Phytoplankton-Metodik. Mitteilungen. Internationale Vereiningung für Theoretische und Angewandte Limnologie 9, 1–38.

[4] GIOVANARDI, F., FRANCÉ, J., MOZETIČ, P., PRECALI, R., 2018. Development of ecological classification criteria for the Biological Quality Element phytoplankton for Adriatic and Tyrrhenian coastal waters by means of chlorophyll a (2000/60/EC WFD). Ecological Indicators 93, 316–332.

[5] MOZETIČ, P., FRANCÉ, J., KOGOVŠEK, T., TALABER, I., MALEJ, A., 2012. Plankton trends and community changes in a coastal sea (northern Adriatic): Bottom-up vs. top-down control in relation to environmental drivers. Estuarine, Coastal and Shelf Science 115, 138–148.

[6] MOZETIČ, P., SOLIDORO, C., COSSARINI, G., SOCAL, G., PRECALI, R., FRANCÉ, J., BIANCHI, F., DE VITTOR, C., SMODLAKA, N., FONDA UMANI, S., 2010. Recent trends towards oligotrophication of the northern Adriatic: evidence from chlorophyll a time series. Estuaries and Coasts 33, 362–375.

VPLIV DEZINFEKCIJE IN MATERIALOV V STIKU S PITNO VODO NA POJAV OPORTUNO PATOGENIH GLIV V PITNI VODI

znan. sod. dr. MONIKA NOVAK BABIČ

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

POVZETEK

Mikrobiološko neoporečna voda predstavlja stalen izziv, ker zaradi globalnih sprememb zaznavamo porast porajajočih patogenov. Med te po podatkih Svetovne zdravstvene organizacije spadajo tudi glive. Kljub temu, da je njihov pojav v vodah in na materialih v stiku z vodo znan, glive niso vključene med mikrobiološke parametre v Evropski Direktivi o pitnih vodah. Vzorčenja podzemne in pitne vode ter materialov v stiku s pitno vodo na različnih stopnjah priprave vode po Sloveniji so pokazala prisotnost gliv *Aspergillus, Acremonium, Furcasterigmium, Gliomastix* in *Sarocladium* na cementnih materialih, gliv iz kraljestva Basidiomycota na plastičnih materialih in *Cadophora, Cladosporium, Cyphellophora* ter *Exophiala* na kovinah. Iz surove vode pred dezinfekcijo smo v povprečju osamili 260 CFU/L, iz vode po ultrafiltraciji in klorinaciji 49 CFU/L, na prvem odjemnem mestu v distribucijskem omrežju 64 CFU/L in na zadnjem odjemnem mestu 97 CFU/L. Klor kot dezinfekcijsko sredstvo v povprečju 5-krat zniža število gliv v pitni vodi, vendar njegov učinek z razdaljo omrežja vidno upade. Pri končnih vzorčnih točkah smo tako v povprečju zaznali 2-krat povišano število gliv v primerjavi s sveže klorirano vodo. Na pojav gliv v celotnem sistemu oskrbe s pitno vodo najbolj vpliva lokacija primarnega vodonosnika. V nasprotju s številom gliv, vrstna raznolikost ni odvisna od vzorca vode in med vzorčenimi točkami v omrežju precej niha. Oportunistične patogene iz rodov *Aspergillus, Candida, Filobasidium* in *Exophiala* smo osamili občasno in trenutno ne predstavljajo tveganja za uporabnike. Nekateri sevi iz rodu *Candida* so bili zmerno odporni proti antimikotikom, kar lahko predstavlja povišano tveganje za ljudi z oslabljenim imunskim sistemom.

Ključne besede:

zakonodaja, priprava pitne vode, klorinacija, gradbeni materiali v stiku s pitno vodo, raznolikost gliv, selekcija oportuno patogenih gliv, razvoj odpornosti proti antimikotikom

1. Uvod

Združeni Narodi (ZN) so v Resoluciji 64/292 Sveta za človekove pravice pitno vodo zapisali kot eno temeljnih človekovih pravic [1]. Evropska Unija (EU) v

Direktivi za pitne vode 98/83/CE navaja, da je voda primerna za pitje, kadar ne vsebuje človeku nevarnih kemičnih snovi in mikroorganizmov [2]. Pred vstopom v distribucijski sistem se zato izvede redni mikrobiološki monitoring pitne vode, ki zajema celokupno število aerobnih mikroorganizmov pri 22 in 37°C, prisotnost enterobakterij, fekalnih koliformov in bakterije *Escherichia coli* ter prisotnost praživali in števila bakterij *Clostridium perfringens*, če je primarni vir površinska voda [3, 4]. Med mikroorganizme, ki lahko vplivajo na kakovost vode in zdravje ljudi, niso pa zajeti v redni monitoring pitne vode, spadajo tudi glive. Njihova prisotnost v vodah je bila dokazana v 19 evropskih državah, od koder poročajo o več kot 400 različnih vrstah [3]. Glive v distribucijskih sistemih znižujejo pH, kar vodi v korozijo cementnih in kovinskih materialov in izluževanje elementov kot so aluminij in železo. Pogosto so vpletene tudi v proces izločanja vodnega kamna in odlaganje le-tega na površine materialov, zaradi česar se spremeni kvaliteta materialov kot tudi barva, vonj in okus vode [5]. Uporabniki so glivam izpostavljeni med dnevnimi aktivnostmi kot so kuhanje, pranje in osebna higiena, kjer prihajajo v stik z glivami preko kože, sluznic in vdihavanja vodnih aerosolov [3]. Pri imunsko oslabljenih ljudeh oportuno patogene glive pogosto povzročajo poslabšanje simptomov astme, preobčutljivostnega pnevmonitisa in draženja kože ter oči, v težjih primerih tudi lokalne in sistemske mikoze [6]. Za zdravljenje glivnih obolenj so med najpogosteje uporabljenimi antimikotiki na bazi azolov, vendar v zadnjih letih odpornost gliv narašča, posebej je trend opazen pri rodovih *Aspergillus* in *Candida.* Ta trend povezujejo s povečano rabo azolov v dovoljenih učinkovinah fitofarmacevtskih sredstev kot so bromukonazol, tetrakonazol, penkonazol, difenokonazol, ciprokonazol in fenbukonazol [7]. V Sloveniji so bile do sedaj iz podzemne in pitne vode najpogosteje osamljene vrste rodov *Aspergillus, Aureobasidium, Candida* in *Exophiala*. Izmed teh sta rodova *Aspergillus* in *Candida* tudi najpogostejša povzročitelja glivnih obolenj pri Slovencih [8]. V prispevku podajamo pregled prisotnosti gliv v naravni vodi in vodi po dezinfekciji ter prisotnost gliv v biofilmih na materialih v stiku s pitno vodo na območju Slovenije. Predstavljamo tudi prve rezultate odpornosti gliv iz rodov *Aspergillus* in *Candida* proti devetim protiglivnim učinkovinah, ki so najpogosteje uporabljene za zdravljenje glivnih obolenj.

2. Materiali in metode

2.1 Vzorčenje in osamitev čistih glivnih kultur

V sterilne posode smo na mestih pred in po dezinfekciji zajeli po 10 litrov vzorcev vode. Biofilme smo iz površine cementnih zadrževalnikov vode, kot tudi kovinskih, plastičnih in gumenih delov cevi, s sterilnimi vatenkami postrgali iz površine 1 cm^2. Triplikate po 100 mL vsakega vzorca vode smo prefiltrirali preko nitroceluloznih filtrov (0,45 µm; Merck, Millipore). Filtre smo inkubirali na trdnih gojiščih s sladnim ekstraktom (MEA) in dikloran-rose bengal agar (DRBC) z dodatkom kloramfenikola (50 mg/L) ter Sabouraudov glukozni agar (SABG) z dodatkom penicilina in streptomicina (200 mg/L) pri temperaturah 15, 25, in 37 °C do vidne rasti gliv. Triplikate vsakega vzorca biofilmov smo konfluentno nanesli na enaka

gojišča kot vzorce vode ter jih nadalje inkubirali po enakem postopku opisanem za vode. Porasle kolonije smo prešteli in izračunali število enot, ki tvorijo kolonije (CFU/L oz. CFU/cm^2). Posamezne morfološko različne kolonije smo precepili na agar s sladnim ekstraktom (MEA), izolate čistih kultur pa trajno shranili v okviru mikrobiološke zbirke Ex Infrastrukturnega centra Mycosmo (http://www.ex-genebank.com/) na Oddelku za biologijo Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.

2.2 Ekstrakcija DNA in taksonomska klasifikacija

DNA kvasovk smo ekstrahirali iz 3 dni starih čistih kultur z uporabo PrepMan Ultra reagenta (Applied Biosystems), DNA filamentoznih gliv pa iz 5-7 dni starih čistih kultur s postopkom mehanske lize micelija. S konvencionalnim PCR smo določili črtno nukleotidno zaporedje za splošno identifikacijo gliv tj. celotno zaporedje ITS ribosomske rDNA, pri kvasovkah pa še D1/D2 domene 28S rDNA velike podenote ribosoma (LSU). Za točno identifikacijo gliv iz rodov *Acremonium, Alternaria, Aspergillus, Cladosporium, Fusarium, Ochroconis, Penicillium* in *Trichoderma* smo dodatno uporabili še nukleotidna zaporedja genomskih regij, ki kodirajo aktin, beta-tubulin, in translacijski elongacijski faktor. Vsa DNA zaporedja smo primerjali z mednarodnimi bazami podatkov kot sta GenBank (NCBI) in MycoBank (Westerdijk Fungal Biodiversity Institute, Utrecht, Nizozemska) ter na osnovi referenčnih sevov izvedli natančno taksonomsko določanje.

2.3 Testiranje odpornosti proti protiglivnim učinkovinam

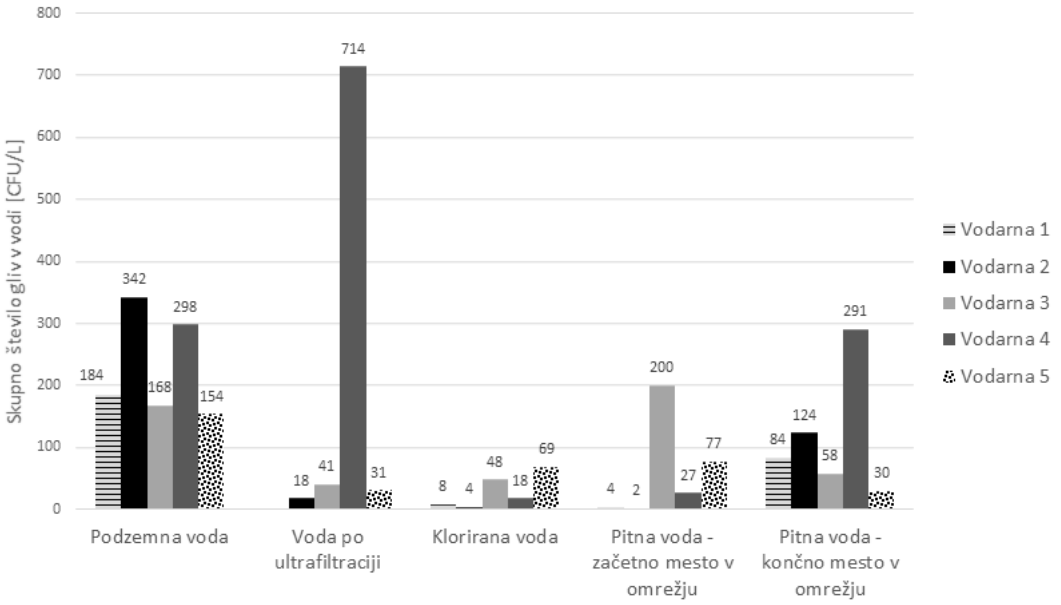
Za glive iz rodov *Aspergillus* in *Candida*, osamljenih iz vode in površine materialov smo določili minimalno inhibitorno koncentracijo (MIC) tako, da smo seve gojili na predpripravljenih gojiščih Sensititre®YeastOne (Thermo Fisher), z dodatkom antimikotikov v redčitveni vrsti.

3. Rezultati

3.1 Glive so prisotne na vseh stopnjah priprave pitne vode

Iz naravne vode pred dezinfekcijo smo v povprečju osamili 260 CFU/L iz 17 različnih rodov, najpogosteje *Cadophora, Leptobacillium, Penicillium* in *Rhodotorula*. Iz vode po ultrafiltraciji in klorinaciji smo v povprečju osamili 49 CFU/L iz 16 rodov, najpogostejši so bili *Cladosporium, Lemonniera* in *Leptobacillium*. Iz vode na prvem odjemnem mestu v distribucijskem omrežju smo v povprečju osamili 64 CFU/L iz 16 rodov, najpogosteje *Cladosporium* in *Lemonniera*. Iz vode v vodohranih z opazno prisotnostjo gliv na površinah smo v povprečju osamili 137 CFU/L. Med temi sta bila najpogostejša rodova *Gloeotinia* in *Sarocladium*. Iz vode na zadnjem odjemnem mestu v distribucijskem omrežju smo v povprečju osamili 97 CFU/L iz 21 rodov, najpogosteje *Cadophora, Cladosporium, Cyphellophora* in *Leptobacillium*. Oportunistično patogene glive rodov *Aspergillus, Candida, Filobasidium* in *Exophiala* smo osamili sporadično. Največje število gliv se v povprečju pojavlja v naravni vodi, najmanjše pa neposredno po kloriranju (Slika 1). Klor kot dezinfekcijsko sredstvo

v povprečju 5-krat zniža število gliv v pitni vodi, vendar njegov učinek z razdaljo distribucijskega omrežja vidno upade. Glive, ki smo jih osamili iz vode neposredno po kloriranju in pozneje tudi v distribucijskem omrežju spadajo med rodove *Cadophora, Cladosporium, Cystobasidium, Exophiala, Filobasidium, Lemonniera, Leptobacillium, Rhexocercosporidium* in *Sarocladium*. Pri končnih vzorčnih točkah smo v povprečju zaznali 2-krat povišano število gliv v primerjavi s sveže klorirano vodo. Glivna raznovrstnost v nasprotju z njihovim številom ni odvisna od vzorca vode in se med vzorčenimi točkami v omrežju razlikuje.



Slika 1 Število gliv v različnih vzorcih vode, odvzetih iz 5 vodarn.

3.2 Naselitev gliv je odvisna od vrste gradbenega materiala

Iz materiala v stiku s pitno vodo smo osamili v glavnem tiste glive, ki so tudi sicer prisotne v vodi. Lokacija in izvor vode vplivata na pojav gliv na materialih. Največ gliv z največjo raznovrstnostjo smo osamili iz materialov z neravno, hrapavo in mehko površino, kot so gume (74 CFU/cm^2), cement (88 CFU/cm^2) in cementni premazi (Xypex) (333 CFU/cm^2), kjer je opazna tudi izrazita pozitivna selekcija rodov *Aspergillus, Acremonium, Furcasterigmium, Gliomastix* in *Sarocladium*. V povprečju smo najmanj gliv osamili iz površine kovinskih cevi v stiku s sveže klorirano vodo (2 CFU/cm^2). Plastični materiali, kot so mrežice ali deli cevi, verjetneje selekcionirajo glive iz kraljestva Basidiomycota (rodovi *Cystobasidium, Vishniacozyma, Bjerkandera, Stereum*), medtem, ko smo iz površine kovin pogosteje osamili melanizirane glive iz rodov *Cadophora, Cladosporium, Cyphellophora* in *Exophiala.*

3.3 Odpornost gliv *Aspergillus* in *Candida* iz vodnih okolij proti antimikotikom

Proti devetim antimikotikom smo testirali 11 sevov iz rodu *Aspergillus*, od tega 3 (2 - *A. fumigatus* in 1 - *A. flavus*) iz naravne vode, 6 (5 – *A. creber* in 1 – *A. westerdijkiae*) iz pitne vode in 2 (1 – *A. creber* in 1 – *A. protuberus*) iz materiala v stiku z vodo. Le *A. protuberus* iz materiala v stiku z vodo je bil odporen proti amfotericinu B (MIC = 4), vsi ostali so bili občutljivi na testirane antimikotike. Testirali smo tudi 24 sevov vrste *Candida parapsilosis*, od tega 2 iz naravne vode in 22 iz pitne vode. Pet sevov je bilo odpornih proti flukitozinu (MIC >1), in eden proti flukonazolu (MIC = 4). Zmerno odpornost proti flukitozinu smo določili pri 12 sevih, vsi sevi pa so bili zmerno odporni proti anidulafunginu, micafunginu in caspofunginu. Proti ostalim antimikotikom (amfotericin B, itrakonazol, vorikonazol in posavorikonazol) nismo zabeležili odpornosti.

4. Diskusija

Na območju Slovenije prevladujejo sedimentne kamnine in sedimentni nanosi, v katerih se nahajajo vodonosne plasti (vodonosniki). Možnost dostopanja in izrabe podzemne vode je zaradi ugodne geološke lege velika, zato se 85 % ljudi v državi oskrbuje s podzemno vodo, le 3 % prebivalstva uporabljajo površinske ali meteorne vode, ostali se oskrbujejo z vodo iz lastnih vrtin (studencev) [9, 10]. Posebnost Slovenije so kraški vodonosniki, ki so zaradi apnenčaste strukture in tanjših plasti zelo občutljivi na onesnaženja [9]. V Sloveniji trenutno obstaja 866 oskrbovalnih območij, ki s pitno vodo oskrbujejo >50 ljudi. Izmed teh območij jih v letu 2017 31 % za pripravo vode ni uporabljajo dezinfekcije, 9 % je dezinfekcijske postopke uporabljalo občasno, 60 % pa je imelo uvedeno stalno dezinfekcijo [10]. V Sloveniji je najpogostejši kemijski postopek dezinfekcije vode z uporabo klora in klorovih spojin [2], vse bolj pa se uveljavlja tudi dezinfekcija z UV sevanjem [10]. Uporaba navedenih metod je odvisna od lokacije in kvalitete naravne vode. Kot poroča Svetovna zdravstvena organizacija (WHO), navedene metode učinkovito odstranijo do 99 % virusov ter 99.99 % bakterij, praživali in gliv [2, 5]. Podatki sovpadajo s podatki pridobljenimi tekom naše študije, kjer so se postopki priprave pitne vode pri vseh vzorčenih vodarnah izkazali za zelo učinkovite (Slika 1). V nasprotju s številom gliv pa se vrstna raznolikost po kloriranju ni bistveno zmanjšala. Podoben trend je bil opažen tudi v drugih evropskih državah, kjer je bila prisotnost gliv v različnih vodah že raziskana [3]. V pitnih vodah Evrope so tako najpogostejše glive iz rodov *Absidia, Alternaria, Aspergillus, Aureobasidium, Candida, Cladosporium, Cystobasidium, Exophiala, Fusarium, Mortierella, Mucor, Naganishia, Penicillium, Phoma, Rhinocladiella, Rhizopus, Rhodotorula, Sarocladium, Scopulariopsis, Sporothrix, Stachybotrys* in *Trichoderma* [3]. Poleg teh se v vodah redno in v večjem številu pojavljajo tudi lokalno značilni rodovi, v Sloveniji npr. *Lemmoniera, Leptobacillium, Rhexocercosporidium* in *Gloeotinia*. Med temi večino predstavljajo nove, še neopisane vrste. Njihova vloga v naravi in v odnosu do človeka je neznana, zato je potrebna pozornost v primerih nenadnega povišanja katerekoli vrste v pitni vodi.

Preživele glive po kloriranju predstavljajo primarne naseljevalce v distribucijskem sistemu, kjer na površini materialov tvorijo biofilme [3, 5]. Glive, za katere je *in vitro* dokazana tvorba biofilmov, spadajo v rodove *Aspergillus, Aureobasidium, Candida, Naganishia, Penicillium, Saccharomyces* in *Trichoderma* [11]. Poleg teh so študije biofilmov *in vivo* iz vodovodnih sistemov privatnih domov, bolnišnic in industrijskih obratov dokazale še prisotnost rodov *Exophiala, Fusarium, Malassezia, Ochroconis, Phialophora, Phoma, Rhinocladiella* in *Rhodotorula* [3]. Na obstojnost biofilmov pomembno vpliva tudi izbira gradbenih materialov [3]. Pri cementnih materialih, ki so gradniki vodohranov in zadrževalnikov neobdelane vode, je zaradi mešanice sestavin neobstojnost in biorazgradnja pogostejša kot pri kovinah in plastičnih materialih [12]. Glive cementne materiale uničujejo s kislimi metabolnimi produkti in mehansko - z razrastjo micelija. Biodegradacijski potencial je bil dokazan za rodove *Alternaria, Aspergillus, Cephalosporium, Cladosporium, Mucor, Penicillium, Rhizopus* in *Trichoderma* [12, 13]. Poleg teh smo iz površine cementa in premazov osamili tudi *Exophiala, Furcasterigmium, Gliomastix, Gloeotinia, Neopyrenochaeta, Sarocladium* in *Sporobolomyces* pri čemer smo ugotovili, da je na premazih izrazita pozitivna selekcija rodov *Furcasterigmium, Gliomastix* in *Gloeotinia*, ki se tam pojavljajo do 6,5-krat pogosteje kot na površini osnovnega cementa. Njihovo število je bilo posledično do 2-krat povišano tudi v vodah, ki so bile v stiku s premazom. Tudi silikonski in gumeni materiali spodbujajo razrast gliv kot so *Acremonium, Exophiala* in *Penicillium* [13]. Najmanj gliv pa smo osamili iz površine kovinskih cevi, kjer so prevladovale melanizirane glive iz rodov *Cadophora, Cladosporium, Cyphellophora* in *Exophiala.* V nasprotju z ostalimi materiali smo iz plastičnih delov osamili predvsem glive iz kraljestva Basidiomycota, kar bo pripomoglo k razumevanju razgradnje plastike v okolju.

Poleg okoljskega vidika, spremljanje gliv v vodah pridobiva na pomenu tudi iz vidika javnega zdravja. Ljudje so izpostavljeni glivam iz vode s pitjem, tuširanjem, kuhanjem in rekreacijskimi aktivnostmi neposredno preko stika s kožo in vdihavanjem aerosolov. Pri morebitnih glivnih okužbah, ki se pojavljajo predvsem pri imunsko oslabljenih ljudeh, najbolj skrbi povečan pojav odpornosti proti azolnim antimikotikom pri vrstah *Aspergillus flavus, A. fumigatus, A. niger* in *A. terreus* [14]. Poleg teh so odpornost razvile tudi *Candida auris, C. albicans, C. glabrata, C. krusei, C. parapsilosis* in *C. tropicalis* [14]. Prav vrste rodov *Aspergillus* in *Candida* so bile najpogosteje osamljene tudi iz slovenske vode [15], vendar testiranje slovenskih izolatov proti azolnim antimikotikom zaenkrat ni pokazalo odpornosti. Zmerna odpornost je bila zabeležena pri ehinokandinih in občasno pri polienih. Možnost pojava proti azolom odpornih gliv v vodah na območju Slovenije je najvišja v Pomurski, Podravski in Osrednjeslovenski regiji zaradi povečane izrabe tal v kmetijske namene in zaznanih povišanih koncentracij pesticidov v podzemnih vodah [9, 10, 16]. Prihodnje študije bomo tako poleg ekološkega vidika, po priporočilih WHO, usmerili tudi v spremljanje tega medicinsko pomembnega trenda.

5. Viri

[1] UN, 2010. Resolution adopted by the General Assembly on 28 July 2010 64/292. The human right to water and sanitation. New York: United Nations.

[2] WHO, 2011. Guidelines for Drinking Water Quality. 4th ed. Geneva: World Health Organization.

[3] NOVAK BABIČ, M., GUNDE-CIMERMAN, N., et al., 2017. Fungal Contaminants in Drinking Water Regulation? A Tale of Ecology, Exposure, Purification and Clinical Relevance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14, 636.

[4] EEC, 1998. Council directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption. *Official Journal of the European Union*, L330, 32–54.

[5] DEFRA, 2011. A Review of Fungi in Drinking Water and the Implications for Human Health. 1st ed. Paris: BIO Intelligence Service.

[6] De Hoog, G. S., Guarro, J., et al. (2020). *Atlas of Clinical Fungi* [online]. Utrecht: Centraalbureau voor Schimmelcultures. Dostopno na: http://www.clinicalfungi.org/ [dostop 10. maj 2023].

[7] HOLLOMON, D., 2017. Does agricultural use of azole fungicides contribute to resistance in the human pathogen Aspergillus fumigatus? *Pest Management Science*, 73, 1987–1993.

[8] TOMAZIN, R., MATOS, T., 2017. Fungal infections in patients with cystic fibrosis. Zdravniški Vestnik, 86, 42–52.

[9] VLADA REPUBLIKE SLOVENIJE, 2016. Načrt upravljanja voda na vodnem območju Donave za obdobje 2016–2021. 1st ed. Ljubljana: Vlada RS.

[10] NLZOH, 2017. Monitoring pitne vode 2017 – letno poročilo o kakovosti pitne vode v letu 2017. Maribor: Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano.

[11] SIQUEIRA, V. M., OLIVEIRA, H. M., et al., 2011. Filamentous fungi in drinking water, particularly in relation to biofilm formation. *International Journal of Environmental Research and Public Health,* 8, 456–469.

[12] BERTRON, A., 2014. Understanding interactions between cementitious materials and microorganisms: a key to sustainable and safe concrete structures in various contexts. *Materials and Structures* 47, 1787–1806.

[13] NOVAK BABIČ, M., GUNDE-CIMERMAN, N., 2021. Water-Transmitted Fungi Are Involved in Degradation of Concrete Drinking Water Storage Tanks. *Microorganisms*, 9 (1): 160.

[14] WHO, 2022. Fungal priority pathogens list to guide research, development and public health action. Geneva: World Health Organization.

[15] NOVAK BABIČ, M., ZALAR P., et al., 2016. Yeasts and yeast-like fungi in tap water and groundwater, and their transmission to household appliances. *Fungal Ecology*, 20, 30–39.

[16] Mihorko, P., Garcin, M. (2016). *Pesticidi v podzemni vodi* [online]. Ljubljana: Agencija Republike Slovenije za okolje. Dostopno na: http://kazalci.arso.gov.si/print?ind_id=753&lang_id=302 [dostop 10. maj 2023]

POTENCIALNO ONESNAŽENA OBMOČJA KOT GROŽNJA VODNIM VIROM

dr. TAJAN TROBEC, dr. BARBARA LAMPIČ, NEJC BOBOVNIK, LEA REBERNIK, dr. BLAŽ REPE, dr. KATJA VINTAR MALLY

Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani

POVZETEK

V Sloveniji je bilo leta 2022 v bazo potencialno onesnaženih območij (POO) vključenih 671 območij. Evidentirane so lokacije tistih dejavnosti, kjer zaradi pretekle ali trenutne rabe obstaja nevarnost za onesnaženje vodnih virov in tal. V prispevku na kratko predstavljamo proces vzpostavitve baze in strukturo podatkov, osredotočamo pa se na predstavitev ocene potencialne grožnje POO za vodne vire ob morebitnem onesnaženju. Pri tem izhajamo iz kombinacije štirih dejavnikov vodnoekološke občutljivosti: oddaljenost POO od površinskih voda, njihova prisotnost na poplavnih območjih, lega na območjih različno prepustnih kamnin in prisotnost na vodovarstvenih območjih. Ugotavljamo, da le 39 POO (6 %) ne predstavlja večje potencialne grožnje za vodne vire, po drugi strani pa se na kar 210 POO (31 %) kaže večja vodnoekološka občutljivost z vidika treh in na 19 POO (3 %) z vidika štirih dejavnikov. Visok delež POO, kjer se kaže večja nevarnost za potencialno onesnaženje voda, je zaskrbljujoč in terja nadaljnje raziskave dejanske onesnaženosti teh območij oziroma vzpostavitev ciljnega preiskovalnega monitoringa voda na njihovem vplivnem območju ter aktivnejše in sistematično spremljanje izvajanja dejavnosti.

Ključne besede:

potencialno onesnažena območja, kakovost voda, vodnoekološka občutljivost, ogroženost vodnih virov, monitoring, Slovenija

1. Uvod

Slovenija pri sistemski obravnavi onesnaženih območij zaostaja za večino gospodarsko razvitejših evropskih držav (Lampič in sod., 2022b; Progress in management …, 2021). Za zmanjšanje te vrzeli smo v okviru projektnih aktivnosti (Lampič in sod., 2021; Lampič in sod., 2022a) preliminarno vzpostavili enotno državno bazo tako imenovanih potencialno onesnaženih območij (v nadaljevanju POO), ki trenutno vključuje 671 lokacij in jo upravlja Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo (v nadaljevanju MOPE). Prostorska slika in poznavanje značilnosti POO, torej območij, ki zaradi svoje (sedanje ali pa pretekle, že opuščene) dejavnosti domnevno ogrožajo zdravje ljudi in okolje, omogoča nadaljnje aktivnosti pri prepoznavanju dejansko onesnaženih območij in izvajanje sanacije.

Baza POO vključuje heterogena območja, tako glede velikosti kot dejavnosti. Mednje uvrščamo npr. različna industrijska območja (vključno z rudarskimi), območja odlaganja in nesanirana odlagališča odpadkov, nekdanja vojaška oporišča, območja kmetijske dejavnosti idr. Bazo smo gradili v skladu s tujimi smernicami (Progress in management …, 2021), strokovnimi usmeritvami naročnika (MOPE) in lastno strokovno-kritično presojo ter si pri tem pomagali z različnimi podatkovnimi viri. Uporabili smo Evidenco funkcionalno razvrednotenih območij (MGRT, 2020), Evidenco zaprtih industrijskih (ARSO, 2020) in komunalnih odlagališč (ARSO, 2020), Evidenco SEVESO zavezancev (ARSO, 2022), Evidenco IED upravljalcev (ARSO, 2021) ter posamezne kritične lokacije, posredovane s strani naročnika (MOPE).

Za evidentirana POO smo zbrali številne atributivne podatke, ki se nanašajo na lokacijo (regija, občina, vodno območje, vodonosni sistem, katastrska občina, parcela itd.), specifične značilnosti območja (dejanska raba tal, tip tal, oddaljenost od vode, prisotnost na poplavnem, vodovarstvenem območju in območjih drugih režimov varovanja, lastništvo, stopnja opuščenosti itd.), razpoložljive podatke o dosedanjem onesnaževanju (povzročitelj onesnaževanja, viri onesnaževanja) ter značilnosti morebitnega izvajanja ukrepov in monitoringa. Z modelnim izračunom, ki je temeljil na metodi večkriterijskega vrednotenja, smo ocenili tudi stopnjo občutljivosti okolja in ogroženosti človekovega zdravja ob morebitnem onesnaženju (Lampič in sod., 2022b).

Zaradi možnega onesnaženja na lokacijah POO, katerega vir je lahko preteklo onesnaževanje, trenutno potekajoča dejavnost, odlaganje najrazličnejših (tudi nevarnih) odpadkov ipd., so ta območja med drugim neprestana grožnja za kakovost voda. Spričo pomanjkanja raziskav in odsotnosti preiskovalnega monitoringa za POO še ne razpolagamo s podatki o dejanskem onesnaženju, ki so izjemoma omejeni na ekspertne ocene, pridobljene na podlagi terenskih ogledov. Posledično teh podatkov tudi ni mogoče vključiti v analizo in izvesti celovitega vrednotenja ogroženosti voda na vplivnem območju POO. V prispevku tako podajamo le okvirno oceno potencialne grožnje POO za vodne vire ob morebitnem onesnaženju. Pri tem smo izhajali iz štirih dejavnikov vodnoekološke občutljivosti, in sicer oddaljenost POO od površinskih voda, prisotnost POO na poplavnih območjih, ocena različno prepustnih kamnin na lokaciji POO in prisotnost POO na vodovarstvenih območjih.

2. Analiza izbranih dejavnikov vodnoekološke občutljivosti za POO

2.1 Oddaljenost POO od površinskih voda

Bližina POO vodnim virom je pomemben dejavnik potencialne ogroženosti površinskih voda, saj povečuje nevarnost za njihovo onesnaženje v primeru izpiranja onesnažil, izlivov različnih snovi, odtekanja vode ob morebitnem gašenju požarov na POO, kot je bil recimo primer na Cesti dveh cesarjev (Na nekdanjem avtoodpadu …, 2020) ali pa na Mazovčevi poti (Bezjak, 2021) (Slika 1).



Slika 1 Avtoodpad ob Cesti dveh cesarjev pred požarom (levo) in po požaru (desno).

2.2 Prisotnost POO na poplavnih območjih

Prisotnost POO na poplavnih območjih je problematična z več vidikov. Poplavna območja so namreč na dosegu visokih poplavnih voda, ki lahko nevarne snovi odnesejo po toku navzdol ter s tem ogrožajo kakovost podtalnice, rečne vode in sedimenta, v katerem se onesnaževala lahko kopičijo in zadržujejo na daljši rok. Onesnažena voda se skupaj s finejšim sedimentom lahko razliva na nižje ležeča poplavna območja, pri tem onesnažuje tla in pronica v vodonosnike ter s tem potencialno ogroža vire pitne vode.

Pri določanju poplavne ogroženosti smo preverjali prisotnost POO na poplavnih območjih glede na Integralno karto poplavne nevarnosti (v nadaljevanju IKPN) in Opozorilno karto poplav (v nadaljevanju OPKP) (DRSV, 2022). Primarno smo upoštevali aktualno stanje glede na IKPN, zunaj območja njene veljavnosti pa tudi starejšo in manj zanesljivo OPKP. Razločevali smo med območji različne pogostnosti poplavljanja oziroma različne poplavne nevarnosti. Ob upoštevanju obeh kart je na poplavnih območjih v večji ali manjši meri prisotnih več kot tretjina POO (249) (Slika 2b). Med poplavno ogroženimi POO jih je največ na območju pogostih poplav (95; 14 % vseh POO) in najmanj na območju zelo redkih poplav (65; 10 % vseh POO). Taka zastopanost POO na poplavnih območjih, še zlasti na območju pogostih poplav, je posledica dejstva, da se velik del POO nahaja ob vodotokih. Ob tem je treba poudariti, da smo pri uvrstitvi POO na poplavna območja upoštevali načelo previdnosti, kar pomeni, da smo POO uvrstili na poplavno območje, četudi je nanj segalo le v manjši meri, in da smo v primeru, ko je POO segalo na območja različne pogostnosti poplavljanja, upoštevali tisto, kjer se poplave pojavljajo najpogosteje. Posledično se na 49 POO (7 % vseh POO) poplave pojavljajo zgolj na površini manjši od 0,1 ha.

2.3 Prisotnost POO na območjih različnih prepustnosti kamnin

Prepustnost kamnin in sedimentov se nanaša na njihovo zmožnost za prevajanje vode in tako vpliva na hitrost pronicanja padavinske in poplavne vode ter s tem prenosa potencialnih onesnažil, ki jih ta spere iz tal ali prenaša s seboj, proti podzemni vodi. Prisotnost POO na vodonosnikih, ki jih gradijo kamnine in sedimenti z večjo

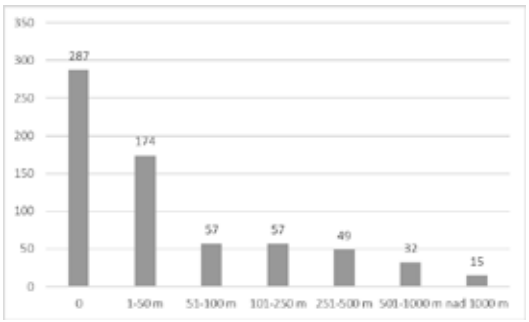
prepustnostjo, tako pomeni predvsem večjo možnost za onesnaženje podzemne vode, kot tudi morebitnih izvirov, ki jih ta napaja.

Pri določanju prisotnosti POO na območjih različno prepustnih kamnin in sedimentov smo osnovne enote Hidrogeološke karte (GeoZS, 2023) na podlagi prevladujočih skupin kamnin Osnovne geološke karte z ekspertno oceno pretvorili v razrede prepustnosti. Daleč največ POO (441; skoraj 2/3) je na območju zelo prepustnih kamnin (Slika 2c), kar je posledica velikega števila POO na območju vodoprepustnih kvartarnih prodno-peščenih nanosov, ki predstavljajo vodonosnike z medzrnsko poroznostjo, pa tudi na območju zelo zakraselih vodoprepustnih karbonatnih kamnin (večinoma apnenci in v manjši meri dolomit), ki predstavljajo vodonosnike s kraško-razpoklinsko poroznostjo. Nadaljnjih 38 POO (6 %) je na območju dobro prepustnih kamnin, kjer gre večinoma za srednje zakrasele vodoprepustne karbonatne oziroma organsko-karbonatne apnence in dolomite. S 132 primeri (20 %) je precej zastopana skupina POO na območju srednje prepustnih kamnin, kjer na kraško-razpoklinskih vodonosnikih prevladujejo predvsem slabše zakraseli dolomiti in različne karbonatno-klastične kamnine. Na območju slabo in zelo slabo prepustnih kamnin, ki so po sestavi precej raznovrstne, se skupaj nahaja le slaba desetina POO (60; 9 %). Pri oceni prepustnosti krovnih plasti na POO smo upoštevali načelo previdnosti, saj smo v primeru, ko je POO segalo na krovne plasti različnih razredov prepustnosti, upoštevali najprepustnejšega med njimi.

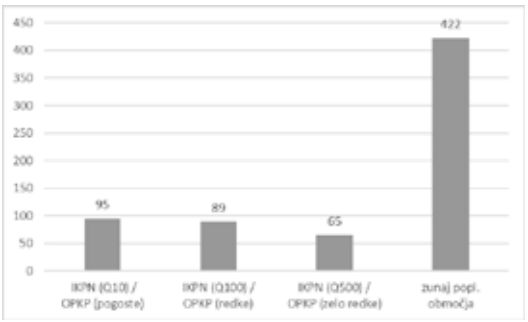
2.4 Prisotnost POO na vodovarstvenih območjih

Prisotnost POO na vodovarstvenem območju pomeni neposredno grožnjo virom pitne vode. Višja kot je kategorija varovanja, krajši je čas do potencialnega onesnaženja vodonosnika in večja je nevarnost za onesnaženje vodnega vira.

(a) Oddaljenost POO od površinskih voda.

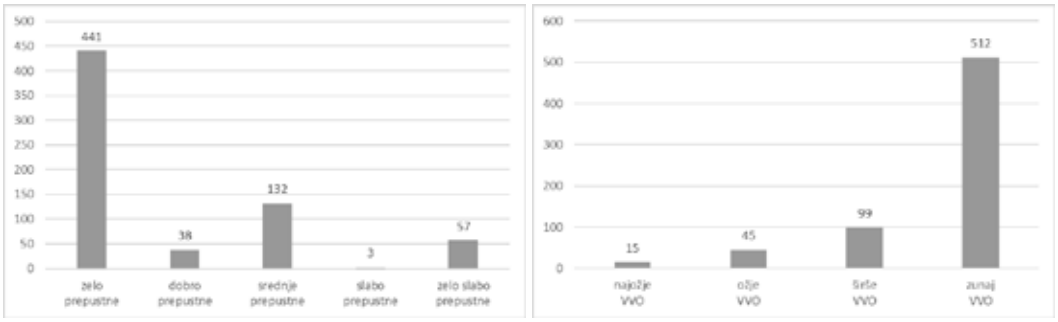


(b) Prisotnost POO na poplavnih območjih.



(c) Prisotnost POO na območjih različno prepustnih kamnin.

(d) Prisotnost POO na vodovarstvenih območjih.



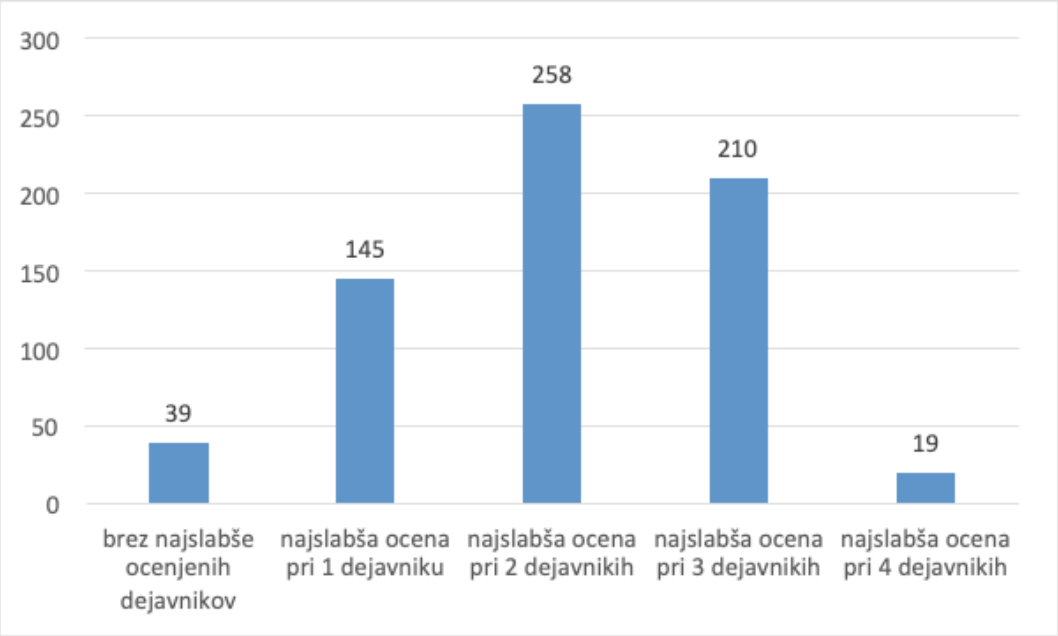
Slika 2 Značilnosti POO glede na izbrane dejavnike vodnoekološke občutljivosti.

Pri določanju prisotnosti POO na vodovarstvenih območjih smo preverjali njihovo lego na vodovarstvenih območjih, določenih na podlagi predpisa Vlade RS, in na območjih, ki so določena na podlagi občinskih odlokov (DRSV, 2022). Razločevali smo med različnimi kategorijami vodovarstvenih območij. Skoraj četrtina POO (159) v večji ali manjši meri sega na vodovarstvena območja (Slika 2d). Glavnina je sicer na širšem vodovarstvenem območju (99; 15 % vseh POO), kjer so omejitve za poseganje v prostor najmanj stroge, a je po drugi strani kar 15 POO (2 %) na najožjem vodovarstvenem območju, nadaljnjih 45 POO (7 %) pa na ožjem vodovarstvenem območju. Večina POO na najožjem vodovarstvenem območju je na prodno-peščenih nanosih ob večjih vodotokih (na Dravskem, Ptujskem, Ljubljanskem in Apaškem polju ter v Spodnji Savinjski dolini). Preostala dva POO na najožjem vodovarstvenem območju sta na kraškem območju, in sicer v Brestovici pri Komnu na Krasu in na Travniškem polju v Loškem Potoku. Tudi pri določanju prisotnosti POO na vodovarstvenih območjih smo upoštevali načelo previdnosti, saj smo POO uvrstili med tista na vodovarstvenih območjih, četudi je nanje segalo le v manjši meri, v primeru, ko je POO segalo na različne kategorije vodovarstvenih območij, smo upoštevali najstrožjo. Posledično 8 POO (1 % vseh POO) na vodovarstvena območja sega na površini manjši od 0,1 ha.

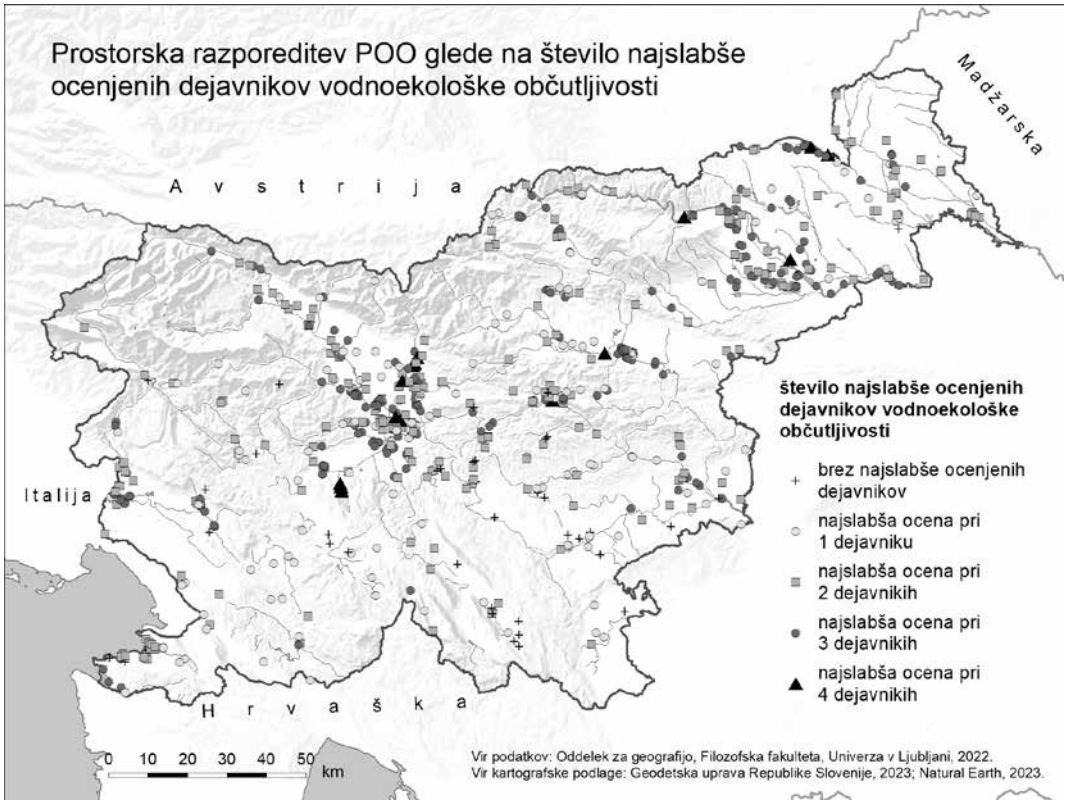
3. Skupna ocena potencialne grožnje POO za vodne vire ob morebitnem onesnaženju

Pri skupni oceni potencialne grožnje POO za vodne vire ob morebitnem onesnaženju smo upoštevali najslabše ocenjene vrednosti za posamezne dejavnike vodnoekološke občutljivosti, in sicer: oddaljenost POO do 100 m od površinskih voda, prisotnost POO na poplavnem območju, prisotnost POO na območju zelo prepustnih kamnin in prisotnost POO na vodovarstvenem območju. Za vse POO smo nato preverili, pri koliko dejavnikih vodnoekološke občutljivosti so bili najslabše ocenjeni, ter jih glede na to uvrstili v enega od petih razredov: 1 – brez najslabše ocenjenih dejavnikov; 2 – najslabša ocena pri enem dejavniku; 3 – najslabša ocena pri dveh dejavnikih; 4 – najslabša ocena pri treh dejavnikih; 5 – najslabša ocena pri štirih dejavnikih

(Slika 3). Ugotovili smo, da prevladujejo POO z najslabšo oceno pri dveh dejavnikih vodnoekološke občutljivosti (258; 39 %). POO, ki niso pri nobenem dejavniku dobila najslabše ocene, je le 39 (6 %), razmeroma malo pa je tudi POO z najslabšo oceno pri (vseh) štirih dejavnikih (19; 3 %). Med njimi so npr. lokacije Jarški prod (Mestna občina Ljubljana), Lagune v Podgradu (lagune nekdanje prašičerejske farme) in Termoelektrarna Trbovlje. Ta POO so brez izjeme na območju vodonosnikov z medzrnsko poroznostjo in večinoma v bližini večjih vodotokov Drave, Save, Mure in Kamniške Bistrice (Slika 4). Z vidika potencialne grožnje POO za vodne vire ob morebitnem onesnaženju je zaskrbljujoče, da je kar 210 POO (31 %) najslabše ocenjenih pri treh dejavnikih vodnoekološke občutljivosti. Primer take lokacije je denimo družba Kemis na Vrhniki, ki je odgovorna za onesnaženje reke Tojnice z nevarnimi snovmi, do katerega je prišlo ob požaru leta 2017. POO z najslabšo oceno pri treh dejavnikih vodnoekološke občutljivosti so prostorsko precej bolj razpršena, zaradi česar je pri njih težko govoriti o prevladujočem prostorskem vzorcu.



Slika 3 POO glede na število najslabše ocenjenih dejavnikov vodnoekološke občutljivosti.



Slika 4 Prostorska razporeditev POO glede na število najslabše ocenjenih dejavnikov vodnoekološke občutljivosti.

4. Zaključki

Do sedaj manj prepoznana grožnja kakovosti vodnih virov so tudi potencialno onesnažena območja. To so zelo heterogena območja, kjer so oziroma so bile prisotne različne okolju nevarne dejavnosti. V Slovenij še ni razvita praksa sistemske obravnave tovrstnih območij, saj do sedaj nismo razpolagali niti z njihovim naborom niti z natančnimi lokacijami. Kot odgovor na zaostanek Slovenije na tem področju za večino gospodarsko razvitejših evropskih držav smo v okviru projektnih aktivnosti vzpostavili prvo enotno državno bazo POO, v katero smo vključili 671 lokacij, vendar baza še zdaleč ni popolna. V prispevku smo vrednotili grožnjo trenutno evidentiranih POO za vodne vire ob morebitnem onesnaženju z vidika štirih dejavnikov vodnoekološke občutljivosti, in sicer oddaljenosti POO od površinskih voda ter njihove prisotnosti na poplavnih območjih, območjih različno prepustnih kamnin in vodovarstvenih območjih. POO, ki niso pri nobenem dejavniku dobila najslabše ocene, je le 39 (6 %). Tudi POO z najslabšo oceno pri vseh dejavnikih je razmeroma malo (19; 3 %), nahajajo pa se na območju vodonosnikov z medzrnsko poroznostjo in večinoma v bližini večjih vodotokov. Bistveno večje je na drugi strani število POO, ki so najslabše ocenjena pri treh dejavnikih vodnoekološke občutljivosti, saj se jih v to skupino

uvršča skoraj tretjina (210). Slednje vzbuja določeno skrb ter napeljuje na potrebo po dodatnih raziskavah na teh območjih in morebitni vzpostavitvi preiskovalnega monitoringa.

5. Viri

[1] Bezjak, Š., 2021. Zagorelo na avtoodpadu v Ljubljani. Domačini: odpad je ekološka bomba. Dostopno na: https://www.24ur.com/novice/crna-kronika/zagorelo-na-avtoodpadu-na-mazovcevi-v-ljubljani.html [dostop 21. februar 2021].

[2] Evidenca SEVESO zavezancev (ARSO). Dostopno na: http://okolje.arso.gov.si/ippc/vsebine/seveso-register [dostop 25. maj 2021].

[3] Evidenca zaprtih industrijskih odlagališč (ARSO). Atlas okolja, 2020.

[4] Evidenca zaprtih komunalnih odlagališč (ARSO). Atlas okolja, 2020.

[5] Hidrogeološka karta (LAWA) Slovenije 1:250.000 (GeoZS). Dostopno na: https://eprostor.gov.si/imps/srv/slv/catalog.search#/home [dostop 25. maj 2023].

[6] Evidenca IED upravljalcev (ARSO). Dostopno na: http://okolje.arso.gov.si/ippc/tabela/14 [dostop 20. april 2022].

[7] Integralna karta poplavne nevarnosti (IKPN) in Opozorilna karta poplav (OPKP) (DRSV). Dostopno na: http://www.evode.gov.si/index.php?id=119 [dostop 28. maj 2022].

[8] Lampič, B., Bobovnik, N., Rebernik, L., Repe, B., Trobec, T., Vintar Mally, K., 2021. Izdelava baze potencialno onesnaženih območji skupaj z aplikacijo in njihov prostorski zajem. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo (UL FF).

[9] Lampič, B., Bobovnik, N., Grčman, H., Rebernik, L., Repe, B., Trobec, T., Vintar Mally, K., Zupan, M., 2022a. Nadgradnja evidence potencialno onesnaženih območij v Sloveniji in izdelava metodologije za opredelitev prednostnih območij za pripravo in implementacijo ukrepov. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo (UL FF).

[10] Lampič, B., Bobovnik, N., Grčman, H., Rebernik, L., Repe, B., Trobec, T., Vintar Mally, K., Zupanc, M., 2022b. The first national database of potentially contaminated sites (PCSS) in Slovenia and a model approach for determining priority treatment. V: Paluchová, K., ur. Contaminated sites 2022: International Conference, Senec, Slovak Republic, 12-14 October 2022: conference proceedings. Banská Bystrica: Slovak Environmental Agency, 2022, 8-11.

[11] Linijski podatkovni sloj hidrografije – površinske vode in Ploskovni podatkovni sloj hidrografije – površinske vode (DRSV). Dostopno na: http://www.evode.gov.si/index.php?id=108 [dostop 28. maj 2022].

[12] Na nekdanjem avtoodpadu v Ljubljani izbruhnil obsežen požar. Dostopno na: https://www.rtvslo.si/crna-kronika/na-nekdanjem-avtoodpadu-v-ljubljani-izbruhnil-obsezen-pozar/534045 [dostop 23. avgust 2020].

[13] Evidenca funkcionalno razvrednotenih območij v Sloveniji (MGRT). Dostopno na: http://crp.gis.si/ [dostop 19. april 2020].

[14] Progress in management of contaminated sites. 2021. Indicator assessment. European Environmental Agency. Dostopno na: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/progress-in-management-of-contaminated-sites-3/assessment [dostop 3. marec 2022].

[15] Vodovarstvena območja, določena na podlagi predpisa Vlade RS (VVO državni nivo) in Vodovarstvena območja, določena na podlagi občinskih odlokov (VVO občinski nivo) (DRSV). Dostopno na: http://www.evode.gov.si/index.php?id=116 [dostop 28. maj 2022].

PRVA OCENA PRISOTNOSTI MIKROPLASTIKE V PODZEMNIH VODAH V SLOVENIJI

dr. TINE BIZJAK[1], MSc, diplomirani okoljski tehnolog (UN),
dr. NINA, MALI[2], dipl. inž. geologije,
ELVIRA COLMENAREJO[2], mag. upr. vod.,
NEJC BIZJAK[2], univ. dipl. inž. geologije,
dr. MANCA KOVAČ VIRŠEK[1], univ. dipl. biologinja

[1]Inštitut za vode Republike Slovenije, Ljubljana
[2]Geološki zavod Slovenije, Ljubljana

POVZETEK

Prisotnost plastičnih delcev, manjših od 5 mm, poznanih kot mikroplastika (MP), v naravnem in urbanem okolju povzroča vedno več zaskrbljenosti. MP delci so bili potrjeni v različnih okoljih po celem svetu, vključno s tistimi, ki so veljala za nedotaknjena. V primerjavi s količino raziskav MP v morskem okolju je raziskav MP v sladkovodnih sistemih in še posebej podzemnih vodah precej manj. Ocena prisotnost MP v podzemnih vodah je še posebej pomembna na območjih kjer je podzemna voda glavni vir pitne vode – v Sloveniji 98% potreb po pitni vodi pokrivamo z viri podzemne vode.

Naša raziskava je prva, ki se je osredotočila na ugotavljanje prisotnosti MP v podzemnih vodah na območju Slovenije. Vzorčenje MP je potekalo v prodnem vodonosniku in je bilo izvedeno z namensko razvitim filtrirnim sistemom, ki zmanjšuje možnost kontaminacije vzorca in omogoča enostavno nadaljnjo analizo v laboratoriju. Vzorci na filtrih z velikostjo por 10 µm ali 100 µm so bili v laboratoriju pregledani s stereomikroskopom v svetlem in temnem polju (povečava med 12,5 x in 100 x). Analiza kemijske sestave delcev je bila narejena z ATR-FTIR spektroskopijo.

Raziskava je potrdila prisotnost MP v podzemnih vodah na območju Slovenije. Koncentracije MP so manjše kot pri večini raziskav po svetu. Glede na kemijsko sestavo je bila ugotovljena velika pestrost MP delcev, ki kaže na veliko raznolikost možnih virov. Za boljše razumevanje gibanja MP v podzemnih vodah, identifikacijo konkretnih virov onesnaževanja in boljše razumevanje potencialne izpostavljenosti MP prek pitne vode so nujne nadaljnje raziskave.

Ključne besede:

Mikroplastika, podzemne vode, vodonosnik

1. Uvod

Podzemne vode so glavni vir pitne vode za 98 % prebivalcev Slovenije (Frantar et al., 2022). Ohranjanje dobrega stanja podzemnih vod in preprečevanje njihovega onesnaženja je zato eden pomembnejših družbenih interesov.

Vedno več zaskrbljenosti po svetu povzroča onesnaževanje okolja s plastičnimi odpadki ter še posebej z manjšimi plastičnimi delci – mikroplastiko (MP). Izraz MP označuje plastične delce manjše od 5 mm (Thompson, 2015), ki se med seboj lahko razlikujejo po obliki (fragmenti, filmi, vlakna, peleti, pene), barvi in po kemijski sestavi. V primerjavi s količino raziskav o MP v morskem okolju (Thompson, 2015), vključno v slovenskem morju (Gajšt et al., 2016; Kovač Viršek et al., 2022; Laglbauer et al., 2014), je raziskav o MP v sladkovodnih sistemih (Horton et al., 2017; Koelmans et al., 2019), ter še posebej v podzemnih vodah, relativno malo. Kljub temu do sedaj objavlje raziskave v veliki večini potrjujejo, da je MP prisotna tudi v podzemnih vodah (Koelmans et al., 2019; Mu et al., 2022; WHO, 2019).

Ker v Sloveniji raziskav o prisotnosti MP v podzemnih vodah do nedavnega (Bizjak et al., 2022) še ni bilo narejenih, se je ta raziskava osredotočila na razvoj metodologije vzorčenja, pilotno izvedbo vzorčenja in analize vzorcev podzemne vode z namenom ugotovljanja prisotnosti in vrst MP delcev v več vodonosnikih na območju Slovenije.

2. Metode

Raziskava je potekala na območju dveh prodnih vodonosnikov pod urbanimi površinami Ljubljane in Maribora. V obeh primerih gre za visokoprepustna aluvialna vodonosnika, ki se napajata s padavinami in iz površinskih vodotokov. Oba sta izpostavljena različnim virom onesnaženja. Antropogeni viri onesnaženja podzemne vode na teh območjih so lahko promet, urbanizacija, industrija, kmetijstvo in ostanki starih okoljskih problemov (Jamnik et al., 2012).

Podzemno vodo za analizo MP smo vzorčili z 2 ali 3 colsko črpalko. Pred odvzemom vzorca smo črpali 30 min oziroma do izčrpanja 3-kratne količine volumna vode v vrtini. Za vzorčenje smo razvili filtrirni sistem, ki s svojo zaprto konstrukcijo minimalizira možnost kontaminacije med samim vzorčenjem (prečrpavanjem podzemne vode skozi filter). Filtrirni sistem je omogočal hkratno vzorčenje in filtriranje treh vzorcev (3 paralelni vzorci odvzeti hkrati). Vzorce vode smo odvzeli s črpanjem dva metra pod izmerjeno gladino podzemne vode. Vzorčili smo 8 vrtin: 4 na območju Ljubljane in 4 na območju Maribora. Na vsaki vrtini so bili vzeti trije paralelni vzorci s filtriranjem 1 m^3 podzemne vode (manjša količina je bila izjemoma zaradi mašenja filtra prečrpana le na enem vzorčnem mestu v Mariboru in enem v Ljubljani).

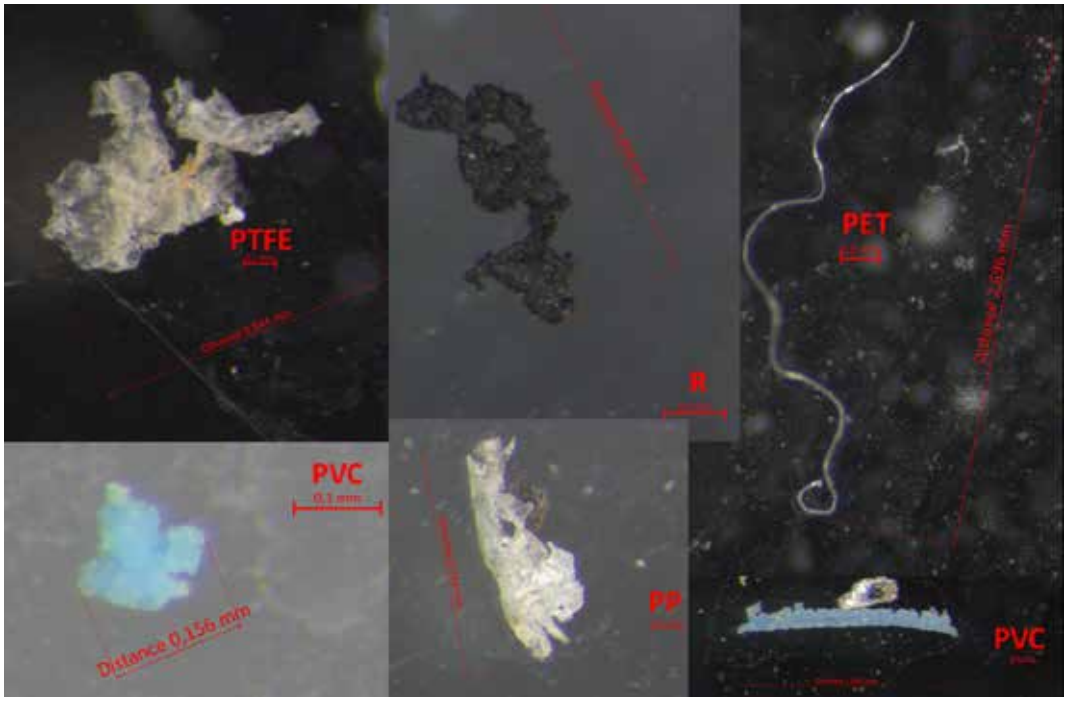
Vzorčenju je sledila analiza vzorcev v laboratoriju. Prvi korak je bil pregledovanje vzorcev s pomočjo stereomikroskopa (Zeiss StereoDiscovery V8) s povečavo od 12,5 x do 100 x. Delci, ki so glede na izgled (Lusher et al., 2020) ustrezali MP so bili analizirani s pomočjo ATR-FTIR spektrometra (Spectrum Two, Perkin Elmer). Dobljeni IR spektri so bili primerjani z referenčnimi knjižnicami z okoli 50000 vnosi,

ki so vsebovale vse pogostejše tipe polimerov. Celoten postopek od vzorčenja na vrtinah, analize vzorcev s stereomikroskopom do analize kemijske sestave najdenih delcev je bil skrbno izveden na način, kjer je bila možnost kontaminacije vzorcev minimalizirana.

3. Rezultati in razprava

Iz vseh osmih vrtin skupaj smo prefiltrirali 22,252 m^3 podzemne vode. Po pregledu vseh vzorcev s stereomikroskopom smo določili 317 delcev, ki bi lahko bili glede na izgled plastični (Lusher et al., 2020). Z ATR-FTIR spektroskopsko analizo smo 194 delcem potrdili polimerno kemijsko sestavo.

MP delci so bili potrjeni v vseh vrtinah. Glede na obliko so bili najdeni MP delci bodisi fragmenti, filmi ali vlakna (Slika 1). Prevladujoča oblika so bili fragmenti (166 od 194 – več kot 85 %). Vlaken in filmov je bilo najdeno približno enako (13 in 14).

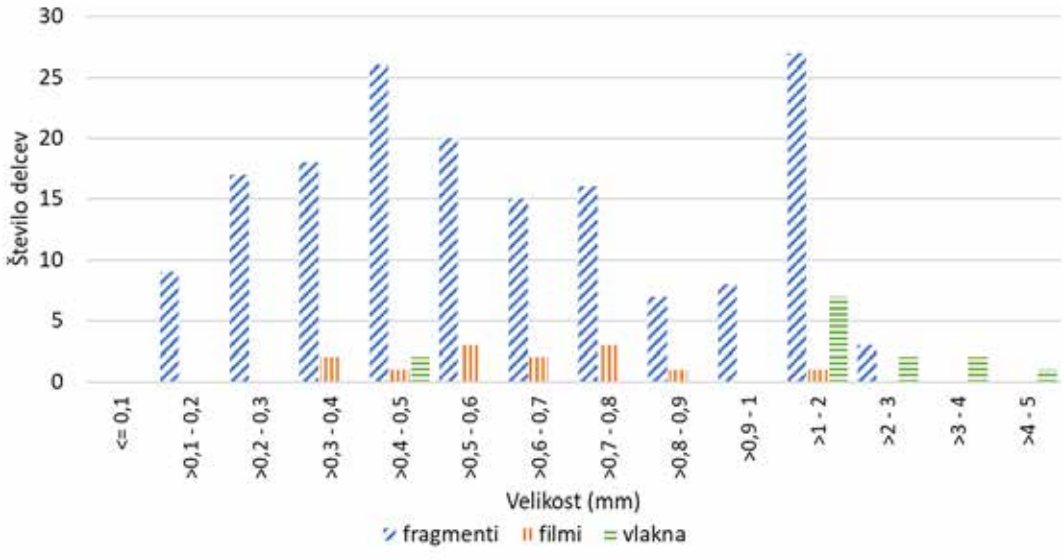


Slika 1: Različni tipi MP delcev najdenih v podzemnih vodah (PTFE – politetrafluoroetilen, R – guma, PET – polietilen tereftalat, PVC – polivinil klorid, PP – polipropilen)

Povprečna velikost MP delcev v vseh vrtinah je bila 0,796 ± 0,643 mm. Slika 2 prikazuje velikostno porazdelitev MP fragmentov, filmov in vlaken. Največ MP fragmentov in filmov je bilo manjših od 1 mm (razlikovanje med fragmenti in filmi, ki temelji predvsem na debelini delca, je pri manjših delcih manj zanesljivo). Večina najdenih MP vlaken (dolžina izmerjena po najdaljši diagonali) je bila večjih

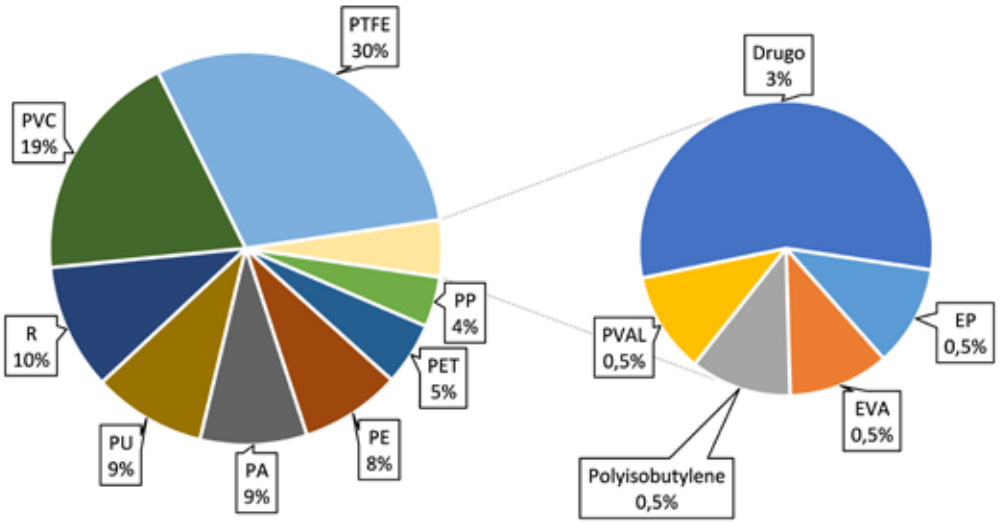
od 1 mm. Delci večji od 2 mm so bili predvsem vlakna, kar je bilo pričakovano, saj je največjo velikost delcev omejevala tudi črpalka, ki je imela na sesalnem delu odprtine velikosti 2 mm. Najden ni bil noben delec z velikostjo manjšo od 100 µm, kar je bilo tudi pričakovano, saj je bila najmanjša velikost delcev določena s porami filtra (razen na eni vrtini so bili povsod uporabljeni filtri s porami velikosti 100 µm).

Povprečno število MP delcev na 1 m3 podzemne vode iz vrtin na območju Ljubljane je bilo 7,9 ± 5,7. Na območju MB je bila koncentracija MP delcev le rahlo višja: 11,7 ± 12,7 delcev MP/m3, pri čemer smo opazili rahlo bolj izrazite razlike med posameznimi lokacijiami (vrtinami). Koncentracije so primerljive s tistimi, ki smo jih našli pri izvedbi pilotnih meritev MP v podzemnih vodah na območju Mestne Občine Ljubljana (MOL) (Bizjak et al., 2022). Številčne koncentracije MP v podzemnih vodah so primerljive tudi z rezultati raziskave iz Nemčije, kjer je bilo najdenih med 0 in 7 MP delcev / m3 (Mintenig et al., 2019). V večini drugih študij o MP v podzemnih vodah po svetu so bile odkrite veliko višje koncentracije (nekaj velikostnih razredov višje) – npr. 29000 MP delcev / m3 (Shi et al., 2022), 2000 do 80000 MP delcev / m3 (Manikanda et al., 2021) in 38000 ± 8000 MP delcev / m3 (Samandra et al., 2022). Razlogov za velike razlike je lahko več: poleg tega, da so bile raziskave dejansko lahko izvedene v bolj onesnaženih okoljih, je na tako velike razlike med rezultati različnih raziskav lahko vplivala tudi slabo primerljiva metodologija (slaba primerljivost in kontrola kontaminacije vse od vzorčenja do analize v laboratoriju ter potrjevanja kemijske sestave). Poleg tega so poročani rezultati bili ekstrapolirani iz mnogo manjših volumnih vzorca (npr. vzorci po 1 L (Samandra et al., 2022)). Priporoča se, da je v raziskavah volumen vzorcev vsaj 1 m3 (WHO, 2019). Raziskava MP v morskem okolju, kjer so ocenjevali vpliv velikosti volumna prečrpane vode preko filtra, pa priporoča celo volume 8 m3 (Liu et al., 2019).



Slika 2: Velikostna porazdelitev MP delcev (fragmentov, filmov in vlaken)

Skoraj tretjina vseh MP delcev je bila po kemijski sestavi iz politetrafluoroetilena (PTFE), ena petina delcev pa je bila iz polivinil klorida (PVC) (Slika 3). Deset procentov vseh delcev je bilo iz gume (R), devet procentov iz poliuretana (PU), devet iz polamida (PA), osem iz polietilena (PE), 5 iz polietilen tereftalata (PET) in štirje iz polipropilena (PP). V manjših deležih so bili najdeni še delci iz polivinil alkohola (PVAL), polisobutilena, etilenvinil acetate (EVA) in epoksi smol (EP). Velika raznolikost MP delcev glede na njihovo kemijsko sestavo in prevladujoč delež PTFE delcev sta bila opažena tudi pri rezultatih pilotnih meritev MP na območju MOL, kjer pa je bilo najdenih relativno več PET delcev MP (Bizjak et al., 2022).



Slika 3: Kemijska sestava MP delcev iz vrtin na območju Ljubljane in Maribora

4. Zaključki

Predstavljena raziskava je potrdila prisotnost MP delcev v vodonosnikih na območju Ljubljane in Maribora. Velika raznolikost najdenih MP delcev glede na njihovo kemijsko sestavo kaže na raznolikost virov onesnaževanja okolja vključno s podzemnimi vodami z večjimi plastičnimi odpadki in MP. Glede na majhno število obstoječih podatkov o MP v podzemnih vodah je za boljše poznavanje problematike tega področja (npr. viri onesnaženja, gibanje MP delcev) potrebnih več nadaljnjih raziskav.

5. Viri

[1] BIZJAK, T., KOVAČ VIRŠEK, M., KOZJEK, M., AUBREHT, A., MALI, N., BIZJAK, N., MILER, M., COLMENAREJO CALERO, E., VENGUST, D., & MERTELJ, T. (2022). *Izvedba pilotnih meritev mikroplastike v podzemnih vodah na območju Mestne občine Ljubljana: končno poročilo: [poročilo Inštituta za vode Republike Slovenije]* (p. 1 spletni vir (1 datoteka PDF (87))). Inštitut za vode Republike Slovenije. https://www.ijs.si/ijsw/

[2] FRANTAR, P., ANDJELOV, M., PAVLIČ, U., SOUVENT, P., ŠRAM, D., & ULAGA, F. (2022). Vpliv družbe na količinsko stanje podzemne vode v Sloveniji. *Vodni Dnevi 2022*.

[3] GAJŠT, T., BIZJAK, T., PALATINUS, A., LIUBARTSEVA, S., & KRŽAN, A. (2016). Sea surface microplastics in Slovenian part of the Northern Adriatic. *Marine Pollution Bulletin*, *113*(1–2), 392–399. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.10.031

[4] HORTON, A. A., WALTON, A., SPURGEON, D. J., LAHIVE, E., & SVENDSEN, C. (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *The Science of the Total Environment*, *586*, 127–141. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.190

[5] JAMNIK, B., JANŽA, M., & PRESTOR, J. (2012). Project INCOME: developing a comprehensive ap_proach for Slovenian aquifer management. *Water 21 Magazine of the International Water Association,* 49.

[6] KOELMANS, A. A., MOHAMED NOR, N. H., HERMSEN, E., KOOI, M., MINTENIG, S. M., & DE FRANCE, J. (2019). Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality. *Water Research*, *155*, 410–422. https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.054

[7] KOVAČ VIRŠEK, M., ROBIČ, U., HOSTNIK, I., KEPEC, M., BIZJAK, T., KOZJEK, M., & TRDAN, Š. (2022). Poročilo o delu Inštituta za vode Republike Slovenije za leto 2022: 3 Priprava in sodelovanje pri razvoju metodologij za izvajanje EU direktive 2008/56/ES (morska direktiva): 3.4 priprava strokovnih podlag za pripravo načrta upravljanja z morskim okoljem (p. 125). Inštitut za vode Republike Slovenije.

[8] LAGLBAUER, B. J. L., MELO FRANCO-SANTOS, R., ANDREU-CAZENAVE, M., BRUNELLI, L., PAPADATOU, M., PALATINUS, A., GREGO, M., & DEPREZ, T. (2014). Macrodebris and microplastics from beaches in Slovenia . In *Marine pollution bulletin* (Vol. 89, Issues 1–2, pp. 356–366). http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X14006456

[9] LIU, K., ZHANG, F., SONG, Z., ZONG, C., WEI, N., & LI, D. (2019). A novel method enabling the accurate quantification of microplastics in the water column of deep ocean. *Marine Pollution Bulletin*, *146*, 462–465. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.07.008

[10] LUSHER, A. L., BRÅTE, I. L. N., MUNNO, K., HURLEY, R. R., & WELDEN, N. A. (2020). Is It or Isn't It: The Importance of Visual Classification in Microplastic Characterization. *Applied Spectroscopy*, *74*(9), 1139–1153. https://doi.org/10.1177/0003702820930733

[11] MANIKANDA, B. K., NATESAN, U., R, V., R, P. K., R, R., & S, S. (2021). Spatial distribution of microplastic concentration around landfill sites and its potential risk on groundwater. *Chemosphere*, *277*, 130263. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130263

[12] MINTENIG, S. M., LÖDER, M. G. J., PRIMPKE, S., & GERDTS, G. (2019). Low numbers of microplastics detected in drinking water from ground water sources. *Science of The Total Environment*, *648*, 631–635. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.178

[13] MU, H., WANG, Y., ZHANG, H., GUO, F., LI, A., ZHANG, S., LIU, S., & LIU, T. (2022). High abundance of microplastics in groundwater in Jiaodong Peninsula, China. *Science of The Total Environment*, *839*, 156318. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156318

[14] SAMANDRA, S., JOHNSTON, J. M., JAEGER, J. E., SYMONS, B., XIE, S., CURRELL, M., ELLIS, A. V, & CLARKE, B. O. (2022). Microplastic contamination of an unconfined groundwater aquifer in Victoria, Australia. *The Science of the Total Environment*, *802*, 149727. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149727

[15] SHI, J., DONG, Y., SHI, Y., YIN, T., HE, W., AN, T., TANG, Y., HOU, X., CHONG, S., CHEN, D., QIN, K., & LIN, H. (2022). Groundwater antibiotics and microplastics in a drinking-water source area, northern China: Occurrence, spatial distribution, risk assessment, and correlation. *Environmental Research*, *210*, 112855. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112855

[16] THOMPSON, R. C. (2015). *Microplastics in the Marine Environment: Sources, Consequences and Solutions BT - Marine Anthropogenic Litter* (M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (eds.); pp. 185–200). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_7

[17] WHO. (2019). *Microplastics in drinking-water*. *August 2019*, 1–14. Dostopno na: https://www.scribd.com/document/422774965/WHO-on-Microplastics [dostop 26. 5. 2023]

ODVAJANJE IN ČIŠČENJE KOMUNALNE ODPADNE VODE DANES IN V LUČI PRIČAKOVANIH IZZIVOV

mag. MOJCA VRBANČIČ, TJAŠA ERJAVEC, URŠA ROTAR, BRANKO GLAVAN

Javno podjetje vodovod kanalizacija snaga d.o.o.

POVZETEK

Načrtovanje in obratovanje kanalizacijskega sistema predstavlja pomembno nalogo in pomeni veliko odgovornost. Kanalizacijo s čistilnimi napravami se je pričelo intenzivno graditi po implementaciji evropske zakonodaje v naš pravni red. Danes imamo zgrajenih preko 13.000 km kanalizacijskega omrežja, 553 komunalnih čistilnih naprav skupne zmogljivosti 2.728.627 PE, s katerimi upravlja več kot 200 upravljavcev KČN. Slovenija je razdrobljena na 212 občin in ima 112 izvajalcev obvezne občinske gospodarske javne službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode. Tako v preteklosti kot tudi v prihodnje nam bo izzive postavljala Direktiva o čiščenju komunalne odpadne vode in nas še bolj vzpodbujala k celostnemu pristopu ravnanja z odpadnimi vodami. Blato komunalnih čistilnih naprav nastaja kot produkt čiščenja odpadne vode in predstavlja specifičen tok odpadka, za katerega pa v Sloveniji še nimamo vpeljane končne obdelave. Koncept krožnega gospodarstva narekuje in vzpodbuja njegovo energetsko ter snovno izrabo. Za dosego vseh zastavljenih ciljev bo nujno potreben ustrezno izobražen in usposobljen kader ter konstruktivno sodelovanje med vsemi deležniki, ki so neposredno in širše vpleteni v to področje.

Ključne besede:

Direktiva o čiščenju komunalne odpadne vode, kanalizacijski sistem, krožno gospodarstvo, odvajanje in čiščenje odpadne vode, ravnanje z blatom komunalnih čistilnih naprav

1. Uvod

Z vstopom Republike Slovenije v Evropsko unijo smo bili postavljeni pred vrsto okoljskih izzivov, ki so narekovali implementacijo direktiv EU v Slovenski prostor in zakonodajo. Med njimi tudi Direktivo o čiščenju komunalne odpadne vode, ki narekuje zbiranje, odvajanje in čiščenje odpadnih voda iz področij aglomeracij nad 2.000 PE. Za tem so se pričele graditi komunalne čistilne naprave, sprva velike in nato še vse ostale. Danes imamo v RS umeščenih preko 500 naprav, od manjših, pa vse do velikih z zmogljivostjo čiščenja preko 100.000 populacijskih ekvivalentov (v nadaljevanju PE). Gledano na ureditev teh razmer bi pričakovali, da se je kakovost voda izboljšala, žal pa pri nas ugotavljamo, da imamo še vedno polovico vod v slabem stanju [1].

V oktobru 2022 je Evropska komisija (v nadaljevanju EK) objavila predlog prenovitve Direktive o čiščenju komunalne odpadne vode. V okviru predloga EK predlaga okrepitev zahtev iz obstoječe Direktive iz leta 1991, kakor tudi uvedbo novih ukrepov [2]. V samih uvodnih obrazložitvah je iz Direktive moč razbrati, da je poglobljena ocena, ki je bila zaključena leta 2019 potrdila, da je izvajanje Direktive privedlo do znatnega zmanjšanja izpustov onesnaževal. V EU se odpadne vode iz približno 22.000 mest, kar predstavlja onesnaženost v višini približno 520 milijonov PE, čistijo v centraliziranih sistemih. Učinki na kakovost jezer, rek in morij v EU so vidni in oprijemljivi [3].

V luči izzivov podnebnih sprememb se soočamo z vročinskimi vali in kratkotrajnimi močnimi padavinami oziroma nalivi in posledično s poplavami tudi na kanalizacijskih sistemih. Nesporno dejstvo je, da kanalizacijski sistemi niso grajeni za tako ekstremne dogodke, ki se pri nas vse pogosteje pojavljajo. Ozka grla ponekod predstavljajo tudi sami vtoki pred čistilno napravo, ki lahko sprejme zgolj določeno količino obremenitve iz sistema, ki se je na napravi sposobna učinkovito predelat z ustreznimi učinki čiščenja. Nam je znana količina še vse preostale razbremenjene odpadne vode?

Izmed neštetih izzivov, pred katere smo danes postavljeni, pa je eden izmed njih zagotovo tudi krožno gospodarstvo in prehod na bolj trajnostne sisteme. Odpadna voda in posledično blato komunalnih čistilnih naprav ponujata možnosti energetske in snovne izrabe, ki prihajajo vse bolj v ospredje sploh, ko govorimo o optimalni končni predelavi blata, katere pa v RS še vedno nimamo zagotovljene. Blato, ki nastaja kot stranski produkt čiščenja odpadnih voda, je zelo kakovosten material z visokim učinkom odstranjevanja organskih snovi, hranil, kritičnih surovin ter onesnaževal in zato tudi specifičen tok odpadka. Nadaljnje ravnanje z blatom zato zahteva ustrezno, kritično in skrbno obravnavo [4]. Pri nas se blato v končno predelavo še vedno vozi v tujino. Preko 70 % vsega nastalega blata se namreč predela izven naših meja.

2. Kanalizacijski sistem

Kanalizacijski sistem je sistem kanalov in jarkov ter z njimi povezanih tehnoloških sklopov in naprav, povezanih v kanalizacijsko omrežje, po katerem se zagotavlja odvajanje odpadne vode iz objektov ter ločeno od nje ali skupaj z njo tudi odvajanje padavinske odpadne vode s streh ali z utrjenih, tlakovanih ali z drugim materialom prekritih površin objektov, skupaj s čistilno napravo za čiščenje odpadne vode, ki zaključuje to kanalizacijo [5]. Za kanalizacijski sistem se uporablja tudi izraz javna kanalizacija ali kanalizacija s čistilno napravo.

Komunalna odpadna voda nastaja v bivalnem okolju gospodinjstev zaradi rabe vode v sanitarnih prostorih, pri kuhanju, pranju itd. Taki vodi pravimo tudi gospodinjska odpadna voda, katerih značilnosti so urne spremembe pretoka in vsebnost znatnega deleža organskega onesnaženja in raztopljenih snovi ter mikroorganizmov fekalnega porekla predvsem bakterij in virusov. Komunalna odpadna voda je tudi odpadna voda, ki nastaja v objektih v javni rabi, pri drugih dejavnostih kot so restavracije,

trgovine, pisarne, lažji industrijski obrati (ki nimajo kategorizirane industrijske odpadne vode), frizerski saloni, pralnice, hoteli itd., če je po nastanku, naravi in sestavi podobna odpadni vodi, ki nastaja v gospodinjstvih. To je odpadna voda iz gospodarskih objektov.

Padavinska odpadna voda je voda, ki kot posledica padavin odteka onesnažena z utrjenih, tlakovanih ali z drugim materialom prekritih površin [5]. Najbolj intenzivno nastopi v času močnih nalivov po daljšem sušnem obdobju; takrat splakne vse usedline in obloge, ki se nabirajo v omrežju. V kanalizacijskem sistemu pravimo temu prvi val onesnaženja.



Slika 1: Kanalizacijski sistem sestavljajo kanali, objekti in tehnološki sklopi. Ta se zaključi s komunalno čistilno napravo [7].

Odvajanje in čiščenje komunalne in padavinske odpadne vode sodi med obvezne občinske gospodarske javne službe varstva okolja [6]. Načrtovanje in upravljanje kanalizacijskega sistema predstavlja pomembno nalogo in pomeni veliko odgovornost. Kaj pravzaprav pomeni redno vzdrževanje javne kanalizacije in katere naloge obsega, predvsem ko govorimo o odvajanju odpadne vode, pa v Sloveniji nimamo enoznačno opredeljeno. Na kakšen način bi lahko pripomogli k učinkovitemu izvajanju javne službe na tem delu je vprašanje, ki si ga zagotovo moramo postaviti.

2.1 Kanalizacijski sistem na področju RS v številkah

Republika Slovenija sodi s površino 20.271 km^2 med manjše do srednje velike evropske države [8]. V RS imamo 12 statističnih regij, 212 občin in 2.106.734 prebivalcev (na dan 1. julij 2021) [9]. Obvezno občinsko gospodarsko javno službo odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode zagotavlja 112 različnih izvajalcev javne službe in 204 upravljavcev KČN [10]. Po statističnih, javno dostopnih podatkih beležimo za Slovenijo 13.208 km kanalizacijskega omrežja in 423.664 kanalizacijskih priključkov.

Preglednica 1: Nekateri statistični podatki kanalizacijskega sistema porazdeljeni po statističnih regijah RS

	Statistične regije v Republiki Sloveniji	Število občin	Število prebivalcev (1.7.2021)	Število izvajalcev javne službe	Dolžina KA sistema [km]	Vsota zmogljivosti KČN [PE]	Število KČN
1	Osrednjeslovenska regija	25	555.441	11	1.903	638.710	77
2	Gorenjska regija	18	211.501	12	1.114	266.636	43
3	Goriška regija	13	118.356	6	791	173.733	70
4	Obalno - kraška regija	8	118.494	4	656	139.050	35
5	Primorsko - notranjska regija	6	53.257	4	209	62.495	27
6	Jugovzhodna Slovenija	21	145.879	10	1.366	168.778	65
7	Zasavska regija	4	56.917	4	181	52.000	4
8	Savinjska regija	31	258.677	13	1.209	325.005	61
9	Koroška regija	12	70.363	7	490	72.425	17
10	Posavska regija	6	75.732	5	435	227.245	23
11	Podravska regija	41	327.577	14	3.857	424.930	84
12	Pomurska regija	27	114.540	22	997	177.620	47
	SKUPAJ	212	2.106.734	112	13.208	2.728.627	553

V podatkih na portalu IJSVO je bilo marca 2023 navedenih 553 komunalnih (oz. skupnih) čistilnih naprav (v nadaljevanju KČN) z zmogljivostjo čiščenja nad 50 PE [10].

Velikostni razredi KČN	Število KČN	Vsota zmogljivosti KČN [PE]
KČN <= 100.000 PE	4	879.000
<= 50.000 PE KČN < 100.000 PE	9	610.000
<= 10.000 PE KČN < 50.000 PE	29	609.570
<= 2.000 PE KČN < 10.000 PE	88	427.697
50 PE KČN < 2.000 PE	423	202.360
SKUPAJ	553	2.728.627

Preglednica 2: Komunalne čistilne naprave v RS po velikosti in njihova skupna zmogljivost čiščenja v PE

Na področju RS beležimo iz vseh virov onesnaženja skupaj (industrijske dejavnosti, ostale dejavnosti, gospodinjstva in ostale vode) več kot 232 milijonov m^3 nastale odpadne vode na letni ravni. Od tega odpade na gospodinjstva več kot 72 milijonov m^3 komunalne odpadne vode, iz industrijskih dejavnosti se odvede približno 14 milijonov m^3 industrijske odpadne vode, iz ostalih dejavnosti še 19 milijonov m^3 odpadne vode, kar pomeni skupno približno 105 milijonov m^3 odpadne vode. Še vse preostale vode, najverjetneje gre za padavinsko odpadno vodo in infiltrirano vodo,

pa je 127 milijonov m^3, kar predstavlja več kot 50 % skupno nastale odpadne vode pri virih obremenitev [11].

Na KČN imamo tri stopnje čiščenja odpadne vode: primarno, sekundarno in terciarno stopnjo čiščenja. Statistika beleži tudi količine odpadne vode glede na stopnjo čiščenja. V letu 2021 smo v RS prečistili 161 milijonov m^3 odpadne vode, od tega je bilo prečiščenih 4,5 milijonov m^3 po primarni stopnji, 42 milijonov m^3 po sekundarni stopnji in 114 milijonov m^3 po terciarni stopnji čiščenja [11]. Iz zapisanega lahko ugotovimo, da 72 milijonov m^3 odvedene odpadne vode ni bilo prečiščene. Količina obračunane, odvedene odpadne vode je v letu 2021 znašala 120 milijonov m^3 [11].

Na portalu statistike je za leto 2021 zabeleženih 59,4 m^3 porabljene vode na prebivalca, kar pomeni povprečno porabo 163 L / osebo / dan [11].

Vsi navedeni podatki v tem poglavju so pridobljeni iz javno dostopnih portalov na spletnem omrežju.

3. Izzivi predlagane direktive o čiščenju komunalne odpadne vode

Evropska komisija je oktobra 2022 objavila osnutek Direktive o čiščenju komunalne odpadne vode (v nadaljevanju Direktiva) v katerem podaja oprijemljive in visoke izzive s tega področju. Danes veljavna Direktiva je bila sprejeta leta 1991, njen cilj pa je v glavnini zmanjšati onesnaženje, še posebej z dušikom in fosforjem, ki povzročata evtrofikacijo (cvetenje) vodnih teles [12]. Evtrofikacija je v poznih 80. tih letih 20. stoletja postala osrednja težava vodnih teles, predvsem morij, zato se je EU začela osredotočati na vire onesnaževanja. Njen glavni cilj je torej zaščita okolja pred škodljivimi vplivi izpustov komunalne in industrijske odpadne vode ter zahteva zbiranje, odvajanje in čiščenje pred izpustom v odvodnik. Današnji pogled pa je usmerjen tudi v krožno gospodarstvo, ki nas vzpodbuja k prepoznavanju virov in njihovi ponovni uporabi. Komunalna odpadna voda ponuja možnosti energetske izrabe in je hkrati bogat vir surovin.

Predlog prenovljene Direktive se nanaša na krepitev zahtev pri zbiranju, odvajanju in stopnji čiščenja komunalne odpadne vode in uvaja vrsto novih zahtev. Po novem uvaja zahtevo po obveznem odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode iz aglomeracij večjih od 1.000 PE. Po veljavni direktivi obveznost velja za naselja z zmogljivostjo, večjo od 2.000 PE [2]. Spremembe so vidne tudi pri individualnih sistemih za čiščenje komunalne odpadne vode, med katerimi se zahteva tudi terciarna stopnja čiščenja. Pri terciarnem čiščenju se vzpostavlja bistveno strožje mejne vrednosti parametrov na izpustu. Predlagana nova mejna vrednost za celotni dušik znaša 6 mg N/ L, za celotni fosfor pa 0,5 mg P/L, kar je izredno nizka vrednost in smatramo da lahko povzroča, še predvsem pri omejitvi s fosforjem, zaradi visoke porabe kemikalij, tudi okoljsko škodo. Zmanjšanje mejne vrednosti celotnega dušika zahtevajo tudi bolj kompleksne sisteme z višjo porabo električne energije in ne prispevajo bistveno k čistejšemu okolju. To mejno vrednost bo glede na geografske razmere težje doseči predvsem v zimskem obdobju pri mešanem kanalizacijskem sistemu.

S prenovljeno Direktivo se uvaja obveznost dodatnega čiščenja komunalne odpadne vode, z namenom odstranitve širšega spektra mikroonesnaževal. Kvartarno čiščenje naj bi se začelo uporabljati za vse velike čistilne naprave do konca leta 2035. Temu datumu bodo morale slediti še manjše aglomeracije z velikostjo nad 10.000 PE. Ključne izzive bomo imeli tudi na področju energijske nevtralnosti KČN. Predvideni so energetski pregledi na štiri leta za čistilne naprave in kanalizacijske sisteme, ki bodo ciljana na potencialno stroškovno učinkovito uporabo, proizvodnjo energije iz obnovljivih virov s poudarkom na izkoriščanju potenciala bioplina ob hkratnem zmanjševanju emisij metana. Cilj predlagane Direktive je doseči 100 % energetsko nevtralnost za vse KČN nad 10.000 PE do 31. 12. 2040, kar je izredno optimistična napoved, predvsem v povezavi s samo velikostjo naprav.

Direktiva nas bo vzpodbujala k ponovni uporabi prečiščene odpadne vode in blata iz komunalnih čistilnih naprav, skladno s cilji krožnega gospodarstva. Področje ravnanja z blatom gre v smeri obnove dušika in predvsem fosforja kot vira sekundarnih surovin.

Najavljene so strožje zahteve za pridobivanje dovoljenj za obratovanje naprav (naprav, ki odvajajo industrijsko odpadno vodo, ter komunalnih čistilnih naprav), strožje zahteve za odvajanje industrijske odpadne vode ter vzpostavitev proizvajalčeve razširjene odgovornosti za farmacevtski in kozmetični sektor v povezavi z zahtevo za kvartarno čiščenje komunalne odpadne vode (odstranjevanje mikroonesnaževal) [2]. Predlog Direktive v dodanem novem členu narekuje tudi obveščanje javnosti, pri katerih bodo morale države članice zagotoviti, da so na spletu na voljo ustrezne in posodobljene ključne informacije o zbiranju in čiščenju komunalne odpadne vode.

Celoviti načrti ravnanja z vodami se nam obetajo na področju padavinske in komunalne odpadne vode. Predlagane obveznosti po čiščenju padavinske odpadne vode na ločenih sistemih, ki se danes ne izvaja, razen z lovilci olj, kjer je to predpisano, postavljajo pod vprašaj njene tehnične in prostorske izvedljivosti ter je povezana z izredno visokimi stroški. Z visokimi stroški bodo povezane tudi vse predlagane meritve na kanalizacijskem sistemu.

Spremembe Direktive so torej obsežne in uvajajo zahtevne okoljske cilje. Nenazadnje pa naj velja, tako kot je svoje predavanje zaključil prof. Joerg Krampe: »Naj vas ne motijo (pre)ambiciozni cilji predlagane Direktive, raje razmislimo o vseh izzivih, ki nam jih ta ponuja in o sinergijah, ki jih lahko uporabimo« [13].

4. Ravnanje z blatom komunalnih čistoilnih naprav v RS

Blato nastaja pri vseh vrstah biološkega čiščenja, njegova količina pa je hkrati tudi pokazatelj učinkovitega čiščenja odpadne vode. Je kakovosten material z visokim potencialom odstranjevanja organskih snovi, hranil, kritičnih surovin ter onesnaževal in zato tudi specifičen tok odpadka [14]. Aktivno blato na eni strani čisti odpadno vodo, na drugi pa zadrži širok in heterogen nabor onesnaževal: potencialno toksične kovine, mikroplastiko, obstojna organska onesnaževala, patogene ipd. Pred končno oskrbo je treba to blato primerno obdelati že na sami napravi zato, da povečamo možnosti uporabe oz. reciklaže in znižamo stroške končne predelava [4].

Koncept krožnega gospodarstva narekuje in spodbuja energetsko ter snovno izrabo blata. Med slednjimi se v ospredje izrazito postavlja fosfor, ki je umeščen med kritična hranila 21. stoletja. Nadaljnje oz. končno ravnanje z blatom zahteva zato ustrezno, kritično in skrbno obravnavo.

Program ravnanja z odpadki in program preprečevanja odpadkov (PRO, 2022) [15], ki ga je Vlada Republike Slovenije sprejela v letu 2022, opredeljuje predelavo blata v kompostarnah in bioplinarnah ter v napravah za termično obdelavo blata, slednjo tudi za namen kasnejšega pridobivanja fosforja. Skladno z zadnjimi dognanji stroke, trendi v Evropi in ne nazadnje tudi s smernicami, ki jih formira Evropska komisija, se namreč tehnologija monosežiga blata med številnimi drugimi postopki implicitno postavlja v ospredje. V zadnjem času se na trgu pojavljajo tehnologije termične predelave, ki se osredotočajo predvsem na koncepte snovne izrabe sekundarnih surovin, kar omogoča hkratno naslavljanje večjega obsega prihodnjih ciljev tudi na področju krožnega gospodarstva in snovne samozadostnosti – zahteve, ki se bodo v naslednjih letih intenzivirale. Termična predelava blata s tehnologijo monosežiga postaja tako srednjeročno najustreznejša rešitev.

Slovenija bi morala na področju obdelave odpadkov postati samostojna in neodvisna, obenem pa odpadke, ki nastajajo pri nas in so posledica našega bivanja, tudi končno obdelati. Blato komunalnih čistilnih naprav je zagotovo eden od tovrstnih odpadkov, katerega pa se še vedno skoraj v celoti predela v tujini. Od vseh količin blata, ki so se v preteklosti pojavljale, je ob skrbno izdelani analizi količin blata, pridobljeni iz javno dostopnih podatkov, mogoče razbrati, da je bilo v Sloveniji v letu 2019 oddanega blata v končno obdelavo okoli 90.000 ton, v letu 2020 pa 70.000 ton. Od tega se več kot 70 % vsega blata, ki pri nas nastaja, že vrsto let predela zunaj naših meja [4].

5. Zaključek

Odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode je eden od segmentov varovanja okolja, ki pomembno prispeva k zaščiti voda. Na tem delu so se v RS od njenega vstopa v EU pospešeno uvajala evropske zakonodajne usmeritve in zgrajen je bil velik delež kanalizacijskega sistema. Tega je potrebno v nadaljevanju skrbno vzdrževati in učinkovito upravljati, kar zahteva veliko znanja, odgovornosti in sredstev. V RS imamo na tem segment preko 100 izvajalcev javne službe, ki morajo obvladovati zahtevne naloge, kar pa je po naši oceni, pri tako velikem številu in taki razdrobljenosti morda nekoliko težje dosegljivo. Pri zbiranju in obdelavi javno dostopnih podatkov s tega področja se nam je včasih porajalo tudi vprašanje o njihovi točnosti oz. zanesljivosti. Zbiranje in obdelava podatkov zahtevata poznavanje področja in jasno podana navodila tistim, ki podatke pripravljajo.

Izzivi v prihodnje nas že danes vzpodbujajo k celostnemu pristopu ravnanja z odpadnimi vodami in blatom komunalnih čistilnih naprav in vključujejo prehod iz linearnega na trajnostni sistem izrabe virov. Za dosego vseh zastavljenih ciljev pa bo nujno potreben ustrezno izobražen in usposobljen kader ter konstruktivno sodelovanje med vsemi deležniki, ki so neposredno in širše vpleteni v to področje.

6. Viri in literatura

[1] Strokovna združenja s področja voda (2023). Pospešimo spremembe s partnerstvi in sodelovanjem. Hiša EU, okrogla miza, organizatorji: strokovna združenja s področja voda: SDZV, SKIAH, DVS, GWP. Dostopno na: https://www.youtube.com/watch?v=hh9WOauK3ik, GLOBEVNIK L., 5:43 minuta v prispevku [dostop 25. maj 2023]

[2] Ministrstvo za naravne vire in prostor (2023). Predlog prenove Direktive o čiščenju komunalne odpadne vode na zasedanju Sveta za okolje v Bruslju. Dostopno na: https://www.gov.si/novice/2023-03-16-predlog-prenove-direktive-o-ciscenju-komunalne-odpadne-vode-na-zasedanju-sveta-za-okolje-v-bruslju/ [dostop 4. april 2023]

[3] EU, Predlog DIREKTIVE EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA o čiščenju komunalnih odpadnih voda (prenovitev) (2023). Dosegljivo na: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52022PC0541 [dostop 4. april 2023]

[4] VRBANČIČ M., MISLEJ V., 2022. Komunalna odpadna voda in blato v krožnem gospodarstvu. Zbornik 11. konference komunalnega gospodarstva. Kongresni center Olimia, Podčetrtek. 22. in 23. september 2022. Stran 175-185.

[5] Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo (Ur. l. RS št. 64/2012, 64/2014, 98/2015, 44/22 – ZVO-2, 75/22, 157/2022. Dostopno na: Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo (pisrs.si) [dostop 19. maj 2022]

[6] 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, 30/16, 61/17 – GZ, 21/18 – ZNOrg, 84/18 – ZIURKOE, 158/20 in 44/22 – ZVO-2)

[7] PRAZNIK M. (2011) Ilustracija kanalizacijskega sistema. JP VOKA SNAGA d.o.o., interno

[8] Slovenija (2023). Dostopno na: https://sl.wikipedia.org/wiki/Slovenija [dostop 29. maj 2023]

[9] Slovenske statistične regije in občine v številkah. Dostopno na: SURS - Slovenske regije in občine v številkah (stat.si) [dostop 29. maj 2023)

[10] Informacijski sistem javnih služb varstva okolja (2023). Dostopno na: Log Ihttps://www.ijsvo.si/Account/Login.aspx?ReturnUrl=%2fn [dostop 29. maj 2023]

[11] Statistični urad (2023). Javna kanalizacija. Dostopno na: https://pxweb.stat.si/SiStat/sl/Podrocja/Index/99/okolje [dostop 24. maj 2023]

[12] Direktiva o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode (Direktiva 91/271/EGS) Dostopno na: EUR-Lex - 31991L0271 - EN - EUR-Lex (europa.eu) [dostop 19. maj 2023]

[13] KRAMPE J, SCHAAR H., 2023. Quaternary treatment for wastewater treatment plants in light of the proposed new urban wastewater treatment directive. Simpozij z mednarodno udeležbo, Vodni dnevi 2023. Predstavitev prispevka. Dostopno na ARHIV VODNIH DNEVOV – Slovensko društvo za zaščito voda (sdzv-drustvo.si) [dostop september 2023]

[14] VRBANČIČ M., 2020. Termična obdelava blata je dobra rešitev za Slovenijo. Specializirana revija za trjnostni razvoj EOL, št. 146, februar 2020. Dostopno na: Revija EOL 146 (zelenaslovenija.si), stran 23-24.

[15] Program ravnanja z odpadki in program preprečevanja odpadkov (PRO, 2022). Dostopno na: https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Operativni-programi/op_odpadki_2022.pdf [dostop 19. maj 2023]

POMEN RAZISKOVANJA MIKROPLASTIKE V VODNIH EKOSISTEMIH V SLOVENIJI

dr. MANCA KOVAČ VIRŠEK, univ. dipl. biol.
dr. TINE BIZJAK, MSc, diplomirani okoljski tehnolog (UN)

Inštitut za vode Republike Slovenije

POVZETEK

Mikroplastika je "novodobno" onesnaževalo, katerega pomen v okolju smo pričeli raziskovati šele v zadnjem desetletju. Vodni medij je eden izmed najpomembnejših prenašalcev mikroplastike na dolge razdalje v okolju. Prve študije prisotnosti, transporta in negativnih vplivov mikroplastike na organizme so se pričele izvajati na morju in so privedle do vključitve morskih odpadkov med deskriptorje kakovosti morskega okolja znotraj Okvirne direktive o morski strategiji (ODMS) (2008/56/ES). Tako v zadnjem desetletju poteka intenzivno delo na razvoju in harmonizaciji metodologij za spremljanje mikroplastike v morskem okolju znotraj držav članic EU. Pri tem aktivno sodeluje tudi Slovenija. Toda spremljanje mikroplastike in ukrepanje zgolj na področju morskih voda ne bo zadoščalo za izboljšanje stanja morja, saj je znano, da kar 3/4 odpadkov v morje prinašajo pritoki celinskih voda. V preteklem letu smo dočakali dva predloga za prenovitev direktiv, ki predlagata spremljanje mikroplastike tudi v celinskih vodah. Slovenija je na področju spremljanja mikroplastike v rečnih ekosistemih že delala na razvoju metodologije v sklopu implementacije ODMS s spremljanjem vnosa mikroodpadkov s celinskimi vodami v morje in znotraj manjših priložnostnih študij. Prav tako je bila v lanskem letu razvita metodologija za spremljanje mikroplastike v podzemnih vodah in opravljene prve preliminarne raziskave.

Vode so ključne pri transportu mikroplastike iz kopenskih v vodne ekosisteme in kroženju le te znotraj vodnega kroga, zato je izrednega pomena medsebojno povezovanje različnih vodnih politik in usklajeno ukrepanje. Tako bo v prihodnosti na področju varovanja voda pred mikroplastiko še veliko izzivov, od razvoja metod do določitve mejnih vrednosti, iskanja virov onesnaževanja in nenazadnje ustreznega ukrepanja.

Ključne besede:

mikroplastika, vodni ekosistemi, celinske vode, morje, podzemne vode, odpadne vode

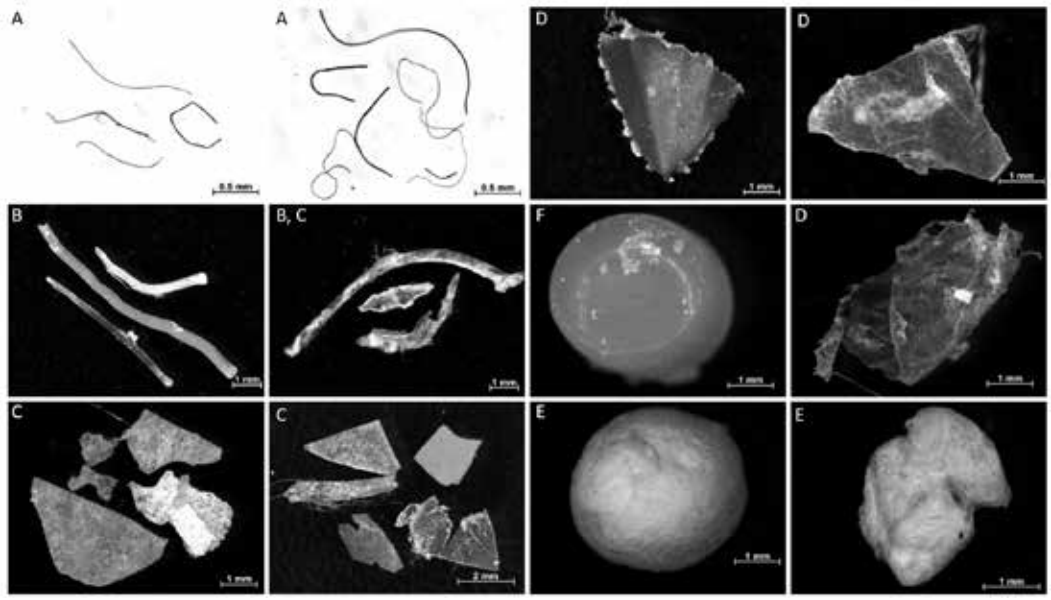
1. Uvod

Mikroplastika je z vedno večjo proizvodnjo plastičnih mas, ki je že skoraj dosegla 400 milijonov ton svetovne letne proizvodnje (Plastic Europe, 2021), in zelo široke uporabe postala del vodnih ekosistemov, kamor vstopa po najrazličnejših poteh. Mikroplastika je del vodnega kroga in se prenaša po vodi, sedimentih, s padavinami in organizmi. Identificirana je bila na vseh trofičnih nivojih in s hrano, pijačo in dihanjem vstopa v človeka.

1.1 Definicija mikroplastike

Mikroplastika so delci veliki med 5 mm in 1 µm, ki so sestavljeni iz umetnih polimernih materialov (Frias in Nash, 2019). Glede na izvor mikroplastiko delimo na primarno, kamor spadajo delci mikroplastike, ki so proizvedeni v velikosti < 5 mm, in sekundarno katera nastane z razpadanjem večjih plastičnih predmetov v okolju pod vplivom fizikalno kemijskih dejavnikov. V kategorijo primarne mikroplastike lahko uvrščamo: sintetična tekstilna vlakna, ostanke barv cestnih oznak, drobne delce avtomobilskih gum, delce ladijskih premazov, plastične fragmente iz kozmetičnih izdelkov, plastične pelete in granule (Boucher in Friot, 2017).

Delci mikroplastike se razlikujejo med seboj glede na obliko, velikost, kemijsko sestavo in barvo. Po obliki ločimo: sintetična tekstilna vlakna, vlakna mrež, fragmente, filme, pene, pelete in granule.



Slika 1: Tipi mikroplastike glede na njeno obliko. (A – sintetična tekstilna vlakna, B – vlakna plastičnih mrež, C – fragmenti, D – filmi, E – pene, F – peleti) (Foto: IzVRS, 2022)

1.2 Viri mikroplastike in kroženje v okolju

Zaradi pestrosti oblik, barv, velikosti in polimernih materialov ter njihove množične rabe je delcem mikroplastike pogosto zelo težko določiti njihov izvor. Tako o virih

mikroplastike najpogosteje lahko le sklepamo. Mikroplastika vstopa v okolje bodisi kot primarna bodisi nastaja v okolju pri različnih človeških dejavnostih, kot so komunalna raba, industrijska raba, promet (ladijski in cestni), ribolov (gospodarski, športni), akvakultura in kmetijstvo ter turizem in prostočasne dejavnosti.

Mikroplastika v okolju kroži z vodami in zrakom. V zrak jo lahko ponesejo vzgonski vetrovi s katerimi lahko potuje več 1000 kilometrov daleč predno s padavinami pade na tla. Na kopnem se mikroplastika z vodami bodisi preceja skozi zemeljske plasti v podzemne vode bodisi jo meteorne vode direktno sperejo v vodotoke. Nato z vodotoki potuje dolvodno ali se useda v sedimente in skozi intersticijski sloj vstopa v podzemne vode. S podzemnimi in površinskimi vodami tako potuje proti morju. Dinamika mikroplastičnih delcev v morju se razlikuje od sladkih voda. Najpogosteje uporabljeni plastični materiali (kot npr. polietilen, polipropilen in polistiren) plavajo po površini morja (Crawford in Quinn, 2017), medtem ko preostali polimeri, ki imajo višjo gostoto, potonejo in se nalagajo v morskih sedimentih.

Kakšna bo usoda posameznega delca mikroplastike v okolju je odvisno od mnogih dejavnikov, npr. od oblike delca in razmerja med površino in volumnom, kemijske sestave delca, hidroloških pogojev, tokovanja in nenazadnje tudi interakcije z drugimi vodnimi organizmi.

2. Spremljanje onesnaženosti vodnih ekosistemov z mikroplastiko v Sloveniji

Majhni delci plastike so bili prvič opisani kot onesnaževalo v morju v osemdesetih letih prejšnjega stoletja (Carpenter in Smith, 1972). Nato je bilo še nekaj študij o prisotnosti le teh objavljenih pred letom 2004, ko je bil prvič definiran izraz "mikroplastika" (Thompson in sod., 2004). Problematika morskih odpadkov in njihov negativni vpliv na morsko okolje je bil kmalu prepoznan in tako so bili morski odpadki vključujoč mikroplastiko vključeni med deskriptorje kakovosti morskega okolja v ODMS (2008/56/ES). Poleg tega tudi Konvencija o varstvu Sredozemskega morja pred onesnaževanjem - Barcelonska konvencija, zavezuje države Sredozemskega morja k varovanju morja pred morskimi odpadki. Posledično so države članice EU in druge države Sredozemskega morja primorane k razvoju metodologij za spremljanje stanja morskega okolja za področje morskih odpadkov.

Medtem ko je problematika odpadkov in s tem tudi mikroplastike že zelo dobro obravnavana v morskem okolju, pa temu ni tako na celinskih vodah (pretežno sladkovodnem okolju). Trenutno spremljanje mikroplastike v celinskih vodah še ni obvezujoče, zaradi česar tudi še ni razvitih primernih metodologij. Prva študija mikroplastike v sladkovodnem okolju je bila objavljena šele leta 2012 (Cera in sod., 2020). Po tem letu število študij mikroplastike v okolju objavljenih v posameznem letu eksponentno narašča in je leta 2020 preseglo št. 150 (Cera in sod., 2020).

2.1 Spremljanje mikroplastike v morskem okolju

Decembra 2022 je bila sprejeta *Uredba o izvajanju Sklepa (EU) o merilih in metodoloških standardih na področju dobrega okoljskega stanja morskih voda ter*

specifikacijah in standardiziranih metodah za spremljanje ter presojo in razveljavitvi Sklepa 2010/477/EU, s katero se je Slovenija zavezala k rednemu spremljanju onesnaženosti slovenskega morja z morskimi odpadki, ki bo omogočilo ciljano ukrepanje k izboljšanju okoljskega stanja morja.

Mikroplastiko v morskem okolju se v Sloveniji pilotno spremlja od leta 2014. V okviru mednarodnega projekta DeFishGear so bile razvite prve metodologije za spremljanje mikroplastike na morski površini in sedimentih morskega dna in obale. Poleg tega se spremlja tudi mikroplastiko v morskih organizmih, školjkah in ribah. Kljub temu, da morska direktiva nalaga državam članicam, da morajo spremljati mikroplastiko v morskem okolju, pa standardiziranih metod še ni razvitih. Metodologije se razvijajo v okviru Tehnične skupine za morske odpadke (TG ML), ki deluje znotraj Joint Reserch Centra Evropske komisije in tudi v okviru UNEP/ MAP[1], ki deluje pri implementaciji Barcelonske konvencije.

V skladu z Uredbo navedeno v prvem odstavku tega poglavja, se v okviru elementa meril »*Mikroodpadki (delci ≤ 5 mm), razvrščeni v kategoriji: umetni polimerni materiali in drugo«* spremlja sestavo, količino in prostorsko razporeditev mikroodpadkov (vključujoč mikroplastiko) na obali, v površinskem sloju vodnega stolpca in na morskem dnu. Poleg tega poteka razvoj metodologije za spremljanje mikroodpadkov v morskih organizmih, predvsem ribah in školjkah.



Slika 2: Zemljevid prikazuje lokacije vzorčnih mest mikroodpadkov v površinski plasti vodnega stolpca (S1 do S5), morskem dnu (SED 1 do 5, KCN, BS, KP) in obali Slovenskega morja (SEČ, DR in LAZ).

[1] UNEP/MAP – Program Združenih narodov za okolje/ Sredozemski akcijski načrt (United Nations Environment Programme/ Mediterranean Action Plan)

Vzorčenje mikroplastike na površini morja izvajamo z vlečenjem t.i. manta mreže ob boku plovila na petih transektih v slovenskem morju. Natančneje je bila metodologija vzorčenja in analize vzorcev objavljena v Journal of visualized experiments (Kovač Viršek in sod., 2016).

Morske sedimente vzorčimo z grabilom van Veen na 6 – 8 vzorčnih točkah, obalne sedimente pa na treh lokacijah, Lazaret, Debeli rtič in Seča. Iz sedimentov v laboratoriju izločimo delce mikroplastike z metodo ločevanja na osnovi gostote delcev. Posameznim delcem v skladu s smernicami TG ML določimo obliko, barvo, velikost in kemijsko sestavo. Vzorčenja sedimentov in morske vode se izvajajo sezonsko, 4× na leto.

2.2 Spremljanje mikroplastike v celinskih vodah

Spremljanje mikroplastike v celinskih vodah je še v povojih. Ker je znano, da glavnina odpadkov vstopi v morje s celinskimi vodami, je ključnega pomena pričeti z rednimi spremljanji mikroplastike tudi v celinskih vodah. Spremljanje onesnaženosti rek z odpadki, tudi mikroplastiko, še ni obvezujoče. V letu 2022 je bil objavljen *Predlog prenovitve Direktive Evropskega parlamenta in sveta o spremembi Direktive 2000/60/ES o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike, Direktive 2006/118/ES o varstvu podzemne vode pred onesnaževanjem in poslabšanjem ter Direktive 2008/105/ES o okoljskih standardih kakovosti na področju vodne politike*. V predlogu je navedeno, da mikroplastika predstavlja potencialno tveganje za zdravje ljudi, toda trenutno je podatkov premalo za postavitev okoljskega standarda kakovosti za mikroplastiko v površinskih in podzemnih vodah. Predlagano je, da se mikroplastiko vključi v sistem spremljanja takoj po razvoju usklajene metodologije na ravni EU. Razvoj metodologij za spremljanje je sicer trenutno še zelo omejen le na projektno delo.

Prvi zametki razvoja metodologije za spremljanje mikroplastike v rekah so bili v Sloveniji že narejeni v sklopu implementacije Okvirne direktive o morski strategiji s spremljanjem vnosa mikroodpadkov s celinskimi vodami v morje. V letih 2019 in 2020 smo spremljali vnos mikroplastike z rekami Rižano in Dragonjo v Jadransko morje (Kovač Viršek in sod., 2019a; Kovač Viršek in sod., 2020). Vzorčenje smo izvajali z vzorčenjem vode v vodnem stolpcu z vodno črpalko in filtracijo več kubikov vode na lokaciji sami. Metoda je zelo primerna za vzorčenje mikroplastike v sladkih vodah, saj so plastični delci v rekah porazdeljeni po celotnem vodnem stolpcu v primerjavi z morjem, kjer so pretežno le na površini. Prav tako zgolj zajem nekaj litrov vode na lokacijo ne bi zadoščal za podajo zanesljivih rezultatov. Enaka metodologija vzorčenja je bila uporabljena tudi v študiji "Monitoring mikroplastike ne reki Ljubljanici" v kateri smo spremljali mikroodpadke v vodi reke Ljubljanice znotraj Mestne Občine Ljubljana. V študiji so bile ugotovljene naraščajoče koncentracije mikroodpadkov dolvodno od Črne vasi do izliva Ljubljanice v reko Savo (Kovač Viršek in sod., 2019b; Matjašič in sod., 2023).

2.3 Spremljanje mikroplastike v podzemnih vodah

Prav tako kot še ni obvezujoče spremljanje mikroplastike v površinskih vodah, tudi ni obvezujoče spremljanje mikroplastike v podzemnih vodah. V *Predlogu prenovitve Direktive Evropskega parlamenta in sveta o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi (COM/2017/753)* je sicer predlagano spremljanje mikroplastike v sklopu onesnaževal, ki jih je potrebno spremljati pri varovanju vodnih teles namenjenih za odvzem pitne vode. Študij na temo mikroplastike v podzemnih vodah je le malo in se med seboj metodološko zelo razlikujejo. Največkrat so opravljene na majhnem volumnu vzorca, s čimer ni zagotovljena zanesljivost rezultatov.

V letu 2022 smo v sodelovanju z Geološkim zavodom Slovenije razvili sistem za vzorčenje mikroplastike v podzemnih vodah in opravili prva preliminarna testiranja, ki so pokazala na prisotnost mikroplastike v podzemnih vodah in črpališčih pitne vode. Glede na preliminarne raziskave bo v prihodnje izrednega pomena razviti usklajeno metodologijo na ravni EU za spremljanje mikroplastike v podzemnih vodah in zagotoviti primerne raziskave za izboljšanje znanja na področju neželenih vpliv mikroplastike na okolje in zdravje ljudi, na podlagi katerih se bodo lahko oblikovali ustrezni ukrepi ali mejne vrednosti.

2.4 Spremljanje mikroplastike v odpadnih vodah

Mikroplastika iz gospodinjstev in industrijskih obratov z odpadnimi vodami potuje do čistilnih naprav, kjer se v večji meri akumulira v odpadnem blatu. Čistilne naprave s sekundarno stopnjo čiščenja v 92 % odstranijo mikroplastiko, s terciarno stopnjo čiščenja do 96 %, z membransko filtracijo pa > 99 % (Blair s sod., 2019).

Tako kot v mnogih drugih okoljih tudi v čistilnih napravah prevladuje mikroplastika v obliki vlaken, h kateri v največji meri prispevamo s pranjem oblačil (Kovač Viršek in sod., 2017). Na problematiki odpadnih vod iz pralnih strojev že deluje združenje proizvajalcev pralnih strojev, ki razvijajo način za prestrezanje in/ali razgradnjo tekstilnih vlaken v samih pralnih strojih.

3. Zaključki

Prisotnost mikroplastike je bila sedaj že večkrat dokazana tudi v najodročnejših delih našega planeta in tudi manj običajnih vzorcih vode, kot je toča (Kozjek s sod., 2023). Z naraščajočo proizvodnjo plastičnih mas je postala vse pogostejša v okolju in del vodnega kroga. Prve aktivnosti za izboljšanje stanja so trenutno vezane na ukrepanje morske politike. Toda pri tako vsesplošno razširjenem onesnaževalu je ključnega pomena sodelovanje vseh vodnih politik in usklajeno sprejemanje ukrepov za zajezitev onesnaževanja. Ukrepanje je najbolj učinkovito, če je le mogoče, na viru onesnaževanja, toda pri mikroplastiki v mnogih primerih to skoraj ne bo možno (v primerih razgradnje materialov med samo uporabo, npr. ostanki avtomobilskih gum, cestnih oznak, ladijskih premazov, ….). V prihodnjih letih nas tako čaka veliko izzivov na področju raziskav mikroplastike, od razvoja standardiziranih metod spremljanja prisotnosti mikroplastike v različnih okoljih, določitve mejnih

vrednosti, iskanja virov in sprejemanja ciljnih ukrepov, ki bodo pripomogli vsaj k ohranjanju stanja če ne že izboljšanju.

4. Zahvala

Dosedanje študije so bile v glavnini podprte s strani Ministrstva za naravne vire in prostor ter projektno s strani Adriatic IPA Programa, ARIS, Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Občine Ljubljana, VOKA Snaga Ljubljana, CČN Celje, CČN Domžale-Kamnik.

5. Viri

[1] BLAIR, R., WALDRON, S., GAUCHOTTE-LINDSAY, C., 2019. Average daily flow of microplastics through a tertiary wastewater treatment plant over a ten-month period. *Water Research*, 163.

[2] BOUCHER, J., FRIOT D., 2017. Primary microplastics in the oceans: a global evaluation of sources. Gland, Switzerland: IUCN. 43pp.

[3] CARPENTER, E. J., SMITH JR, K. L., 1972. Plastics on the Sargasso Sea surface. *Science*, 175(4027), 1240-1241

[4] CRAWFORD, C. B., QUINN, B., 2017. Microplastic pollutants. 1st Edition. Elsevier. ISBN: 9780128094068. Available: https://www.elsevier.com/books/microplastic-pollutants/crawford/978-0-12-809406-8

[5] CERA, A., CESARINI, G., SCALICI, M., 2020. Microplastics in freshwater: what is the news from the world?. *Diversity*, 12(7), 276.

[6] FRIAS, J. P., NASH, R., 2019. Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine pollution bulletin*, 138, 145-147.

[7] KOVAČ VIRŠEK, M., PALATINUS, A., KOREN, Š., PETERLIN, M., HORVAT, P., KRŽAN, A., 2016. Protocol for microplastics sampling on the sea surface and sample analysis. *JoVE*, (118), e55161.

[8] KOVAČ VIRŠEK, M., JARNI, K., KOREN, Š. Mikroplastika v čistilnih napravah - v kolikšni meri so jo čistilne naprave sposobne zadržati. V: CERKVENIK, S. (ur.), ROJNIK, E. (ur.). Zbornik 7. konference komunalnega gospodarstva. Ljubljana: GZS, Zbornica komunalnega gospodarstva, 2017. Str. 199-208

[9] KOVAČ VIRŠEK, M., ROBIČ, U., CERAR, N., JARNI, K., CASERMAN, H., KOREN, Š., SUHADOLNIK, P., TRDAN, Š. Poročilo o delu Inštituta za vode Republike Slovenije za leto 2019 : III Razvoj metodologij za področje morskega okolja : III/7 Analiza vnosa makroodpadkov iz vodotokov v morsko okolje in vnosa mikroodpadkov iz vodotokov in odpadnih voda ter določitev stopnje soodvisnosti (pomembna obremenitev) med virom obremenitve in stanjem morskega okolja - nadgradnja metodologije za določitev pomembnih obremenitev na morsko okolje. Ljubljana: Inštitut za vode Republike Slovenije, dec. 2019a. 167 str., ilustr.

[10] KOVAČ VIRŠEK, M., CERAR, N., SUHADOLNIK, P. Poročilo Inštituta za vode Republike Slovenije: Monitoring mikroplastike na reki Ljubljanici: končno poročilo. Ljubljana: Inštitut za vode Republike Slovenije, nov. 2019b. 19 str., pril., ilustr.

[11] KOVAČ VIRŠEK, M., ROBIČ, U., CERAR, N., HOSTNIK, I., SUHADOLNIK, P. Poročilo o delu Inštituta za vode Republike Slovenije za leto 2020 : III. Razvoj metodologij za področje morskega okolja : III/10 Identifikacija virov onesnaževanja z odpadki kot podlaga za pripravo ustreznih ukrepov za zmanjševanje onesnaževanja morskega okolja : končno poročilo o metodologiji morskih odpadkov in rezultatih pilotnega monitoringa odpadkov v vodotokih in odpadnih vodah skupaj z identifikacijo primarnih virov morskih odpadkov. Ljubljana: Inštitut za vode Republike Slovenije, dec. 2020. 120 str., ilustr.

[12] KOZJEK, M., VENGUST, D., RADOŠEVIĆ, T., ŽITKO, G., KOREN, S., TOPLAK, N., JERMAN, I., BUTALA, M., PODLOGAR, M., KOVAČ VIRŠEK, M. (2023). Dissecting giant hailstones: A glimpse into the troposphere with its diverse bacterial communities and fibrous microplastics. *STOTEN*, 856, 158786.

[13] MATJAŠIČ, T., MORI, N., HOSTNIK, I., BAJT, O., KOVAČ VIRŠEK, M. (2023). Microplastic pollution in small rivers along rural-urban gradients: Variations across catchments and between water column and sediments. *STOTEN*, 858, 160043.

[14] THOMPSON, R. C., OLSEN, Y., MITCHELL, R. P., DAVIS, A., ROWLAND, S. J., JOHN, A. W., MCGONIGLE, D., RUSSELL, A. E. (2004). Lost at sea: where is all the plastic?. *Science*, 304(5672), 838-838.

DOSTOPNOST IN KAKOVOST PITNE VODE V SLOVENIJI

dr. med. BONIA MILJAVAC, LARA OFENTAVŠEK,
IVANKA GALE, Dr. Med. Spec Higiene in javnega zdravja

Nacionalni inštitut za javno zdravje

POVZETEK

V letu 2021 se je 94,6 % prebivalcev Slovenije oskrbovalo iz sistemov za oskrbo s pitno vodo oziroma na oskrbovalnih območjih, kjer se je izvajal monitoring pitne vode (spremljanje kakovosti) na mestu uporabe (pipa uporabnika). Kakovost pitne vode ni bila znana za 5,4 % prebivalcev, ki so se oskrbovali iz sistemov za oskrbo s pitno vodo z manj kot 50 oseb npr. lastna oskrb npr samooskrba iz kapnice. Velika, srednja in deloma mala oskrbovalna območja, ki oskrbujejo več kot 500 prebivalcev (90,0 % prebivalcev) imajo praviloma ustrezno kakovost pitne vode. Iz javno zdravstvenega vidika so neurejena predvsem mala oskrbovalna območja s 50-500 prebivalci, pri katerih je bila v večjem deležu v pitni vodi prisotna fekalna onesnaženost ter nekatera oskrbovalna območja s kraškimi vodnimi viri. Kemijska onesnaženost pitne vode je bila ugotovljena na 7 oskrbovalnih območjih, zaradi presežene mejne vrednosti niklja, pesticidov desetil-atrazina in bentazona ter indikatorskih kemijskih parametrov aluminija in železa. V obdobju 2004-2021 se je izboljšala dostopnost do pitne vode, prav tako pa tudi njena kakovost. Kakovost pitne vode se je izboljšala zlasti zaradi zmanjšanja onesnaženosti pitne vode z nitrati in pesticidi.

Ključne besede:

pitna voda, monitoring, oskrbovalno območje, dostopnost, kakovost

1. Dostop do pitne vode

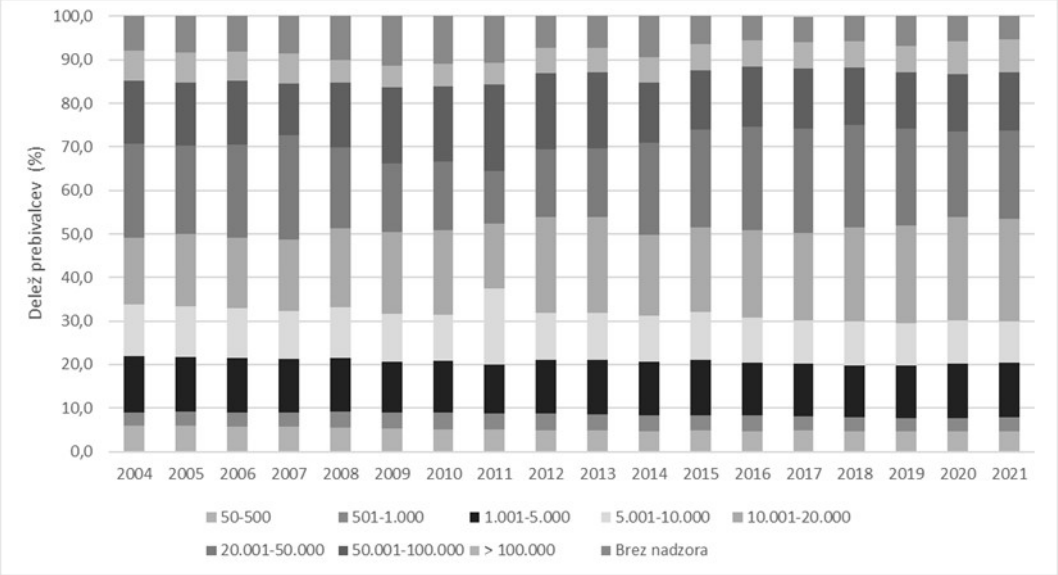
Dostop do pitne vode ocenjujemo posredno, glede na vključenost v monitoring pitne vode. Po pravilniku o pitni vodi se monitoring pitne vode od leta 2004 izvaja na mestu uporabe (npr. pipa uporabnika), na oskrbovalnih območjih (sistemih za oskrbo s pitno vodo), ki oskrbujejo 50 ali več prebivalcev ter dodatno tudi na manjših, ki oskrbujejo javne objekte, objekte za proizvodnjo in promet živil. V letu 2021 je bilo v monitoring pitne vode vključenih 873 oskrbovalnih območji, ki so oskrbovala 50 ali več prebivalcev, vključno 23 manjših od 50, ki so oskrbovala javne objekte in objekte za proizvodnjo in promet živil. Odvzetih je bilo 3.145 vzorcev.

Sistem za oskrbo s pitno vodo ima eno ali več oskrbovalnih območij. Oskrbovalno območje je območje, ki se oskrbuje s pitno vodo iz enega ali več vodnih virov, znotraj

katerega je kakovost vode približno enaka. Pravilnik o pitni vodi, v Prilogi II, Tabela 1, grupira oskrbovalna območja v velikostne razrede glede na količino distribuirane vode na dan oziroma število prebivalcev na oskrbovalnem območju; v kazalcu jih združujemo tudi v mala, srednja in velika oskrbovalna območja, ki oskrbujejo 50–1.000, 1.001–10.000 in >10.000 prebivalcev.

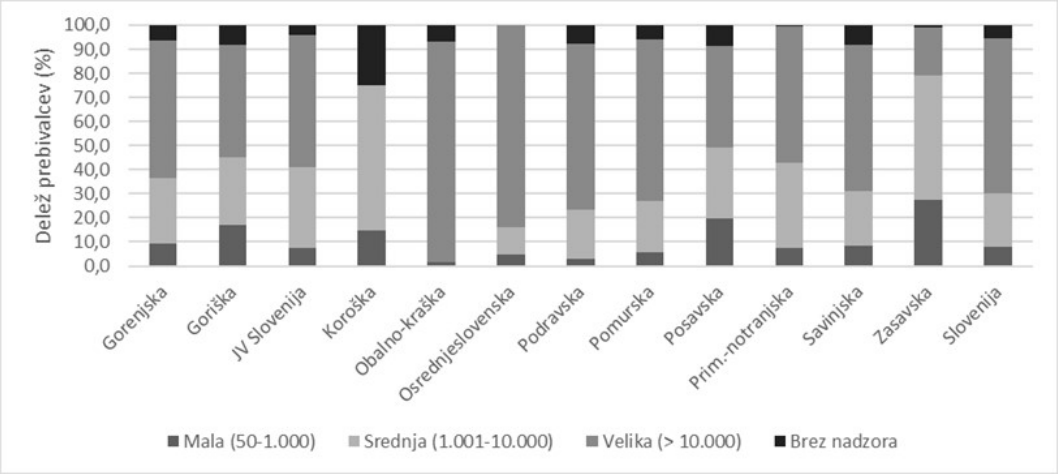
Vodne vire za oskrbo s pitno vodo uvrščamo z vidika javnega zdravja na površinske in nepovršinske (podzemne). V letu 2021 se je iz podzemnih vodnih virov (brez vpliva površinske vode) oskrbovalo 63,9 % prebivalcev na 439 oskrbovalnih območij.

Na oskrbovalnih območjih, vključenih v monitoring se je oskrbovalo 94,6 % prebivalcev. Od tega skoraj dve tretjini (64,7 %) na velikih oskrbovalnih območjih (>10.000 prebivalcev), tri četrtine (74,2 %) na oskrbovalnih območjih z > 5.000 prebivalcev, skupaj na velikih in srednjih (> 1.000 prebivalcev) 86,9 % ter 7,8 % prebivalcev na malih oskrbovalnih območjih (50 – 1.000 prebivalcev). V monitoring ni bilo vključenih 5,4 % prebivalcev brez nadzora (npr.: lastna oskrba, samooskrba-kapnica).



Slika 1 Število prebivalcev Slovenije po velikostnih razredih oskrbovalnih območij ter prebivalci brez nadzora, 2004–2021.

Po statističnih regijah, kot tudi po velikostnih razredih oskrbovalnih območij se zelo razlikuje delež prebivalcev vključenih v monitoring pitne vode. Na velikih oskrbovalnih območjih se oskrbuje s pitno vodo 64,7 % prebivalcev, največ v obalno-kraški statistični regiji (91,5 %), najmanj v zasavski regiji (20 %), medtem ko v koroški regiji nimajo velikega oskrbovalnega območja.



Slika 2 Delež prebivalcev Slovenije vključenih v monitoring pitne vode po velikostnih razredih oskrbovalnih območij in prebivalcev brez nadzora, po statističnih regijah, 2021

Pravilnik o pitni vodi določa v drugem odstavku 32. člena: »Pri izbiri vode za oskrbo s pitno vodo ima prednost voda, za katero priprava ni potrebna.« V Sloveniji se je leta 2021 skoraj četrtina prebivalcev (23,8 %) oskrbovala s pitno vodo, na oskrbovalnih območjih z več kot 1.000 prebivalci, za katere priprava vode ni bila potrebna.

V letu 2021 sta bili v Sloveniji dve mesti z več kot 100.000 prebivalci. Ti dve mesti sta Ljubljana in Maribor. Glede na podatke SURS (stanje H2, 2021), v Ljubljani in Mariboru živi 19,3 % prebivalcev. Če za mestno okolje upoštevamo mesta z ≥ 100.000 prebivalci in za podeželje ostala mesta in naselja, se v mestnem okolju praviloma vsi oskrbujejo s pitno vodo, vključeno v monitoring (redke so izjeme: nekaj oseb). Ostalih 80,7 % prebivalcev na podeželju in v manjših mestih, se oskrbuje s pitno vodo, ki je bodisi pod nadzorom ali brez nadzora.

2. Kakovost pitne vode

Pitna voda je voda v njenem prvotnem stanju ali po pripravi, namenjena pitju, kuhanju, pripravi hrane ali za druge gospodinjske namene, ne glede na njeno poreklo in ne glede na to, ali se dobavlja iz vodovodnega omrežja sistema za oskrbo s pitno vodo, cistern ali kot predpakirana voda ter vsa voda, ki se uporablja za proizvodnjo in promet živil. Pitna voda je zdravstveno ustrezna, kadar ne vsebuje mikroorganizmov, parazitov in njihovih razvojnih oblik v številu, ki lahko predstavlja nevarnost za zdravje, snovi v koncentracijah, ki same ali skupaj z drugimi snovmi lahko predstavljajo nevarnost za zdravje ljudi ter je skladna z zahtevami za mejne vrednosti parametrov (skladnost), določenimi v delih A in B Priloge I Pravilnika o pitni vodi.

Kakovost pitne vode v Sloveniji ocenjujemo na podlagi rezultatov Monitoringa pitne vode. Prikazujemo delež neskladnih vzorcev pitne vode, zaradi mikrobioloških in kemijskih parametrov, po velikostnih razredih oskrbovalnih območji, v obdobju

2004 – 2021 ter fekalno onesnaženost po statističnih regijah v letu 2021. Posebej je prikazana fekalna onesnaženost-prisotnost bakterije *Escherichia coli* (v nadaljevanju*: E.coli*) ter kemijski parametri, od katerih so mejno vrednost ponekod vsako leto presegali pesticidi in nitrati (nitrati do leta 2015 in pa tudi v letu 2018), v letu 2021 tudi nikelj, aluminij in železo ter število izpostavljenih prebivalcev preseženim koncentracijam nitratov in pesticidov v obdobju 2004-2021.

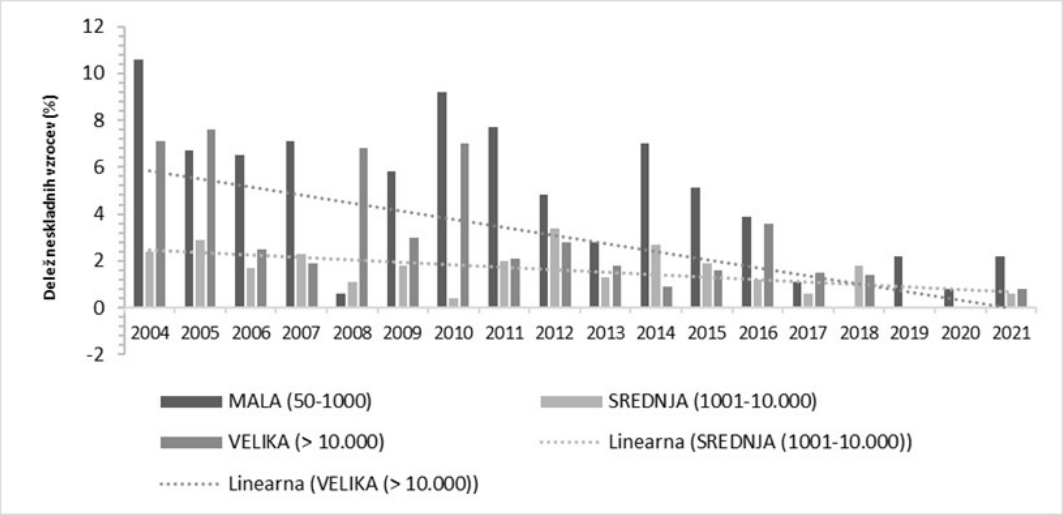
Kakovost pitne vode je praviloma skladna in zdravstveno ustrezna na velikih, srednjih in malih oskrbovalnih območjih, ki so oskrbovala po več kot 500 prebivalcev (skupaj 1.895.671 ali 90,0 % prebivalcev, vključenih v monitoring pitne vode). Neurejena so predvsem najmanjša oskrbovalna območja s 50 – 500 prebivalcev. Leta 2021 je bilo v tem razredu 584 oskrbovalnih območij, ki so oskrbovali 98.339 prebivalcev oz. 4,6 % prebivalcev. Kakovost pitne vode ni znana za prebivalce brez nadzora, ki oskrbujejo manj kot 50 oseb (5,4 % prebivalcev) in niso bili vključeni v monitoring.

V letu 2021 je bilo za redna preskušanja – parametri skupine A odvzetih 2.751 vzorcev na vseh 873 oskrbovalnih območjih (mikrobiološki parametri – DEL A in indikatorski parametri – DEL C Priloge I Pravilnika o pitni vodi). V letu 2021 je bilo pri rednih preskusih – parametri skupine A mikrobiološko neskladnih 13,8 % vzorcev, od tega je bilo zaradi fekalne onesnaženosti (prisotna *E.coli*) neskladnih 1,8 %. Delež neskladnih vzorcev močno pada z velikostjo oskrbovalnih območij. Pri najmanjših oskrbovalnih območjih je bilo zaradi *E.coli* 4,1 % vzorcev neskladnih, pri malih oskrbovalnih območjih pa je bilo neskladnih vzorcev 0,4 %. Pri srednjih in velikih oskrbovalnih območjih so bili vsi vzorci skladni. V primerjavi s prejšnjimi leti se je leta 2021 mikrobiološka kakovost nekoliko izboljšala, saj so bili vsi odvzeti vzorci v okviru rednih preskusov parametrov skupine A na srednjih in velikih oskrbovalnih območjih skladni glede na *E.coli.*

Preglednica 1 Neskladni vzorci zaradi prisotnosti Escherichia coli, pri rednih preskušanjih (parametri skupine A), po velikostnih razredih oskrbovalnih območij, Slovenija, 2012–2021.

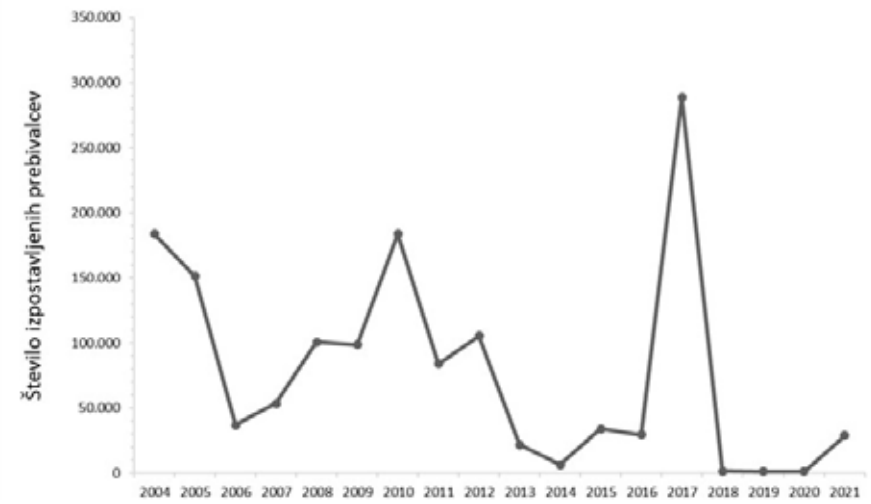
Velikost oskrbovalnega območja	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Najmanjša (50-500)	15,7	10,4	10,4	7,6	7,3	6,8	5,2	4,5	5,6	4,1
Mala (501-1.000)	2,8	2,8	1,5	2,0	1,3	1,1	0,8	-	0,4	0,4
Mala skupaj (50-1.000)	**12,3**	**8,6**	**7,9**	**5,8**	**5,7**	**5,4**	**4,1**	**3,4**	**4,6**	**3,4**
Srednja (1.001-10.000)	1,8	1,3	1,1	1,1	1,7	0,6	0,8	0,5	0,8	-
Velika (>10.000)	0,4	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-
SKUPAJ	**6,7**	**4,3**	**3,7**	**3,0**	**3,1**	**2,8**	**2,1**	**1,7**	**2,6**	**1,8**

Posamezni kemijski parametri so se določali v 464 vzorcih na 297 oskrbovalnih območjih, neskladnih je bilo skupaj 7 oziroma 1,5 % odvzetih vzorcev. V neskladnih odvzetih vzorcih so bile presežene vrednosti nekaterih kemijskih parametrov, kot so: nikelj, bentazon, skupna vsota pesticidov, desetil-atrazin. Pri indikatorskih kemijskih parametrih so bile presežene vrednosti aluminija in železa.



Slika 3 Delež neskladnih vzorcev zaradi kemijskih parametrov po velikostnih razredih oskrbovalnih območij, 2004–2021 (občasni preskusi – parametri skupine B).

Leta 2021 je bilo preseženim pesticidom izpostavljenih 28.780 uporabnikov na 3 oskrbovalnih območjih. Niklju je bilo izpostavljenih 1.850 uporabnikov na 1 oskrbovalnem območju, indikatorskim parametrom: aluminiju 3.652 uporabnikov in železu 2.389 uporabnikov. Vsako leto je presežena mejna vrednost pesticida desetilatrazina, od leta 2017 presega mejno vrednost tudi pesticid atrazin. Občasno zasledimo presežene mejne vrednosti tudi pri pesticidu bentazonu in metolakloru in pri pesticidi-vsota. Pod mejno vrednostjo so bili določeni še pesticidi diuron, klortoluron, metolaklor, desizopropil-atrazin, simazin, propazin, terbutilazin, desetil-terbutilazin, metalaksil in N,N-dietil-meta toluamid (mejna vrednost za pesticid je 0,10 µg/l).



Slika 4 Število izpostavljenih prebivalcev preseženim koncentracijam pesticidov v pitni vodi, 2004–2021 (mejna vrednost za pesticid v pitni vodi je 0,10 µg/l, za vsoto pesticidov je 0,50 µg/l).

Nitrati so bili v letu 2021 tik pod mejno vrednostjo. Najvišja izmerjena koncentracija (49 mg/l) je bila pri enem odvzetem vzorcu na malem oskrbovalnem območju pri 553 prebivalcih. Od leta 2018 mejna vrednost nitratov ni bila presežena, vendar pa se koncentracije nitratov gibljejo tik pod mejno vrednostjo.

Na podlagi podatkov monitoringa pitne vode se v primeru mikrobiološke onesnaženosti pitne vode izvajajo nekateri ukrepi, kot je npr. prekuhavanje pitne vode zaradi fekalne onesnaženosti drugih mikrobioloških indikacij, spiranje hišnega vodovodnega omrežja (tudi pri kemijskem onesnaženju npr. zaradi svinca). Ukrep nadomeščanja pitne vode se izvaja v primeru preseženih koncentracij nitratov za dojenčke, nosečnice in doječe matere ter v primeru preseženega svinca za vse otroke do 6. leta in nosečnice. Zaradi preseženih koncentracij pesticidov, se posebni ukrepi niso izvajali, tudi od leta 2004 ni bilo izdanih dovoljenj za odstopanje. V splošnem ti ukrepi niso zadostni za zagotavljanje skladnosti, saj ne prispevajo k izboljšanju kakovosti pitne vode že na vodnem viru. Na onesnaženih območjih koncentracije pesticidov in nitratov med posameznimi leti minimalno nihajo okoli mejnih vrednosti, poleg tega se za kemijske parametre iz dela B večinoma odvzame po 1 do 2 vzorca na leto v okviru občasnih preskušanj – parametrov skupine B.

Kakovost pitne vode je osnova za kakovost bivalnega okolja, saj dostop do pitne vode prispeva k zmanjševanju neenakosti med ljudmi ter h gradnji trajnostnih mest in skupnosti. Za doseganje ustrezne kakovosti pitne vode v Sloveniji sledimo naslednjim ciljem:

1) izboljšati kakovost oskrbe s pitno vodo,
2) zmanjšati izgube pitne vode v vodovodnem omrežju,
3) zmanjšati emisije v vode,
4) gradnja kanalizacijskega sistema za komunale, industrijske in onesnažene padavinske vode in gradnja čistilnih naprav,
5) zagotoviti skladnost in zdravstveno ustreznost pitne vode z zahtevami, določenimi v Pravilniku o pitni vodi
6) zagotoviti varno oskrbo s pitno vodo s preventivnim pristopom – načrt za zagotavljanje varnosti pitne vode – zagotavljanja ustreznih količin skladne in zdravstveno ustrezne pitne vode, od prispevnega območja, odvzema, priprave, shranjevanja in distribucije vode do mesta uporabe,
7) zagotoviti dosledno izvajanje načela večkratnih ovir pri oskrbi s pitno vodo,
8) dosledno izvajati pripravo vode, kjer je ta potrebna,
9) izvajati ukrepe na vodovarstvenih območjih oziroma določiti vodovarstvena območja za vsak sistem za oskrbo s pitno vodo in zagotoviti izvajanje vodovarstvenih režimov v njih,
10) na onesnaženih malih sistemih za oskrbo s pitno vodo je potrebno zagotoviti ustrezno strokovno upravljanje ali pa jih ukiniti in priključiti prebivalce na večje sisteme z ustreznim strokovnim upravljanjem in nadzorom.

3. Zaključki

Voda je naše največje bogastvo in osnovni vir življenja. Skrbeti moramo za kakovost pitne vode in njeno dostopnost. Naš cilj je izboljšati njeno kakovost in dostopnost do nje s preventivnim pristopom do reševanja večkratnih ovir. Določiti je potrebno vodovarstvena območja, izvajati načrt za zagotavljanje varnosti pitne vode, pripravo vode, kadar je potrebno, zmanjšati emisije onesnaževal v tla, površinske in podzemne vode idr. Dolgoročna rešitev je priključitev prebivalcev iz malih neurejenih na večja urejena oskrbovalna območja ali jih ustrezno urediti.

4. Viri

[1] Monitoring pitne vode. *Rezultati 2021*. Dostopno na: http://mpv.si/rezultati [dostop 17. maj 2023]

[2] ARSO okolje-kazalci okolja (2023). *Kakovost pitne vode*. Dostopno na: https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/kakovost-pitne-vode-6#definitionsTitle [dostop 17. maj 2023]

[3] ARSO okolje-kazalci okolja (2023). *Dostop do pitne vode*. Dostopno na: https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/dostop-do-pitne-vode-2#definitionsTitle [dostop 17. maj 2023]

[4] Agenda 2030 (2015). *Spremenimo svet: Agenda za trajnostni razvoj do leta 2030.* Dostopno na: https://www.gov.si/assets/ministrstva/MZZ/Dokumenti/multilaterala/razvojno-sodelovanje/publikacije/Agenda_za_trajnostni_razvoj_2030.pdf [dostop 17. maj 2023]

[5] Pravilnik o pitni vodi (Uradni list RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 in 51/17).

[6] Služba Vlade Republike Slovenije za razvoj in evropsko politiko (2017). *Strategija razvoja Slovenije 2030.* Ljubljana. Dostopno na: https://www.gov.si/assets/ministrstva/MKRR/Strategija-razvoja-Slovenije-2030/Strategija_razvoja_Slovenije_2030.pdf [dostop 17. maj 2023]

GLAVNI POUDARKI OCENE KOLIČINSKEGA STANJA PODZEMNIH VODA V SLOVENIJI

dr. MIŠO ANDJELOV[1], dr. PETER FRANTAR[1], dr. URŠKA PAVLIČ[1],
doc. dr. NINA RMAN[2], dr. PETRA SOUVENT[1]

[1] Agencija RS za okolje
[2] Geološki zavod Slovenije

POVZETEK

Predstavljamo metodološke pristope in oceno količinskega stanja podzemne vode za 21 teles podzemne vode v Sloveniji, izdelano za tretji načrt upravljanja voda 2022 do 2027. Ocena je narejena na podlagi štirih preizkusov, kjer se analizira vpliv odvzemov podzemne vode na: gladine podzemne vode in vodno bilanco, ekološko stanje površinskih vodnih teles, kopenske ekosisteme odvisne od podzemne vode in vdore slane vode ali vode slabše kakovosti v vodonosnik. Za večino teles podzemne vode je ocenjeno »dobro« količinsko stanje, vodno telo Dravska kotlina pa je ocenjeno kot »slabo«, ker črpanje podzemne vode povzroča vdore vode slabše kakovosti v globoki vodonosnik. Ocena razpoložljivosti vodnih količin v vodnih telesih Slovenije v referenčnem obdobju 1991–2020 je pokazala, da je v plitvih vodonosnikih podzemnih vodnih teles na leto na razpolago okoli 4 milijarde m^3 podzemne vode, kar predstavlja okoli 2.000 m^3 na prebivalca letno. Odvzeta podzemna voda v obdobju od 2014 do 2019 je predstavljala tri odstotke razpoložljivih količin podzemne vode. V izbranem obdobju so odvzemi v plitvih vodonosnikih dosegali povprečno 189 milijonov m^3, sama črpana količina pa je znašala približno 135 milijonov m^3. Na območju geotermalnega vodonosnika severovzhodne Slovenije je povprečni letni odvzem obdobja od 2014 do 2019 ocenjen na 2,5 milijona m^3. Kljub indikacijam o regionalnem zniževanju piezometrične gladine podzemne vode pred letom 2020 in znatnemu odvzemu termalne vode, količinsko stanje podzemne vode tudi v tem vodonosniku glede na osnovni vodnobilančni kriterij ocenjujemo kot »dobro«.

Ključne besede:

podzemna voda, količinsko stanje podzemne vode, vodno telo podzemne vode, načrt upravljanja voda

1. Uvod

Osnova ocene količinskega stanja voda je Vodna direktiva [1], ki je instrument za zaščito, izboljšanje in trajnostno rabo vode ter vodnega okolja v Evropi. Cilj direktive je zagotoviti dobro količinsko stanje podzemnih voda.

V Sloveniji je bilo določenih 21 teles podzemne vode [2], ki so osnovna upravljavska enota. Pri določanju teh teles so bili uporabljeni splošni hidrogeološki kriteriji, s poudarkom na prepustnostnih značilnostih vrhnjih plasti, oceni antropogenih obremenitev ter oceni neposredne odvisnosti površinskih vodnih in kopenskih ekosistemov od podzemne vode [3].

Količinsko stanje podzemne vode v določenem vodnem telesu je bilo opredeljeno v nacionalni zakonodaji s stopnjo vpliva rabe na podzemno vodno telo zaradi odvzema količin vode. Vpliv se lahko odraža v spremembi piezometrične gladine podzemne vode, njenega pretoka ali smeri toka v vodnem telesu [4].

V Sloveniji se za vsako šestletno obdobje, na vodnih telesih preuči in analizira vpliv človekovega delovanja na vode ter se določijo cilji za zaščito, izboljšanje in trajnostno rabo vode. Trenutno je v teku 3. načrta upravljanja voda (NUV3) za obdobje od 2022 do 2027.

2. Metode ocenjevanja količinskega stanja

Ocena količinskega stanja podzemnih voda je pomemben del Načrta upravljanja voda. Predstavlja standardiziran prikaz ocene količinskega stanja podzemnih voda in tudi stanje razvoja metodologije na tem področju [5] [6] [7]. Ocena za posamezna vodna telesa podzemnih voda (VTpodV) se izvede s štirimi preizkusi [8]: prvi preizkus vpliva odvzemov podzemne vode na gladine podzemne vode in vodno bilanco, drugi preizkus vpliva odvzemov podzemne vode na ekološko stanje površinskih vodnih teles, tretji preizkus vpliva odvzemov podzemne vode na kopenske ekosisteme, odvisne od podzemne vode in četrti preizkus vpliva odvzemov podzemne vode na vdore slane vode ali vode slabše kakovosti v vodonosnik.

Količinsko stanje podzemnih voda je ocenjeno kot „dobro“ ali „slabo“ glede na rezultate opravljenih preizkusov . Preizkus vpliva odvzemov podzemne vode na gladine podzemne vode in vodno bilanco se izvede na vseh 21 vodnih telesih podzemnih voda, medtem ko se preostali preizkusi izvedejo samo tam, kjer ocenjujemo tveganje, da učinki rabe podzemne vode vplivajo na stanje površinskih vodnih teles, kopenske ekosisteme, odvisne od podzemne vode, ali na vdore slane vode ali vode slabše kakovosti. Končno skupno oceno določa kriterij najslabše ocene.

Za oceno količinskega stanja podzemnih voda v okviru NUV3 smo uporabili podatkovne zbirke ARSO, to so podatki hidrološkega monitoringa podzemnih in površinskih voda, vključno s podatki meteorološkega monitoringa in kemijskega monitoringa podzemnih voda. Ti podatki, skupaj z uporabo modelov in prostorskih podatkovnih slojev, omogočajo oceno vodne bilance ter analizo trendov gladin in pretokov. Za preizkuse vpliva odvzemov podzemne vode smo uporabili podatke o odvzetih količinah podzemne vode iz podatkovnih zbirk DRSV (vodna povračila).

Oceno smo izvedli na obstoječi državni merilni mreži v plitvih vodonosnikih, ki temelji na izboru reprezentativnih lokacij glede na konceptualne hidrogeološke modele in metodologij posameznih preizkusov za oceno količinskega stanja podzemnih voda [9]. Merilna mreža vključuje 199 merilnih mest podzemnih in

površinskih voda. V oceno smo vključili tudi dve merilni mesti raziskovalnega monitoringa GeoZS za geotermalne vodonosnike v SV Sloveniji.

Monitoring vključuje merjenje globine do podzemne vode v vodonosnikih z medzrnsko poroznostjo ter merjenje višine vode oz. pretoka izvirov in vodotokov v vodonosnikih s kraško, razpoklinsko in mešano poroznostjo. Za ugotavljanje vdora slane vode ali drugih vrst vdorov se izvajajo meritve globine do podzemne vode, specifične električne prevodnosti vode in indikativnih kemijskih parametrov. V oceno vpliva odvzemov podzemne vode na kopenske ekosisteme, odvisne od podzemne vode, so vključeni tudi podatki količin podzemne vode, odvzete iz vodnih teles podzemne vode.

Za izračune vodne bilance smo uporabili obdobje od 1991 do 2020, za analizo trendov gladin in iztokov iz plitvih vodonosnikov obdobje od 1990 do 2019, in za povprečne odvzeme podzemne vode obdobje od 2014 do 2019. Količinsko stanje podzemnih voda vključuje tudi napovedovalna obdobja od 2020 do 2027 za oceno ekstrapolacije trenda gladin in iztokov iz plitvih vodonosnikov ter od 2021 do 2050 za oceno sprememb napajanja plitvih vodonosnikov glede na scenarije podnebnih sprememb.

3. Postopki ocenjevanja količinskega stanja podzemnih voda

Ocena vpliva odvzemov podzemne vode na gladine podzemne vode in vodno bilanco se izvaja na vseh VTPodV. Preizkus je sestavljen iz dveh delov. V prvem delu se analizirajo trendi gladin podzemne vode in pretokov izvirov v obdelovalnem in napovedovalnem obdobju, drugi del preizkusa pa vključuje vodnobilančno analizo vseh komponent odtoka, ki je osnova za oceno obnovljivih in razpoložljivih količin podzemne vode. Osnovo vodnobilančne analize predstavlja primerjava odvzetih črpanih količin podzemne vode z razpoložljivimi količinami podzemne vode. Razpoložljiva količina podzemne vode se izračuna kot srednja letna obnovljiva količina vode v VTPodV, zmanjšana za količino letnega odtoka, potrebnega za dosego ekoloških ciljev pri površinskih vodah in ohranjanje ekosistemov, povezanih s telesi podzemne vode. Če delež merilnih mest z ugotovljenim upadajočim trendom gladin oziroma pretokov ne presega 25% in če dolgoročna povprečna letna količina črpanja podzemne vode ne presega razpoložljive količine podzemne vode, je količinsko stanje podzemne vode VTPodV ocenjeno kot »dobro«.

Za oceno obnovljive količine podzemne vode geotermalnih vodonosnikov SV Slovenije je bila z umerjenim matematičnim modelom opravljena simulacija vodne bilance, ki je bila prvič izvedena leta 2011 v okviru projekta T-JAM pod takratnimi pogoji rabe geotermalne vode in ta je kazala okoli 15 % zmanjšanje razlike med pritokom in iztokom. Pri preseganju takratne porabe vode za petkrat pa naj bi to zmanjšanje v slovenskem delu geotermalnega bazena, globlje od 500 metrov, preseglo že 80 %. Simulacije regionalnega modela, ki se letno osvežujejo z novimi meritvami, opozarjajo na veliko količinsko občutljivost teh geotermalnih vodnih virov in na potrebo po vzpostavitvi državnega monitoringa termalnih voda in po podrobnejši oceni količinskega obnavljanja globokih geotermalnih vodonosnikov.

Ocena vpliva odvzemov podzemne vode na ekološko stanje površinskih vodnih teles se izvaja na vodnih telesih podzemne vode, ki so povezana z vodnimi telesi površinskih voda, kjer je ugotovljeno slabo ekološko stanje. Ta preizkus vključuje analizo deleža odvzetih količin podzemne vode glede na srednji pretok površinske vode in glede na povprečno obnavljanje podzemne vode v preteklem obdobju. Pri dobrem količinskem stanju ne sme biti delež odvzemov večji od 10 % glede na omenjene vrednosti.

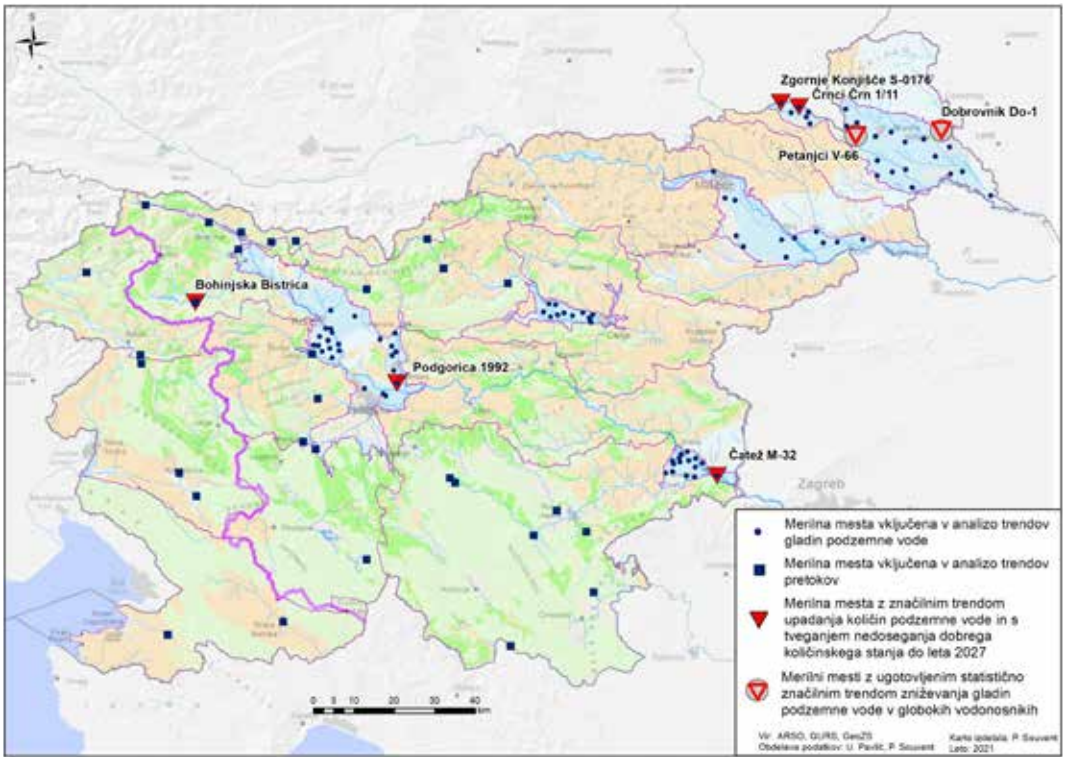
Ocena vpliva odvzemov podzemne vode na kopenske ekosisteme, odvisne od podzemne vode, se izvaja na vodnih telesih podzemne vode, kjer je ocenjeno, da odvzemi podzemne vode lahko vplivajo na kopenske ekosisteme. Ta preizkus se izvaja na gozdnih habitatih, ki so opredeljeni kot ogroženi ali poškodovani. Analiza količinskega pritiska se izvede na območjih, kjer se primerjajo odvzemi podzemne vode in napajanje vodonosnikov v hidrološkem vplivnem območju habitata. Za dobro količinsko stanje odvzemi ne smejo presegati 5 % obnovljivih količin podzemne vode.

Pri oceni vpliva odvzemov podzemne vode na vdore slane vode ali vode slabše kakovosti v vodonosnike se primerjajo povprečne količine odvzema podzemne vode s srednjimi dolgoletnimi obnovljivimi količinami podzemne vode. Poleg tega se analizira tudi povprečna dolgoletna vrednost specifične električne prevodnosti (SEP) ter trend indikativnih parametrov, ki kažejo na vdor slane vode ali vode slabše kakovosti. Za dobro količinsko stanje ne smejo odvzemi presegati 10 % obnovljivih količin podzemne vode, SEP ne sme presegati mejnih vrednosti za pitno vodo, in ne sme biti zaznan statistično značilen naraščajoč trend indikativnih parametrov. Pri termalnih vodah se kot stalna oz. »v dobrem stanju« šteje kemijska ali izotopska sestava vode, kjer sprememba posameznega parametra ne presega 20% povprečne vrednosti preteklih let.

Ocena količinskega stanja podzemne vode po posameznih vodnih telesih se izvaja s stopnjo zaupanja, ki je določena glede na razpoložljive podatke monitoringa in razumevanje hidrološkega sistema. Visoka stopnja zaupanja pomeni, da so na voljo kakovostni podatki in dober konceptualni model, ter dobro poznavanje naravnih značilnosti in antropogenih pritiskov, medtem ko nizka stopnja zaupanja kaže na omejene podatke in zahteva večjo strokovno presojo.

4. Glavni rezultati ocenjevanja količinskega stanja

Analiza trenda gladin podzemnih voda v plitvih aluvialnih vodonosnikih za obdobje 1990-2019 je na nekaterih VTPodV pokazala statistično značilne upadajoče trende letnih povprečij gladin podzemnih voda (slika 1). Vendar delež merilnih mest z zniževanjem gladin podzemne vode v plitvih vodonosnikih v napovedovalnem obdobju do leta 2027 ne presega 25 % vseh merilnih mest, kar je eden od pomembnih kriterijev za doseganje dobrega količinskega stanja. Analiza trenda malih pretokov v povirnih območjih vodnih teles s kraško, razpoklinsko ali mešano poroznostjo ni zaznala tveganj zmanjšanja pretokov do leta 2027 pod mejno vrednostjo referenčnega obdobja. Količinsko stanje podzemnih voda v plitvih odprtih vodonosnikih vseh vodnih teles podzemne vode je ocenjeno kot »dobro« z visoko stopnjo zaupanja glede na rezultate analize trendov gladin in pretokov v obdobju 1990–2019 [7].

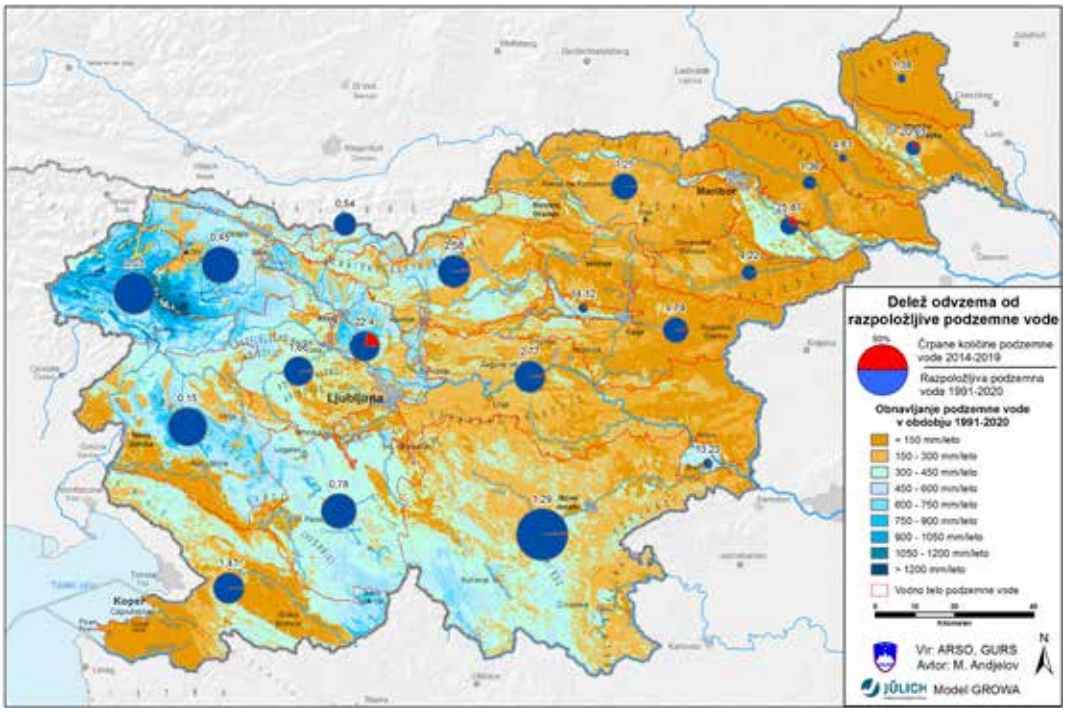


Slika 1: Merilna mesta podzemnih voda z manjšim tveganjem za ohranjanje dobrega količinskega stanja do 2027.

Razpoložljive količine podzemne vode v plitvih vodonosnikih VTPodV za obdobje 1990-2020 znašajo 4.042 milijonov m^3. Odvzemi (črpane količine) v treh vodnih telesih presegajo mejno vrednost 20 %, ki jo uporablja Evropska okoljska agencija kot začetno opozorilo količinskega pritiska na vodne vire. Delež odvzemov pa ne presega 65 %, kar je mejna vrednost količinskega pritiska po evropskem projektu GENESIS. Črpanje vode iz vodonosnikov na območju Slovenije predstavlja 3,3 % skupne razpoložljive količine podzemne vode. Količinsko stanje podzemnih voda plitvih odprtih vodonosnikov je glede na rezultate primerjave odvzemov z razpoložljivo količino podzemne vode v obdobju 1991–2020 ocenjeno kot »dobro« za vseh 21 VTpodV. Količinsko stanje podzemnih voda v globokem vodonosniku vodnega telesa VTPodV 4016 Murska kotlina je opredeljeno kot »dobro« glede na osnovni vodnobilančni kriterij, vendar je stopnja zaupanja ocene srednja, saj državni monitoring stanja podzemnih voda globokih vodonosnikov še ni vzpostavljen.

Preizkus vpliva odvzemov podzemne vode na ekološko stanje površinskih vodnih teles je pokazal, da odvzemi podzemne vode ne povzročajo slabega ekološkega stanja in je ocena po tem preizkusu »dobra« (slika 2). Stopnja zaupanja preizkusa je srednja zaradi nezadostnega poznavanja hidravličnih odnosov med površinskimi in podzemnimi vodami.

Ocena preizkusa vpliva odvzemov podzemne vode na KEOPV ne odkriva znatnega vpliva črpanja podzemne vode na obravnavane KEOPV. Črpane količine ne presegajo mejo 5 %. Ocena količinskega stanja je po tem preizkusu »dobra«.



Slika 2: Razmerja med razpoložljivo količino podzemne vode (1991–2020) in črpanimi količinami podzemne vode (2014–2019).

Preizkus vpliva odvzemov podzemne vode na vdore slabše kakovosti ni pokazal vdora slane vode pri vodonosnem sistemu 50621 Brestovica - Timava. Za VTpodV 3012 Dravska kotlina beležimo preseganje naravnega ozadja vsebnosti nitrata v podzemni vodi in statistično značilen trend naraščanja indikativnih parametrov SEP in nitrata v globljem pliocenskem vodonosniku. Zaradi tega je količinsko stanje VTPodV ocenjeno kot »slabo«. Predvideva se, da je vzrok za nedoseganje pogojev preizkusa, ker črpanje podzemne vode povzroča vdore vode slabše kakovosti v globoki vodonosnik.

Negotovost informacij o rabi termalne vode iz geotermalnih vodonosnikov v Sloveniji se je v zadnjih letih bistveno zmanjšala in na ARSO poročani odvzem termalne vode v letu 2021 je znašal 4.881.740 m^3. Razlika med večjimi poročanimi količinami na GeoZS in podatki ARSO za leto 2021 je še približno 9%, medtem ko je bila v preteklosti večinoma še večja. Od leta 2016 se količina odvzema zmanjšuje tudi zaradi bolj racionalne rabe vode in natančnega nadzora nad odvzemi, ter zaradi izboljšane energetske izrabe vode z namenom doseganja višjega izkoristka toplotne energije. V analizi se upošteva povprečje obdobja 2014–2019 o prostovoljnem

poročanju o rabi termalne vode na GeoZS, ki je znašalo približno 7,06 milijona m^3 za celo Slovenijo. Največji pritiski glede količine odvzema so opazni v Murski in Ptujsko-Grajski formaciji v severovzhodni Sloveniji. Prve simulacije modela vodne bilance naravnega stanja geotermalnega vodonosnika Murske formacije je v letih 2014 – 2019 izvedel Geološki zavod Slovenije in nakazujejo letno napajanje približno 5,6 milijona m^3. Modeli z upoštevanjem stanja do leta 2022 simulirajo bolj omejeno napajanje, ki se kaže kot izcejanje iz okoliških kamnin v geotermalni vodonosnik v višini približno 2,3 milijona m^3 termalne vode. Povprečni odvzemi termalne vode v obdobju 2014–2019 znašajo okoli 2,5 milijona m^3 letno, delovala je le ena reinjekcijska vrtina. Kljub indikacijam o zniževanju piezometrične gladine podzemne vode, ki so bile evidentirane v nekaterih študijah in raziskavah, in glede na trenutne matematične modele [10] ter odziv vodonosnika v času zaprtja številnih term v letu 2020, količinsko stanje podzemne vode v globokem vodonosniku vodnega telesa VTPodV_4016 Murska kotlina glede na osnovni vodnobilančni kriterij opredeljujemo kot »dobro«. Za vzdrževanje dobrega stanja priporočamo, da se vse odvzete količine nad 2 milijona m^3 vrnejo v vodonosnik z reinjekcijo.

5. Sklepi in priporočila

Na podlagi rezultatov izvedenih preizkusov predpisanega postopka ocenjevanja količinskega stanja podzemnih voda v obdobju 2014–2019 ima 20 vodnih teles podzemne vode v Sloveniji »dobro« količinsko stanje s srednjo do visoko stopnjo zaupanja. Izjema je vodno telo podzemne vode VTpodV-3012 Dravska kotlina, kjer je na podlagi preizkusa vpliva odvzemov podzemne vode na vdore slane vode ali vode slabše kakovosti stanje ocenjeno kot »slabo« s srednjo stopnjo zaupanja.

Pomembno je poudariti, da je potrebno izboljšati stanje v vodnem telesu VTpodV-3012 Dravska kotlina, da bi zadostili pogojem za »dobro« količinsko stanje. Za dosego tega cilja bodo potrebni ukrepi za zmanjšanje odvzemov podzemne vode in preprečevanje vdorov vode slabše kakovosti v globlji vodonosnik. Nadaljnje raziskave in spremljanje stanja podzemnih voda v tem vodnem telesu bodo ključni za določitev ustreznih ukrepov, ki bodo privedli, do izboljšanje stanja.

6. Viri

[1] Official Journal of the European Communities 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy. CELEX–EUR Offical Journal L327, 22 December 2000, 1-72.

[2] Uradni list RS, št. 63/2005. Pravilniku o določitvi vodnih teles podzemnih voda.

[3] PRESTOR, J. ,JANŽA, M., URBANC, J. & MEGLIČ, P. 2005. Delineation of groundwater bodies in Slovenia. -Poster, Workshop on Ground-water Bodies in Europe and Adjacent Countries , Berlin.

[4] Uradni list RS,št.65/2003. Pravilnik o metodologiji za določanje vodnih teles podzemnih voda.

[5] ANDJELOV, ANDJELOV, M., GALE, U., KUKAR, N., TRIŠIĆ, N., & UHAN, J. 2006. Groundwater quantitative status assessment in Slovenia . Geologija, 49(2), 383–391.

[6] ANDJELOV, M., FRANTAR, P., MIKULIČ, Z., PAVLIČ, U., SAVIĆ, V., SOUVENT, P., & UHAN, J. 2016. Groundwater quantitative status assessment for River Basin Management Plan 2015-2021 in Slovenia. Geologija, 59(2), 205–219.

[7] ANDJELOV, M., FRANTAR, P., PAVLIČ, U., RMAN, N. AND SOUVENT, P., 2021. Količinsko stanje podzemnih voda v Sloveniji: osnove za NUV 2022-2027. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, 95 str. Dostopno na: https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/hidro/watercycle/text/sl/publications/monographs/Kolicinsko_stanje_podzemnih_voda_v_Sloveniji_OSNOVE_ZA_NUV_2022_2027.pdf [dostop 9. junij 2023]

[8] European Commission 2009. Guidance on grounwater status and trend assessment. WFD CIS Guidance Document No. 18. Technical Report 026 - 2009. 82p.

[9] Uradni list RS, št. 25/2009, 68/2012, 66/2016, 44/22. Uredba o stanju podzemnih voda.

[10] RMAN, N., ADRINEK S., LAPANJE A. 2022. Hidrogeološki matematični model prenosa toplote v globokem geotermalnem telesu podzemne vode severovzhodne Slovenije –– novelacija modela v letu 2022. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana: 54 p.

VPLIV OKOLJSKIH SPREMEMB NA NAPAJANJE IN PRETOČNE VREDNOSTI KRAŠKIH IZVIROV

izr. prof. dr. NATAŠA RAVBAR[1], METKA PETRIČ[1],
izr. prof. dr. GREGOR KOVAČIČ[2]

[1] Inštitut za razsikovanje krasa ZRC SAZU
[2] Fakulteta za humanistične študije, Univerza na Primorskem

POVZETEK

Vodonosniki s kraško poroznostjo so pomembni viri pitne vode. Zaradi posebnosti pretakanja podzemnih voda v krasu so ti vodonosniki še posebej ranljivi na učinke različnih okoljskih sprememb. Na primeru dveh kraških območij, zaledij izvirov Unice in Rižane, smo proučevali vplive podnebnih sprememb in sprememb rastlinskega pokrova na napajanje in pretočne značilnosti izvirov. Delo je temeljilo na analizi podatkov rabe tal in hidrometeoroloških parametrov ter primerjavi ocenjene dejanske dnevne vrednosti efektivnih padavin (P_{ef}) z domnevno oceno teh vrednosti brez upoštevanja sprememb rastlinskega pokrova. Rezultati študije dokazujejo, da lahko sprememba rastja v zaledju kraškega izvira poleg podnebnih sprememb pomembno vpliva na vodno bilanco izvira v krajšem in daljšem časovnem obdobju. V primeru Unice, kjer so velikopovršinske motnje gozdov (žledolom, napad podlubnikov, vetrolom) v obdobju 2014–2018 poškodovale dve tretjini gozdnih površin, so te spremembe zaradi manjšega prestrezanja krošenj in evapotranspiracije vplivale na povečanje P_{ef}. Tako so ublažile učinke, pričakovane iz analize trendov hidrometeoroloških parametrov. V primeru Rižane pa je obdobje zadnjih šestih desetletij zaznamovalo zaraščanje in povečanje gozdnatosti za 30 odstotnih točk, ki je poleg povečane evapotranspiracije povzročilo zmanjšanje P_{ef} in tako pomembno prispevalo k zmanjšanju značilnih pretokov na izviru, predvsem v toplem delu leta, ko je potreba po vodi večja. Zato so rezultati te študije pomembni za razvoj ustrezne politike upravljanja voda in okolja na državnem nivoju.

Ključne besede:

kraški vodonosnik, podnebne spremembe, velikopovršinske motnje, napajanje, pretok.

1. Uvod

Gozdovi obsegajo 45,6 milijonov km^2 zemeljskega površja, od tega ima skoraj 14 % v podlagi karbonatne kamnine. Te pokrivajo okrog 15 % površja, kar pomeni, da je približno ena tretjina kraških območij na svetu pokrita z gozdom [1]. Hitre

spremembe v vegetacijskem pokrovu, ki jih povzročijo velikopovršinske motnje (npr. gozdni požari, vetrolom, žledolom, napadi škodljivcev, suša) in dolgoročne spremembe rabe tal imajo lahko velik vpliv tudi na hidrološke razmere. Še posebej to velja za kraške vodonosnike, ki so zelo ranljivi na okoljske spremembe, predstavljajo pa izjemno pomemben vir za oskrbo s pitno vodo. Dodatno se hidrološko stanje spreminja zaradi podnebnih sprememb (npr. spremembe v količini in razporeditvi padavin, postopne spremembe meteoroloških parametrov, vremenski ekstremi). Z ustreznimi študijami je zato potrebno oceniti vlogo vegetacije v dinamiki napajanja kraških vodonosnikov ter vplive sprememb v rabi tal in podnebnih razmerah na hidrološke procese v krasu.

V predstavljeni raziskavi smo se osredotočili na območje prispevnih zaledij kraških izvirov z dobro poznanimi hidrogeološkimi značilnostmi in že obstoječo obsežno zbirko meteoroloških in hidroloških podatkov z veliko časovno ločljivostjo. Primerjali smo kratkoročne in dolgoročne spremembe v napajanju in praznjenju vodonosnika oz. njegov odziv na spremembe podnebnih in vegetacijskih razmer.

2. Območje proučevanja

Za proučevanje smo izbrali dve kraški območji v jugozahodni Sloveniji (preglednica 1). V zaledju kraških izvirov Unice smo analizirali učinke velikopovršinskih motenj gozdov (žledolom, napad podlubnikov, vetrolom) v obdobju 2014–2018 na pretoke izvirov. Podnebne spremembe in spremembe rabe tal v zaledju kraškega izvira Rižane v obdobju zadnji šestdesetih let pa so omogočile spremljanje dolgotrajnih učinkov.

Preglednica 1 Pregled glavnih značilnosti obeh območij proučevanja

	Izviri Unice	**Izvir Rižane**
Velikost zaledja (km^2)	> 800	~250
Razpon nadmorskih višin v zaledju (m n.m.)	450-1800	70-1100
Razpon pretokov (m^3/s)	1-90	0,07-63
Srednji pretok (m^3/s)	21	3,5
Srednje letne padavine (mm)	1505	1484
Srednja letna evapotranspiracija (mm)	738	892
Srednji letni odtok (mm)	767	592
Srednji letni odtočni koeficient	0,51	0,40

Izviri na obrobju Planinskega polja, največja sta Unica in Malenščica, se stekajo v reko Unico. Njihovo zaledje vključuje tri območja: kraški planoti Javornikov in Snežnika, dolina reke Pivke in kraška polja Notranjske. V prvem prevladujejo podzemno pretakanje v zakraselih apnencih, ki jih pokriva tanka plast rendzine ali rjavih pokarbonatnih tal. Podobne razmere so v zgornjem delu doline Pivke, kjer se ob visokih vodah pojavljajo občasni kraški izviri in presihajoča jezera. V spodnjem delu pa Pivka teče po zelo slabo prepustnem eocenskem flišu, ki ga večinoma pokrivajo evtrična rjava tla, in ponika v Postojnsko jamo. Na območju kraških polj prevladujejo triasni dolomiti s prehodi v jurske dolomite in apnence, dna polj

pa pokrivajo aluvialni sedimenti Tudi tukaj so prevladujoči tip tal evtrična rjava tla. Kraška polja si sledijo dolvodno z nižanjem nadmorske višine in so povezana v hidrološki sistem s prehodi med površinskimi in podzemnimi vodnimi tokovi. Zaledje pripada zmernemu celinskemu podnebju, večinoma pa ga pokriva gozd tipa *Abieti-Fagetum dinaricum*. Nekoliko večji obseg naselij in obdelovalnih površin je na dnu kraških polj in v dolini Pivke.

Zaledje Rižane gradijo večinoma zakraseli apnenci s tanko plastjo rendzine. Prevladuje gozd tipa *Orno-Quercetum petraeae-pubescentis*. Kraški vodonosnik napajajo tudi ponikalnice z južnega obrobja Brkinov, kjer prevladujejo distrična rjava tla. Območje pripada zmernemu mediteranskemu podnebju.

3. Metode proučevanja

3.1 Uporabljeni podatki

Meteorološke in hidrološke podatke smo pridobili na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje [2,3]. Za analizo v zaledju Unice smo uporabili podatke o mesečnih in letnih padavinah in evapotranspiraciji (ETP) za meteorološko postajo Postojna in podatke o mesečnih in letnih pretokih za hidrološko postajo Unica Hasberg za obdobje 57 let (1962–2018), za analizo v zaledju Rižane pa podatke o mesečnih in letnih padavinah za padavinsko postajo Podgrad in podatke o mesečnih in letnih pretokih za hidrološko postajo Rižana Kubed II za obdobje 54 let (1965–2018). Mesečna in letna ETP za postajo Podgrad je bila izračunana kot srednja vrednost glede na podatke z meteoroloških postaj Postojna in Letališče Portorož. Za oceno efektivnih padavin (P_{ef}) v zaledjih izvirov Rižane in Unice v obdobju 2014–2018 smo uporabili dnevne podatke o padavinah, debelini snežne odeje, temperaturi zraka, povprečni hitrosti vetra, relativni vlažnosti in osončenosti z meteoroloških postaj Postojna, Letališče Portorož in Kozina.

Podatki o vegetacijskem pokrovu so bili pridobljeni iz digitalnih ortofoto posnetkov iz leta 1957 in najnovejše državne zbirke podatkov o rabi zemljišč iz let 2013 in 2018 [4]. Podatke o lesni zalogi za obdobje 2014–2018 je posredoval Zavod za gozdove Slovenije (neobjavljeni podatki), podatke o značilnostih tal pa smo pridobili iz pedoloških kart [5].

3.2 Obdelava podatkov

Značilni trendi sprememb v meteoroloških in hidroloških spremenljivkah so bili določeni z neparametrično Mann-Kendallovo metodo [6]. Za ocenjevanje naklona smo uporabili neparametrični Senov naklon (Theil-Senova cenilka) [7]. Rezultate analize trendov smo ovrednotili kot statistično značilne pri $p>0,1$.

V zaledju izvirov Unice smo podrobno obdelali velikopovršinske motnje gozda (žledolom, napad podlubnikov, vetrolom) v letih 2014–2018. Najprej smo uporabili državno zbirko podatkov o rabi zemljišč za leti 2013 in 2018. Ker pa je ta analiza pokazala le majhne razlike, smo dodatne informacije pridobili iz letnih podatkov

o lesni zalogi, ki jih zbira Zavod za gozdove Slovenije. Vsak gozdni odsek z večjo spremembo lesne zaloge smo obravnavali kot poškodovano ali izgubljeno gozdno površino. Na ta način smo ocenili letno zmanjšanje gostote gozdov v opazovanem obdobju in ga upoštevali pri oceni deleža gozda v zaledju.

V zaledju izvira Rižane smo različne kategorije pokrovnosti rabe tal določili iz digitalnih ortofoto posnetkov iz leta 1957 in jih primerjali z državno zbirko podatkov o rabi zemljišč za leto 2018 [4].

Spremembe vegetacije so bile določene s pomočjo programske opreme ArcGIS 10.7.1 (Esri, GDi GISDATA, Ljubljana, Slovenija). Na osnovi pridobljenih informacij smo za obe študijski območji določili območja z gozdom in brez njega.

Za oceno vpliva sprememb v vegetacijskem pokrovu na efektivne padavine smo zaradi velikega obsega območij, zapletene hidrogeološke zgradbe in omejene dostopnosti podatkov uporabili poenostavljeno metodo bilance vode v tleh, ki smo jo v prejšnjih študijah uporabili pri proučevanju zaledja izvirov Vipave s podobnimi podnebnimi, hidrogeološkimi in vegetacijskimi značilnostmi. Podrobno je metoda predstavljena v objavljenem članku o raziskavi, ki jo predstavljamo v tem zborniku [8]. Efektivne padavine P_{ef} predstavljajo količino padavin, ki dejansko napaja kraški vodonosnik. Pri oceni P_{ef} so poleg merjenih padavin upoštevani še delež prestreženih padavin na vegetacijskem pokrovu, dejanska evapotranspiracija, taljenje snega in zadrževanje vode v tleh. Izračunali smo jih kot povprečno vrednost za celotno zaledje v dnevnih intervalih.

Model bilance vode v tleh, s katerim smo računali povprečne dnevne vrednosti P_{ef} za celotno zaledje, je bil oblikovan v programu Microsoft Excel. Najprej smo ga uporabili za oceno vpliva velikopovršinskih motenj gozda na efektivne padavine v zaledju izvirov Unice. Za obdobje 2014-2018 je bil umerjen na podlagi dejanskih meteoroloških, hidroloških in vegetacijskih podatkov, kjer je bilo upoštevano postopno zmanjševanje deleža gozda zaradi velikopovršinskih motenj. Nato smo ga uporabili še ob predpostavki, da do teh motenj ni prišlo. V zaledju izvira Rižane smo z modelom ocenili učinke naravnega zaraščanja površja na efektivne padavine. Za obdobje 2014-2018 je bil umerjen na podlagi dejanskih podatkov, potem pa še ob predpostavki, da do naravnega zaraščanja ni prišlo in bi delež gozda ostal enak kot leta 1957. V obeh primerih smo to hipotetično vrednost efektivnih padavin v izbranem časovnem intervalu primerjali z dejansko.

4. Rezultati in razprava

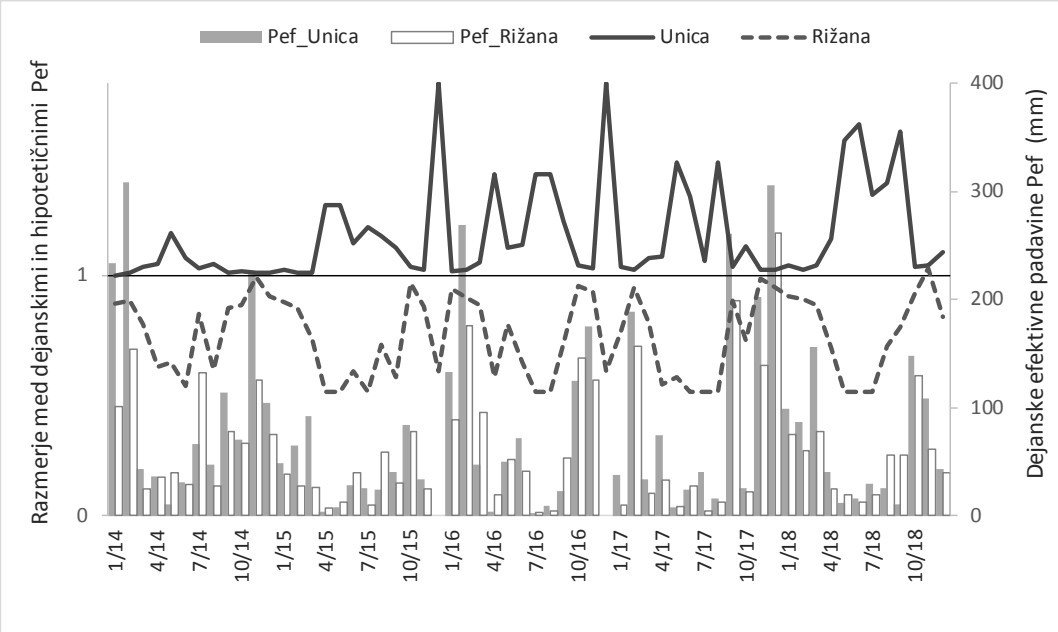
Statistično značilne dolgoročne spremembe vrednosti elementov vodne bilance (padavine in ETP) v obdobju 1962–2018 se odražajo v zmanjšanem pretoku Unice (preglednica 1). V celotnem obdobje je srednji pretok upadel s 23,86 na 19,30 m^3/s ali za 20,8 % po Senovi linearni regresijski funkciji. Ti rezultati so v skladu s statistično značilnim povečanjem letne ETP s 624,1 mm leta 1962 na 780,4 mm leta 2018 ali za 22,3 %. S funkcijo trenda smo določili tudi 10,4 % padec letne količine padavin s 1642,2 na 1483,1 mm v opazovanem obdobju.

Preglednica 2 Vrednost Theil-Senove cenilke za izbrane meteorološke in hidrološke parametre z označeno statistično značilnostjo (enota za P in ETP so mm, za Q pa m^3/s)

	Postojna P	Postojna ETP	Unica (Q_{sr})	Unica (Q_{min})	Unica (Q_{max})	Podgrad P	Podgrad ETP	Rižana (Q_{sr})	Rižana (Q_{min})	Rižana (Q_{max})
Leto	-2,841"	2,790**	-0,082	-0,017"	0,011	-3,960	3,512**	-0,038**	-0,003**	-0,275"
Jan	-0,285	0,096*	0,093	-0,024	0,163	-0,370	0,123**	-0,018	-0,005	-0,119
Feb	0,586	0,111"	0,035	0,010	0,137	0,282	0,123"	-0,013	-0,012#	-0,017
Mar	-0,522	0,304**	-0,040	-0,019	-0,002	-0,419	0,260*	-0,013	-0,009	-0,097
Apr	-0,942	0,331**	-0,192	-0,218*	-0,142	-0,857#	0,277**	-0,057*	-0,012"	-0,347*
Maj	-0,471	0,509**	-0,212*	-0,140**	-0,309#	-0,181	0,419*	-0,037"	-0,014**	-0,140
Jun	-0,431	0,427**	-0,214*	-0,137**	-0,308#	-0,373	0,512**	-0,034"	-0,010**	-0,156"
Jul	-0,698	0,468**	-0,127**	-0,049**	-0,268*	-0,477	0,585**	-0,011*	-0,005**	-0,027
Avg	-0,914	0,467**	-0,078*	-0,029*	-0,189"	-0,879	0,601**	-0,012*	-0,003**	-0,048"
Sep	0,296	0,055	-0,093	-0,031"	-0,133	0,105	0,260"	-0,028"	-0,005**	-0,177#
Okt	0,825	-0,008	0,016	-0,017	0,224	0,787	0,184	-0,004	-0,004#	0,012
Nov	-0,549	0,031	0,030	0,029	-0,016	-0,868	0,115#	-0,035	-0,001	-0,241#
Dec	-0,036	0,071*	0,022	-0,038	-0,062	0,070	0,137*	-0,036	-0,005	-0,294#

$p < 0.1$ (#); $p < 0.05$ ("); $p < 0.01$ (*); $p < 0.001$ (**)

V obdobju 2014–2018 se je v zaledju izvirov Unice zaradi velikopovršinskih motenj zaloga lesne mase zmanjšala za 16.8 %. Na tej osnovi smo ocenili, da se je delež gozda zmanjšal s 77,1 % na 64,2 % in postopno zmanjševanje upoštevali v postavljenem modelu bilance vode v tleh, ki smo ga umerili z upoštevanjem izmerjenega srednega pretoka na postaji Unica Hasberg v tem obdobju (21,24 m^3/s). Na ta način so bile ocenjene skupne efektivne padavine za obdobje 2014–2018 na 4875 mm (letno povprečje 975 mm). Ob predpostavki, da do velikopovršinskih motenj ne bi prišlo in bi delež gozda ostal na 77,1 %, bi bila skupna vrednost efektivnih padavin v celotnem obdobju le 4643 mm (letno povprečje 929 mm). Z upoštevanjem obsega zaledja to pomeni za 1 m^3/s večji srednji pretok Unice zaradi velikopovršinskih motenj. Primerjava mesečnih vrednosti P_{ef}, izračunanih z obema modeloma (slika 1), je pokazala, da se razmerje giblje med 1 in 1,6 in je odvisno od količine padavin in letnega časa. Po pričakovanjih je v sušnih obdobjih z aktivno vegetacijo povišanje efektivnih padavin zaradi velikopovršinskih motenj značilno večje.



Slika 1 Razmerje med dejanskimi in hipotetičnimi mesečnimi vrednostmi efektivnih padavin, izračunanih s postavljenim modelom ob upoštevanju sprememb v deležu gozda

Za 5-letno obdobje 2014–2018 smo v primerjavi z obdobjem 1962–2013 izračunali povečanje letne količine padavin za 2,7 % in letne ETP za 14,8 % ter zmanjšanje letnega odtoka za 6,9 %. To zmanjšanje se bi moralo odraziti z znatnim zmanjšanjem srednjega pretoka Unice, a se je v obdobju 2014–2018 njen srednji pretok v primerjavi z obdobjem 1962–2013 zmanjšal le za 0,4 %. Dobljeni rezultati podpirajo domnevo, da je zmanjšanje deleža gozda zaradi velikopovršinskih motenj povzročilo višje deleže efektivnih padavin in relativno povečanje pretoka Unice.

V primeru zaledja izvira Rižane je analiza dolgoročnega trenda v obdobju 1965–2018 potrdila statistično značilen trend naraščanja letne ETP za 35 mm na desetletje, medtem ko padajoči trend letnih padavin (39 mm na desetletje) ni statistično značilen (preglednica 1). Dolgoročne spremembe vrednosti padavin in ETP se odražajo v zmanjšanih pretokih Rižane, za katere je statistično značilen padajoči trend srednjega letnega pretoka 380 L/s na desetletje. Trenda padanja absolutnega minimalnega letnega pretoka (30 L/s na desetletje) in največjega letnega pretoka (2,75 m^3/s na desetletje) sta statistično značilna. Ker je Rižana izjemno pomemben vir za oskrbo s pitno vodo, so še posebej zaskrbljujoči negativni trendi srednjih in minimalnih pretokov v mesecih od aprila do septembra, ko je tudi poraba zaradi razvitega turizma največja.

Vendar pa občutnega zmanjšanja srednjega pretoka Rižane s 4,75 na 2,74 m^3/s v obdobju 1965–2018 ni možno pojasniti samo s podnebnimi razmerami. Možen razlog je velika sprememba v vegetacijskem pokrovu, saj je v zaledju izvira Rižane trenutno pokritih več kot 2/3 celotne površine z gozdom. Še pred približno 60

leti je bil ta delež malo nad 1/3. Za ovrednotenje vpliva zaraščanja na napajanje kraškega vodonosnika smo uporabili opisani model bilance vode v tleh. V prvi fazi je bil upoštevan dejanski delež gozda 67,6 %, model pa je bil umerjen na srednji pretok Rižane 4,12 m^3/s v obdobju 2014–2018. Skupne efektivne padavine v tem obdobju so bile ocenjeno na 3579 mm (letno povprečje 716 mm). Ob predpostavki, da do naravnega zaraščanja ne bi prišlo in bi delež gozda ostal enak kot leta 1957 (37,4 %), bi se ta količina povečala za 20 % na 4293 mm (letno povprečje 857 mm). Primerjava mesečnih vrednosti P_{ef}, izračunanih z obema modeloma (slika 1), kaže, da se razmerje v odvisnosti od količine padavin in letnega časa giblje med 0,5 in 1. Statistično značilno zmanjšanje srednjega letnega pretoka Rižane v obdobju 1965–2018 je torej rezultat medsebojnih vplivov dolgoročnih sprememb podnebja in vegetacije.

5. Zaključki

Raziskava je pokazala, da imajo poleg podnebnih sprememb tudi spremembe v vegetacijskem pokrovu znotraj zaledij kraških izvirov pomemben vpliv na pretoke v krajših in daljših obdobjih. Pri študiju vpliva velikopovršinskih motenj v krajšem obdobju 2014–2018 je bilo ugotovljeno povečanje efektivnih padavin za 5 % (manjša evapotranspiracija in delež prestreženih padavin) in relativno povišanje pretoka Unice. Vplivi velikopovršinskih motenj, ki so zmanjšale delež gozda v zaledju, so tako ublažili vplive, ki jih je pokazala analiza trendov hidrometeoroloških parametrov.

V primeru zaledja izvira Rižane so spremembe podnebja in rabe tal v zadnjih šestih desetletjih omogočile analizo njihovih dolgoročnih učinkov. Zaradi intenzivnega zaraščanja je srednji pretok Rižane manjši za 0,83 m^3/s. Še večji je ta vpliv v poletnih mesecih od junija do avgusta, ko so zaradi zaraščanja efektivne padavine manjše kar za 49 % in predstavlja pomanjkanje vode v izviru Rižane kot glavnem vodnem viru za oskrbo slovenske Istre zelo velik problem.

Uporabljene metode so se pokazale kot primerne za vzporedno obravnavo različnih okoljskih sprememb na napajanje in pretočne vrednosti kraških vodnih virov. Rezultati študije izbranih primerov pa so pomembni za razvoj ustrezne politike upravljanja voda in okolja na državnem nivoju.

6. Viri

[1] VILHAR, U., KERMAVNAR, J., KOZAMERNIK, E., PETRIČ, M. AND RAVBAR, N., 2022. The effects of large-scale forest disturbances on hydrology: an overview with special emphasis on karst aquifer systems. *Earth-science reviews*, 235, 1-21. Doi: 10.1016/j.earscirev.2022.104243

[2] ARSO (2019). *Arhiv hidroloških podatkov* [online]. Ljubljana, Agencija RS za okolje. Dostopno na: http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/ [dostop 15. december 2019].

[3] ARSO (2020). *Arhiv meteoroloških podatkov* [online]. Ljubljana, Agencija RS za okolje. Dostopno na: http://www.meteo.si [dostop 1. april 2020].

[4] MKGP (2019). *Evidenca dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč* [online]. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Dostopno na: https://rkg.gov.si/vstop/ [dostop 19. december 2019].

[5] MKGP (2020). *Pedološka karta* [online]. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Dostopno na: https://rkg.gov.si/vstop/ [dostop 16. april 202].

[6] KENDALL, M.G. AND GIBBONS, J.D., 1990. Rank Correlation Methods. 4th ed. London: Edward Arnold.

[7] SEN, P.K., 1968. *Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau*. Journal of the American Statistical Association, 63, 1379-1389.

[8] KOVAČIČ, G., PETRIČ, M. AND RAVBAR, N., 2020. Evaluation and Quantification of the Effects of Climate and Vegetation Cover Change on Karst Water Sources: Case Studies of Two Springs in South-Western Slovenia. Water, 11, 3087.

SUSPENDIRANE SNOVI V REKAH KOT HIDROMORFOLOŠKI ELEMENT POREČJA

mag. FLORJANA ULAGA

Agencija RS za okolje

POVZETEK

Med dejavniki, ki vplivajo na učinke delovanja voda, je rečni transport sedimentov. Premeščanje sedimentov spreminja pokrajino, vpliva na oblikovanje življenjskih pogojev ter ob poplavah na kmetijska zemljišča prenaša morebitna onesnaževala. Sediment se po reki premešča po rečnem dnu in v suspendirani obliki v vodi. Skladno z Vodno direktivo (WFD) je obvezujoče zagotavljati ustrezne življenjske razmere za vodne organizme in izvajati ustrezne ukrepe za ohranjanje ali doseganje dobrega ekološkega stanja površinskih in podzemnih voda. Za izvajanje ustreznih ukrepov je nujno dobro poznavanje okolja, kar zagotovimo s spremljanjem, analiziranjem in ocenjevanjem stanja elementov okolja, med katere sodi tudi rečni transport sedimentov.

V prispevku je predstavljen monitoring suspendiranih snovi v slovenskih rekah, spremembe v zadnjih letih ter izzivi pri presojanju stanja okolja.

Ključne besede:

hidromorfologija, rečni sediment, suspendirane snovi, ekološko stanje voda

1. Uvod

Rečni sediment pogojuje življenjske razmere za različne habitate. Spremembe v količinskem in kakovostnem stanju sedimentov lahko bistveno spremenijo življenjske razmere, s čimer pa se spremenijo tudi življenjske združbe v vodnem okolju. Motnost vode odseva količino suspendiranih snovi v vodi. Povzročajo jo plankton, usedline zaradi erozije, rečni sedimenti, alge, odtok z urbanih območij in drugo (Ulaga, 2021). Ob močno povečani motnosti zaradi močno povečane vsebnosti suspendiranih snovi v vodi se bistveno zmanjša prehod svetlobe v globino, kar oteži pogoje za življenje vodnih organizmov. Stopnja motnosti vode, kot pokazatelj vsebnosti suspendiranih snovi v vodi, je dober odraz ekološkega stanja površinskih voda in s tem pogojev za ohranjanje ekosistema.

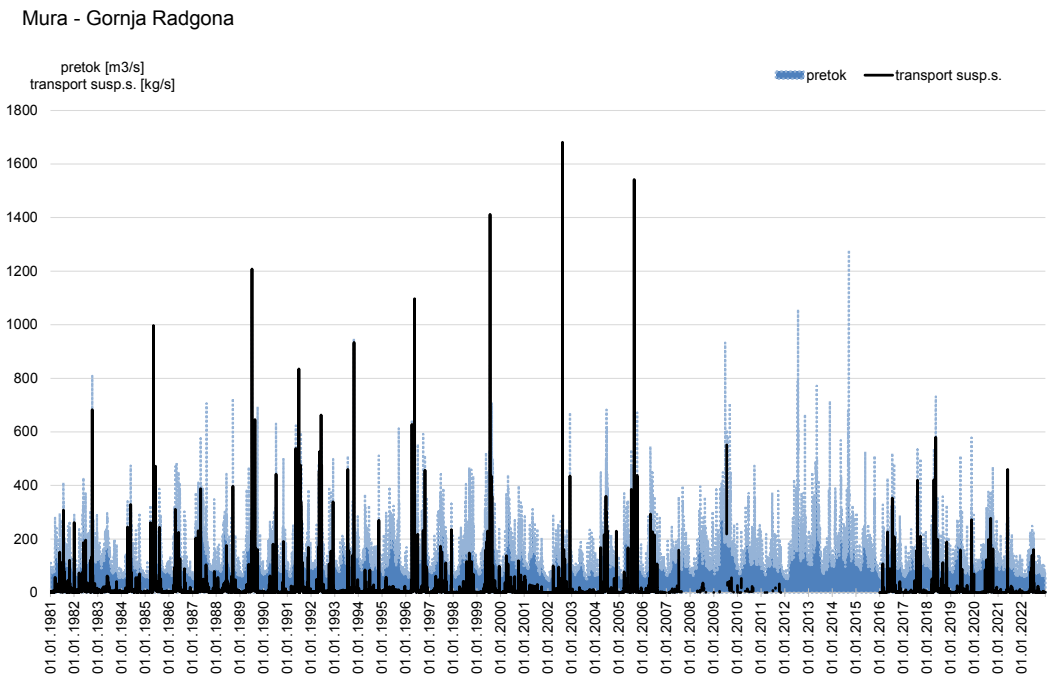
2. Transport suspendiranih snovi

Premeščanje sedimentov je naravni proces, del geomorfološkega dogajanja reke, ki spreminja pokrajino. Ob povečani količini sedimentov v reki se življenjske razmere za vodne organizme spremenijo, kar je lahko ob določenih razmerah za nekatere živalske vrste tudi usodno. Ob nenadni in prekomerni povečani količini vode in vsebnosti sedimentov, na primer ob poplavah, se sedimenti iz rečne struge nalagajo na poplavni ravnici. Ekosistemi so se na tak naravni proces prilagodili, v preteklosti pa je s tem pojavom znala sobivati tudi človeška družba.

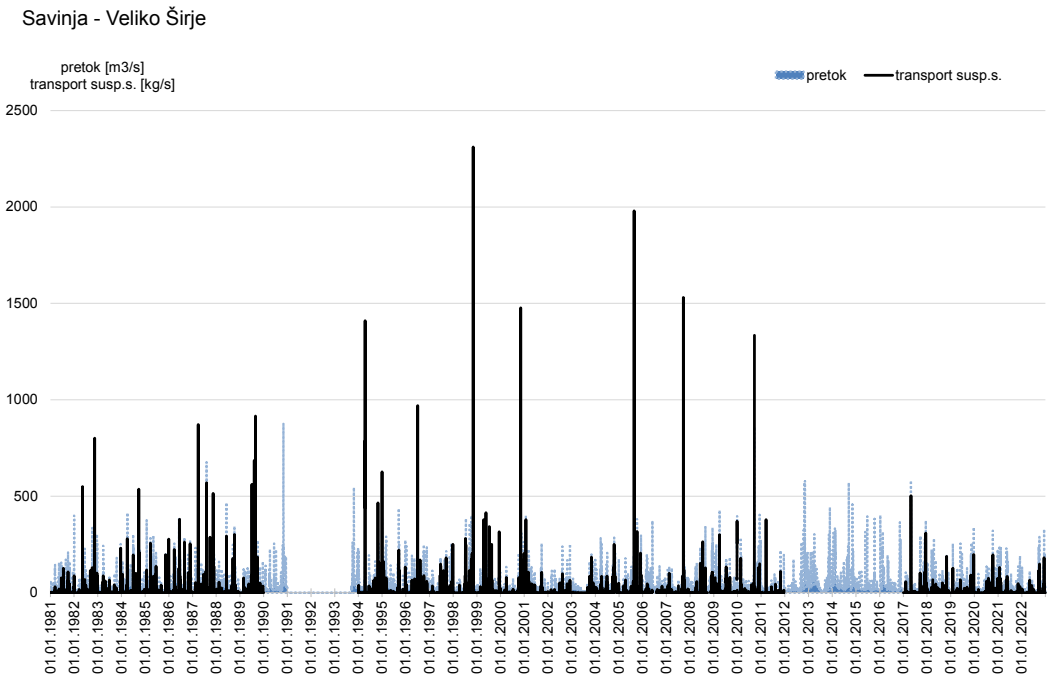
Monitoring vsebnosti suspendiranih snovi v reki, ki predstavlja le del rečnih sedimentov, je namenjen izračunu skupne količine snovi suspendiranih snovi, ki se premesti prek izbranega mesta v vodotoku v določeni časovni enoti. Količino suspendiranih snovi izrazimo v mg/l. Dinamiki gibanja plavin v vodi sledimo z merjenjem vsebnosti suspendiranih snovi, iz katere izračunamo transport suspendiranih snovi kot produkt s pretokom vode, izražen pa je v kg/s. Največ suspendiranih snovi se v rekah premesti ob visokih vodah. Meritve vsebnosti suspendiranih snovi so namenjene izračunu skupne količine suspendirane snovi v vodi, ki se premesti prek izbranega prereza vodotoka v določenem času. Največja količina prenesenih suspendiranih snovi v reki je lahko izraz izrednega pretoka ali izredno povečane vsebnosti suspendiranih snovi. Ugotavljanje količin suspendiranih snovi v vodi je kompleksno. Upoštevati je treba, v katerem delu porečja so bile padavine, kakšna je geološka sestava tal na tem območju, predhodno namočenost zemljišča in tudi čas od zadnjega visokovodnega vala. Rezultati dinamike transporta rečnega materiala so zapolnjevanje akumulacijskih bazenov, zablatenje rečnega dna, otežen naravni ciklus kroženja vode zaradi slabšega dreniranja v vodonosnike in prenos onesnaževal po reki. Onesnaževala, ki so se v preteklosti nabirala v sedimentih, se pod določenimi pogoji lahko sprostijo in premestijo ter onesnažijo vodno okolje. Premestijo se lahko zaradi naravnih procesov mešanja sedimentov ali pa kot posledica antropogenih dejavnosti, kot so poglabljanje rečnega dna in rečni promet.

Izredni hidrološki dogodki, zlasti visokovodno stanje in poplave, povečujejo vsebnost onesnaževal, vezanih na delce in organske snovi, ki se sproščajo v zgornjem in srednjem delu porečja ter odlagajo dolvodno, v spodnjem delu porečja (Milačić, 2017).

Dosedanje analize (Arhiv, 2023) podatkov vsebnosti suspendiranih snovi v vodi so pokazale, da se približno tri četrtine celotnega materiala po rekah premestijo ob visokovodnih dogodkih. Vendar pa ob vsakem visokovodnem valu ni nujno enako močno povečana tudi vsebnost suspendiranih snovi, saj je dinamika odvisna od celotnega hidrološkega dogajanja v reki, predhodnega hidrološkega stanja, intenzivnosti padavin v zaledju in številnih drugih dejavnikov.

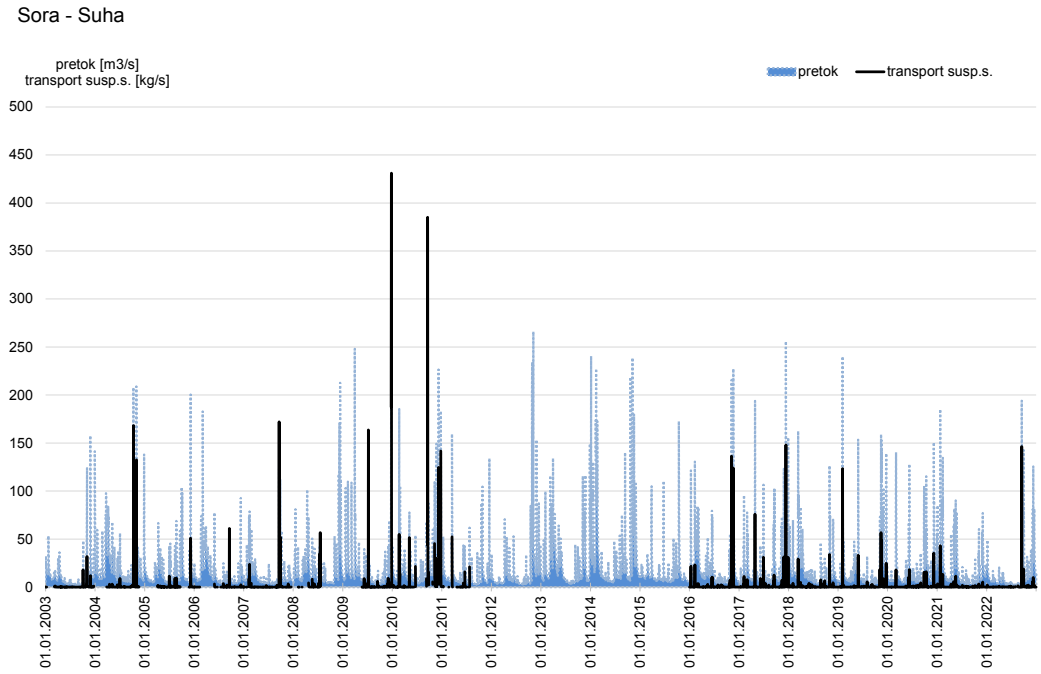


Slika 1 Dnevne vrednosti pretoka in transporta suspendiranih snovi v Muri (vir: Arhiv ARSO)



Slika 2 Dnevne vrednosti pretoka in transporta suspendiranih snovi v Savinji (vir: Arhiv ARSO)

Meritve suspendiranih snovi na Muri in Savinji, ki imata veliki prispevni površini, so se s prekinitvami izvajale med leti 1981 in 2022 (sliki 1 in 2). Izvajanje meritev na Sori je s prekinitvami zanesljivo med leti 2003 in 2022 (slika 3). Veliko transportno moč imajo tudi reke Drava, Sava, Vipava in Soča. V zadnjih letih ugotavljamo spremembe v količini in zlasti v pogostosti izrednega povečanja vsebnosti suspendiranih snovi v rekah, ki prenašajo večje količine suspendiranih snovi. Reke izkazujejo zmanjšanj transport suspendiranih sedimentov. Med tremi prikazanimi rekami je to najbolj izrazito na Muri.



Slika 3 Dnevne vrednosti pretoka in transporta suspendiranih snovi v Sori (vir: Arhiv ARSO)

3. Suspendirane snovi in hidromorfološko stanje vodotokov

Vrednotenje ekološkega stanja voda v skladu z Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES) pomeni ugotavljanje spremenjenosti strukture in funkcije ekosistema v primerjavi z naravnimi – referenčnimi razmerami. Glede na ekološko stanje se ekosistem oziroma vodno telo razvrsti v enega od petih razredov kakovosti ekološkega stanja. Elementi kakovosti, na podlagi katerih vrednotimo ekološko stanje, so biološki, fizikalno-kemijski in hidromorfološki. Spremljanje hidromorfoloških razmer je ena od bistvenih komponent za poznavanje stopnje obremenitev vodotokov in spremenjenosti vodnih teles. Ocena hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev je eno izmed izhodišč obnovitvenih del na vodotokih. Ocenjevanje spremenjenosti hidromorfoloških lastnosti površinskih voda pomeni zlasti vpliv delovanja družbenogeografskih pritiskov na porečje oziroma na vodno telo, kar

bistveno pripomore k prepoznavanju v večji meri spremenjenih rečnih odsekov in celovitejšemu vrednotenju ekološkega stanja.

Ugotavljanje kontinuitete – zveznosti toka vodnega telesa se izvaja z evidentiranjem vseh objektov, ki zveznost preprečujejo in njihovih učinkih na ekološko stanje voda. To so zlasti vodni objekti, kot so pragovi, drče, jezovi in pregrade, ki so zgrajeni za potrebe hidroenergetske rabe, varstva pred visokimi vodami, stabilizacije struge, namakanja in drugih vrst rabe vode. Vodni objekti spreminjajo količino in dinamiko vodnega toka, povezavo s podzemno vodo in režim gladine podzemne vode, zadrževalni čas, spremenjen je transport plavin in plavja, čez neprehodne objekte je onemogočena migracija vodnih organizmov, rečni sistem se spremeni v jezerskega, taka sprememba tudi močno vpliva na fizikalno-kemijske parametre (temperatura, vsebnost kisika), kar lahko spremeni strukturo združb vodnih organizmov in obvodnih habitatov. Zveznost toka za prehod vodnih organizmov in sedimentov se ugotavlja tudi na območju naravnih struktur v strugi (slap, brzica, lehnjakov prag …). Poznavanje količinskega stanja transportiranih suspendiranih snovi v vodi in poznavanje motnosti rek pa oceno ekološkega stanja voda še dodatno nadgradi.

Rečni sediment pogojuje življenjske razmere za različne habitate. Vrsta sprememb v količinskem in kakovostnem stanju sedimentov lahko bistveno spremeni življenjske pogoje, s čimer se spremenijo tudi življenjske združbe v vodnem okolju. Ob močno povečani motnosti zaradi močno povečane vsebnosti suspendiranih snovi v vodi se bistveno zmanjša prehod svetlobe v globino. S tem so tudi oteženi pogoji za fotosintetsko aktivnost fitoplanktona in makrofitov. Ti so vir hrane za mnoge nevretenčarje, zlasti ribe. Posledično dolgotrajna povečana motnost vode lahko privede do upada ribje populacije. Kadar je povečana motnost v večji meri posledica organskih delcev, se lahko pojavi tudi pomanjkanje kisika v vodi.

Presežek hranil v vodi spodbudi proces mikrobne razgradnje, ki zahteva večjo porabo kisika. Presežek hranil povzroča tudi večjo rast alg. Alge porabljajo dragocene zaloge raztopljenega kisika, ki ga potrebujejo ribe. Večji razrast alg tako lahko privede do upada ribje populacije. Ob kopičenju onesnaževal, ki se lepijo na suspendirane delce v vodi, so lahko poškodovana tudi ribja jajčeca, kar prav tako privede do upada ribje populacije.

Onesnaževalci, ki so se v preteklosti nalagali v sedimentih v reki in na obrečnem prostoru, se v določenih razmerah lahko sprostijo in premestijo zaradi naravnih procesov ali kot posledica antropogenih dejavnosti ter onesnažijo vodno okolje. Onesnaževalci, ki so tako vezani na sedimente, potujejo po reki navzdol in poslabšujejo stanje okolja tudi dolvodno od mesta odlaganja škodljivih snovi (Ulaga, 2019).

4. Zaključki

Zagotavljanje morfoloških razmer reke, ki omogočajo prehodnost sedimentov, je ključnega pomena za življenjske razmere vodnih organizmov. Onemogočena prehodnost sedimentov, neobičajno povečanje ali pomanjkanje sedimentov v reki, kopičenje sedimentov pred pregrado in erozija pod njo, lahko bistveno spremenijo

življenjske pogoje v reki. Prav tako na spremembo življenjskih pogojev v reki vplivajo ugotovljeno zmanjševanje letnega transporta suspendiranih snovi v rekah. Vzroke za spremembe je treba poiskati v celoviti presoji erozijskega, morfološkega in hidrološkega dogajanja v celotnem porečju, kot tudi med posegi v strugi reke. Kljub dejstvu, da je omogočena prehodnost sedimentov po rečnem toku del dobrega ekološkega stanja reke, pa je bistvenega pomena za ohranjanje ravnovesja prav zveznost prehodnosti tako za vodni tok, kot tudi za suspendirane snovi v vodi. Izrazito in nenadno povečanje vsebnosti suspendiranih snovi, kadar pretok vode ni povečan, pomeni silovito spremembo življenjskih razmer, na katero se vodni organizmi ne morejo prilagoditi in je zanje lahko tudi usodna.

5. Viri

[1] Arhiv hidroloških podatkov, 2023. Agencija Republike Slovenije za okolje.

[2] Milačić, R., Zuliani, T., Vidmer, J., Oprčkal, P., Pavec, G., Ščančar, J., 2017. Elementi v vodi in sedimentih med visokim in nizkim vodostajem reke Save. Drugi slovenski kongres o vodah. Podčetrtek.

[3] Ulaga, F., 2019. Motnost slovenskih rek leta 2018. Ujma 33, 112–118.

[4] Ulaga, F., 2021. Prenos suspendiranih snovi v slovenskih rekah v obdobju 2017–2020. Ujma 34–35, 270–274.

[5] WFD – Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepanje Skupnosti na področju politike do voda, Direktiva 2000/60/ES (OJ L 327, 22. 12. 2000)

MOŽNOSTI PREDELAVE SEDIMENTOV REKE DRAVE

MOJCA BOŽIČ[1], dr. BOŠTJAN GREGORC[1], prof. dr. MITJA KOLAR[2], KARMEN FIFER BIZJAK[3], VILMA DUCMAN[3]

[1]Dravske elektrarne Maribor
[2]Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerza v Ljubljani
[3]Zavod za gradbeništvo Slovenije

POVZETEK

Podjetje Dravske elektrarne Maribor (DEM) je partner v konzorciju ARRS L7-2629 projekta Ready4Use. Ob podpori Zavoda za gradbeništvo in Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani so v zadnjih treh letih izvedli številne laboratorijske preizkuse možnosti predelave (remediacije) rečnega sedimenta, in njegove uporabe v gradbeništvu.

S tehnološkimi postopki se osušene rečne sedimente lahko predela v opeke, geopolimere, gradbene kompozite za izgradnjo nasipov in v druge materiale. Procesi sedimente remediacije se še laboratorijsko preizkušajo, medtem ko so opečni izdelki iz mešanice sedimentov in gline že razviti do sedme stopnje tehnološke zrelosti (TRL7), sedimentni kompoziti za izgradnjo nasipov pa do TRL 8.

Prototipni opečni izdelek ob dodatku rečnega sedimenta je že preverjen v operativnem okolju, sedimentni kompozit (SedKomp1 in SedKomp2) pa je prototipno preverjen in registriran za uporabo s podeljenim Slovenskim tehničnim soglasjem STS-22/0009.

Ključne besede:

sediment, reka Drava, remediacija, opeke

1. Uvod

Družbeno-ekonomski razvoj hidroelektrarn se danes in v prihodnosti kritično opira na razvoj infrastrukture in upravljanja. Na primer, če so dobro načrtovani, hidroenergetski objekti in jezovi zagotavljajo obnovljive vire električne energije, oskrbo z vodo in namakalne zmogljivosti. Brez skrbnega načrtovanja, vključno z upravljanjem sedimentov povodij, pa so storitve, ki jih zagotavljajo hidroelektrarne in jezovi, ogrožene [1]. Sedimentacija zmanjšuje proizvodnjo elektrike, sposobnost skladiščenja vode ter zmogljivost praznjenja. Če se sedimenti ne bodo kontinuirno odstranjevali, bo nenehno kopičenje sedimentov postopoma izpodrinilo prostornino v rezervoarjih, kar bo vodilo do onemogočanja shranjevanja vode. Izguba in poslabšanje vodne infrastrukture bo prihodnjim generacijam prineslo znatne finančne obremenitve, hkrati pa novih nadomestnih mest za izgradnjo novih jezov

ni na voljo. Najprimernejša mesta jezov so že izkoriščena in delno izgubljajo svojo skladiščno zmogljivost. Odstranjevanje in skladiščenje velikih količin sedimentov na kopno je tehnično izvedljivo, a predstavlja velik ekonomski vložek. Problem predstavljajo tudi odlagalna mesta za trajno shranjevanje sedimentov, s prisotnimi težkimi kovinami. Zaradi hitro naraščajoče industrializacije in intenzivnih človeških dejavnosti se težke kovine kopičijo v zemljini že desetletja. Po svetu so identificirana številna kontaminirana območja [2].

Dravske Elektrarne Maribor (DEM) so največji slovenski proizvajalec električne energije iz obnovljivih virov in proizvedena energija predstavlja skoraj četrtino proizvedene električne energije v Sloveniji. DEM upravlja osem hidroelektrarn na reki Dravi. V alpskem območju je šest hidroelektrarn (Dravograd, Vuzenica, Vuhred, Ožbalt, Fala in Mariborski Otok), ki so zgrajene v rečnih kaskadah. Skupna dolžina akumulacijskih jezov je 72 km s površino 15,1 km^2 in prostornino 52 milijonov m^3 vode [3]. V panonski regiji reka Drava gosti pet hidroelektrarn, od tega dve v Sloveniji, ki ju upravlja DEM (Zlatoličje, Formin, Varaždin, Čakovec in Dubrava). Skupna dolžina rečnih kanalov, povezanih s hidroelektrarnami, je 21 km, medtem ko je dolžina umetnih rečnih kanalov 27 km, s površino 34,1 km^2 in prostornino 44 milijonov m^3. Skupna dolžina »novih umetnih kanalov znaša okoli 102 km [3]. Izgradnja hidroelektrarn je delno onemogočila prehod rečnega materiala vzdolž reke Drave. Zaradi tega se danes v vodnih rezervoarjih nabere med 30.000 in 40.000 m^3 sedimentov, ki so zaradi delovanja rudnikov in talilnic v preteklosti (tj. Bleiberg-Kreuth v Avstriji, Cave del Predil v Italiji in Mežica v Sloveniji) onesnaženi s težkimi kovinami kot so svinec, cink in kadmij [3,4].

Upravljanje s sedimenti je eden izmed pomembnejših vzdrževalnih ukrepov DEM na akumulacijskih bazenih hidroelektrarn na Dravi. Z ustreznim vzdrževalnimi deli zagotavljajo optimalno delovanje objektov in preprečujejo škodljivo delovanje voda. Trenutno se sedimenti odstranjujejo iz reke lokalno. Pri tem sedimente odstranjujejo samo na ugotovljenih problematičnih območjih. Sediment izkopljejo ali prečrpajo na mesto v vodnem telesu tako, da ne ovira toka reke in ni škodljiv drug način. Sediment se večinoma odlaga ob brežinah reke Drave in v umetno oblikovane otoke v strugi. Prostora za odlaganje znotraj vodnega telesa na način, da ne bo vpliva na obratovanje hidroelektrarn in poplavno varnost bo zmanjkalo. Zato DEM iščejo rešitve za predelavo sedimentov v gradbene proizvode, ki sledijo politiki krožnega gospodarstva.

1.1 Sedimenti v opekah

Naravnih virov gline, ki se uporablja za opečne izdelke, ni v izobilju. Zato v tem sektorju nenehno iščejo ustrezne dodatke ali nadomestke za glino. V preteklosti je bilo opravljenih veliko raziskav o uporabi sekundarnih surovin (tudi sedimentov) pri izdelavi opečnih izdelkov iz gline. Z vse večjim pomenom krožnega gospodarstva in industrijske simbioze pa so takšne raziskave spet v porastu.

Cilj te študije je bil preveriti uporabnost rečnega sedimenta v opekarskem sektorju, in sicer kot delnega nadomestka za primarno glino. V ta namen so opravili analizo sedimentov: kemično analizo, mineraloško analizo in analizo velikosti delcev.

Sediment reke Drave ima namreč podobno mineraloško in kemijsko sestavo kot osnovna surovina za proizvodnjo opek, glavna razlika je v vsebnosti manganovega (MgO) in kacijevega oksida (CaO). Zato se sediment reke Drave zdi ustrezen nadomestek gline v opečnem materialu. V nadaljevanju so tako laboratorijsko pripravili mešanice, kjer so del gline zamenjali s sedimentom (do 50 odstotkov). Na teh mešanicah so bili opravljeni keramično-tehnološki preskusi za določitev linearnega krčenja, absorpcije vode, tlačne in upogibne trdnosti in drugo. Mešanice so okarakterizirali pred in po žganju in na podlagi teh rezultatov določili primerno količino dodatka za pilotno proizvodnjo [5].

Pilotni preskus so izvedli v tovarni opeke Goriške opekarne, pri čemer je bilo za industrijski preskus uporabljenih 20 ton vzorca sedimenta. Pilotni preskus je bil izveden z dodatkom 20 masnih odstotkov sedimenta (suha masa) v mešanici materiala za izdelavo opeke.

Po mešanju surovin so zmes za izdelavo opeke po tekočem traku prepeljali do mlina, ki je zmes dodatno zmlel in dovajal v vakuumski ekstrudor. Tam so opeke oblikovali z žičnim rezanjem ekstrudirane mase. Opeke so nato 40 ur sušili v tunelskem sušilniku, pri čemer je temperatura sušenja segala od začetne temperature 37 °C do končne temperature 90 °C. Na koncu so preskusne opeke 25 ur žgali v tunelski peči, pri čemer je najvišja temperatura v peči dosegla 880 °C.

Testiranje opek, izdelanih med poskusno proizvodnjo (vpijanje vode, tlačna trdnost in drugo), so izvedli v skladu z zahtevami standarda SIST EN 771- 1: Specifikacija za zidake - 1. del: Opečni zidaki. Na kratko povzeto je vpliv dodatka sedimenta v opečno mešanico naslednji:

- ob dodatku rečnega sedimenta se je zmanjšalo krčenje opeke,
- vpojnost vode se je povečala.

Opeke z dodatkom rečnega sedimenta imajo v primerjavi z opekami iz običajne proizvodnje nižjo tlačno trdnost. Ta je posledica povečane poroznosti oziroma večje vpojnosti vode. Kljub temu je bila povprečna tlačna trdnost opeke (26 MPa) izdelane z dodatkom rečnega sedimenta, še vedno znatno nad deklarirano vrednostjo 15 MPa.

1.2 Sedimenti kompozit za vgradnjo v nasipe

Sedimenti odloženi na obalo Ptujskega jezera za nadaljnjo rabo v geotehniki niso uporabni zaradi izjemno visoke vsebnosti vlage. Sedimenta s tako visoko vlago ni možno vgraditi v geotehnične objekte, kot so nasipi in zasipi. Sedimente je zato potrebno primerno obdelati z dodatki, ki znižujejo njihovo vlago in hkrati povečajo njihovo trdnost.

Prav tako jih je treba vgraditi s primerno tehnologijo s kvalitetno pripravo in vgradnjo materiala. Ob tem je potrebno doseči dovolj visoke geomehanske lastnosti za stabilnost in varnost geotehničnih objektov.

Na Odseku za geotehniko – ZAG so izvedli več laboratorijskih preiskav, z različnimi vezivi. Hkrati so se izvajale tudi okoljske analize s katerimi je bilo potrjeno da

izlužki sedimentnega kompozita ne presegajo mejnih vrednosti glede na veljavno zakonodajo (Uredba o spremembah in dopolnitvah Uredbe o odpadkih, Uradni list RS, št. 129/20 z dne 25. 9. 2020.)

Nemalokrat se podobne raziskave končajo na laboratorijski ravni, saj so zahteve vgradnje prezahtevne za mehanizacijo ali stroški vgradnje nekajkrat presežejo stroške vgradnje z naravnim materialom. Za preveritev uporabnosti sedimentnega kompozita so naredili testno polje, na katerem so spremljali geomehanske parametre vgrajenega sedimentnega kompozita in okoljske parametre. Primernost vgradnje kompozita z reciklatorjem je bila potrjena s tehničnega in prav tako iz cenovnega vidika. Na osnovi izvedenih laboratorijskih in terenskih preiskav je DEM za kompozit SedKomp pridobil tudi Slovensko tehnično soglasje STS-22/0009.

Z nadaljnjimi preiskavami želijo kot dodatek v sedimentnem kompozitu uporabiti alkalijske aktivatorje za dosego višjih trdnosti, kar bi razširilo uporabo sedimentnega kompozita na gradnjo talnih podlag cestišč. Prvi rezultati so obetavni in kažejo na velik potencial uporabe alkalijskih aktivatorjev v geotehniki.

1.3 Remediacija rečnih sedimentov

V sklopu projekta Ready4Use, ki poteka tudi na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani so na Katedri za analizno kemijo najprej izvedli karakterizacijo sedimentov vzdolž reke Drave. Primerjava rezultatov je pokazala, da so sedimenti homogeni in vsebujejo povišane vsebnosti cinka, svinca in kadmija. Z uporabo kislinskega razklopa z dušikovo (V) kislino so določili delež svinca, cinka in kadmija.

Izvedli so študije učinkovitosti spiranja sedimenta z različnimi reagenti: HNO_3, HCl, EDTA, citronska kislina, huminska kislina, ramnolipid, saponin, DL-mlečna, salicilna, L-askorbinska, jantarna, DL-jabolčna, L-vinska in ocetna kislina. Pri spiranju sedimenta so se izkazali kot najbolj učinkoviti: EDTA, citronska kislina in DL-jabolčna kislina.

V nadaljevanju so opravili optimizacijo pogojev spiranja: koncentracije reagenta, časa oziroma trajanja spiranja in razmerja med volumnom izpiralne raztopine in maso sedimenta. Za kvantitativno določitev kovin so uporabljali induktivno sklopljeno plazmo z atomsko emisijsko spektroskopijo (ICP/AES).

Vsi omenjeni reagenti so sposobni odstraniti določen delež svinca, cinka in kadmija iz sedimenta

EDTA: delež odstranjene kovine: Pb 40 %, Zn 15 % in Cd 55 %.

Citronska kislina: delež odstranjene kovine: Pb 50 %, Zn 60 % in Cd 75%.

DL-jabolčna kislina: delež odstranjene kovine: Pb 45 %, Zn 60 % in Cd 75 %.

Zadnja dva reagenta sta pri določenih pogojih presegla učinkovitost EDTA, ki se najpogosteje uporablja v tovrstne namene.

Z optimizacijo spiranja sedimenta so preverili vpliv pogojev na njihovo učinkovitost odstranjevanja kovin. Določeni so bili optimalni pogoji za vse tri reagente: EDTA 0,01 M, 16 h in R/S = 5/1; citronska kislina 0,2 M, 16 h in R/S = 10/1; DL-jabolčna kislina 0,3 M, 16 h in R/S = 10/1. S citronsko kislino in z DL-jabolčno kislino je bilo izvedeno dvakratno zaporedno spiranje sedimenta, ki je doseglo še višjo učinkovitost odstranjevanja kovin kot enostopenjsko spiranje. Zadnje raziskave kažejo, da lahko z uporabo ultrazvoka za približno petkrat skrajšajo kontaktni čas, pri čemer ostane delež odstranjenih kovin nespremenjen.

Spiranje sedimenta z različnimi reagenti se je na laboratorijski skali izkazalo za uporaben postopek pri odstranjevanju kovin.

2. Zaključki

Ready4Use, projekt z naslovom »Vrednotenje in remediacija rečnih sedimentov za nadaljnjo uporabo v gradbenem sektorju« je aplikativni triletni projekt (2020-2023), ki ga financirata Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije in Dravske elektrarne Maribor.

V sklopu projekta sta bila dosežena dva ključna cilja:

- razvit je nov postopek remediacije sedimentov in
- razviti so novi gradbeni materiali (opeke, sedimentni kompoziti za izgradnjo protipoplavnih nasipov in alkalijsko aktivirani materiali [6]) z uporabo sedimentov iz reke Drave kot surovine.

3. Viri

[1] Annandale, G.W., Morris, G.L. & Karki, P., 2016. Extending the Life of Reservoirs Sustainable Sediment Management for Dams and Run-of-River Hydropower.

[2] Li,Y., Liao, X. & Li,W., 2019. Combined sieving and washing of multi-metal-contaminated soils using remediation equipment: A pilot-scale demonstration. *J. Clean. Prod*. 212, 81–89.

[3] Šajn, R., Halamić, J., Peh, Z., Galović, L. & Alijagić, J., 2011. Assessment of the natural and anthropogenic sources of chemical elements in alluvial soils from the Drava River using multivariate statistical methods. *J. Geochemical Explor.* 110, 278–289.

[4] Ducman, V., Fifer Bizjak, K., Likar, B., Kolar, M., Robba, A., Imperl, J., Božič, M., Gregorc, B., 2022. Evaluation of Sediments from the River Drava and Their Potential for Further Use in the Building Sector. *Materials.* 15(12).

[5] Božič, M., Žibret, L., Kvočka, D., Mauko Pranjić, A., Gregorc, B., Ducman, V., 2023. Drava river sediment in clay brick production: Characterization, properties, and environmental performance. Journal of Building Engineering. 15, 106470.

[6] Žibret, L., Wisniewski, W., Horvat, B., Božič, M., Gregorc, B., Ducman, V., 2023. Clay rich river sediments calcined into precursors for alkali activated materials. *Applied Clay Science*. 234, 15, 106848.

KRIPTOBENTOŠKA RIBJA FAVNA: MNOGOKRAT SPREGLEDANA A KLJUČNA SKUPINA RIB

DOMEN TRKOV, LOVRENC LIPEJ

Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja Piran

POVZETEK

Ihtiofavna je pomemben del morske biodiverzitete in številnih ekosistemskih procesov ter nudi pomembne ekosistemske storitve. Medtem ko je ekologija komercialno pomembnih rib razmeroma dobro raziskana, je znanje o komercialno nepomembnih vrstah zelo pomanjkljivo. Še posebej slabo raziskane so kriptobentoške vrste rib. To so majhne vrste, ki živijo v raznih skrivališčih. Zaradi takšnega načina življenja jih z običajnimi ribolovnimi in popisnimi tehnikami ne moremo popisati, kar se odraža v vrzeli v poznavanju njihove biologije in ekologije. Ker so zelo številčne, so zelo pomembne v prenosu energije na višje trofične nivoje in tako pomembno vplivajo na ekosistem, v katerem živijo.

Med kriptobentoške vrste prištevamo številne predstavnike iz družine babic (Blenniidae), glavačev (Gobiidae) in prisesnikov (Gobiesocidae). Zaradi življenja v specifičnih mikrohabitatih so zelo občutljive na spremembe v okolju. Še posebej jih ogroža degradacija okolja in s tem povezana izguba pomembnih mikrohabitatov. To predstavlja velik problem predvsem za vrste, ki živijo v plitkih obalnih vodah, saj je v Sloveniji ohranjena le še približno ena petina obale. Obenem zaradi antropogenih vplivov prihaja do krčenja morskih travnikov in gozdičkov morskih alg, ki predstavljajo pomemben habitat številnim kriptobentoškim vrstam. Soočamo se tudi z drastičnim poginom leščurjev (*Pinna nobilis*), katerih lupine nudijo pomemben življenjski prostor nekaterim vrstam. Študije o kriptobentoških vrstah, njihovih habitatnih preferencah in globinski razširjenosti so tako nujne za opredelitev vpliva antropogenih motenj na to pomembno skupino rib, z namenom podajanja predlogov za njihovo ublažitev in izboljšanje stanja degradiranih habitatov.

Ključne besede:

Kriptobentoške vrste rib, Blenniidae, Gobiidae, Gobiesocidae, heterogenost habitata, degradacija habitata

1. Uvod

Ihtiofavna je pomemben del morske biodiverzitete, ki vpliva na delovanje ekosistema in je pomemben morski vir tudi za človeka (Holmlund in Hammer, 1999). Pomemben del obalnih ribjih združb je kriptobentoška ribja favna. Kriptobentoške vrste rib

so tiste, katerim majhna velikost telesa omogoča izkoriščanje kriptičnih habitatov (skrivališč), kjer sta jim na voljo hrana in zavetje pred plenilci (Miller, 1979). Obstaja več različnih definicij kriptobentoških vrst rib, v tej študiji pa se izraz nanaša na majhne (do 10 cm) bentoške (pridnene) ribe, ki so vedno skrite v kriptičnih habitatih oz. skrivališčih. Takšen način življenja jim nudi zaščito pred plenilci (Hofrichter in Patzner, 2000), obenem pa so težko opazne tudi za raziskovalce, ki jih zato pogosto spregledajo v klasičnih popisih ribje favne (Henriques in sod., 2002). Smith-Vaniz in sod. (2006) poročajo, da je bilo samo 36 % od 228 vrst, vzorčenih z rotenonom, zaznanih tudi vizualno. Znanje o pojavljanju in ekologiji kriptobentoških rib je zato še vedno zelo pomanjkljivo. Čeprav so bile kriptobentoške vrste rib v preteklosti smatrane za redke (Miller, 1986), novejše raziskave kažejo da so v ugodnih habitatih precej pogoste (Glavičić in sod., 2016; Hofrichter in Patzner, 2000). Ugotovili so, da imajo kriptobentoške vrste rib iz tropskih grebenov zaradi svoje številčnosti velik potencial, da vplivajo na ekosistem, saj so zelo pomembne pri prenosu energije na višje trofične nivoje (Depczynski in Bellwood, 2003).

Zaradi specifičnih habitatnih zahtev so kriptobentoške vrste zelo dovzetne za spremembe v habitatu (Taylor in Van Tassell, 2002). Predvsem jih ogrožata degradacija in spreminjanje obalnih habitatov, ki povzročata lokalno izginjanje ne le kriptobentoških vrst, temveč tudi preostalih od skrivališč odvisnih vrst. Zaradi majhosti in slabe mobilnosti (plavajo le na kratke razdalje) imajo kriptobentoške vrste omejen potencial razširjanja (Brandl in sod., 2018). Zato jih fragmentacija habitata še toliko bolj ogroža, saj jim otežuje razširjanje in ponovno naseljevanje (Brandl in sod., 2018). Zaradi degradacije habitatov v slovenskem obalnem morju (Turk, 1999) so študije kriptobentoških vrst rib zelo pomembne z vidika ugotavljanja in preučevanja negativnih antropogenih vplivov na to pomembno skupino rib.

2. Material in metode

2.1 Opis območja

Študija smo izvedli v slovenskem delu Tržaškega zaliva, najsevernejšega dela tako Jadranskega kot Sredozemskega morja. Tržaški zaliv je plitek zaliv (20–25 m), katerega slanost vode se giblje med 33 in 38,5, temperatura pa med 8 in 24 °C (Ogorelec in sod., 1991). Obala slovenskega dela Tržaškega zaliva je dolga približno 46 km (Lipej in sod., 2006). Dno je pretežno mehko sedimentno dno fluvialnega izvora, obrežje pa je pretežno kamnito, sestavljeno pretežno iz plasti eocenskega fliša, v notranjih zalivih pa prevladuje mehko sedimentno dno (Ogorelec in sod., 1991). V preteklih desetletjih je slovensko obalno območje utrpelo številne antropogene vplive, kot so nova infrastruktura, intenziven ribolov, odplake in marikultura (Turk, 1999). Večina flišnih klifov je ohranila svojo naravno značilnost, medtem ko so obalne nižine močno antropogeno obremenjene (Lipej in sod., 2006). Samo 18 % obale je še vedno v naravnem stanju. Najbolj degradiran je obrežni pas v supralitoralu in mediolitoralu, negativne vplive pa opazimo tudi v zgornjem infralitoralu (Turk, 1999).

Vzorčenje rib je potekalo v obalnih vodah na območju med Koprom in Izolo med 0 in 6 m globine. V tem delu sta supralitoral in medioitiral degradirana, saj ju tvori umetno nasuti valobran iz kamnitih blokov. V infralitoralu se nahaja naravno kamnito dno. Tega na globini med 1,5 m in 2 m zamenja sedimentno dno, ki ga do globine 6 m poraščajo morski travniki.

2.2 Vzorčenje rib

Vzorce smo zbrali s pomočjo avtonomne potapljaške opreme. Glavni tipi habitatov, v katerih smo opravili vzorčenje, so bili: a) kamnito dno, ki je sestavljeno iz balvanskega polja in kamnitih teras, b) morski travniki z vrstama *Cymodocea nodosa* in *Posidonia oceanica*) in c) peščeno-muljasto dno. Ribe smo vzorčili znotraj kvadrata 50 x 50 cm, ki smo ga naključno polagali na morsko dno, nato pa s pomočjo narkotika kinaldin (Quinaldine Sigma-Aldrich) in ročne mreže polovili ribe znotraj kvadratov. Vzorčenja na morskih travnikih in gozdičkih cistozire smo izvedli z uporabo kocke iz pleksi stekla brez dna in pokrova z velikostjo 50 cm x 50 cm x 50 cm. Uporaba kocke preprečuje, da bi ribe neopazno pobegnile iz preučevanega kvadrata. Vsak vzorčeni kvadrat smo tudi fotografirali in popisali mikrohabitatne habitatne tipe za kasnejšo analizo. Ribe smo v večini določili na mestu samem in jih nato izpustili. Primerke, ki jih ni bilo mogoče določiti na mestu samem, smo žive prenesli v laboratorij Morske biološke postaje, Nacionalnega inštituta za Biologijo, kjer smo jih določili z uporabo stereomikroskopa Olympus DP74 in določevalnega ključa (Kovačić,2020). Ribe smo po determinaciji vrnjene na mesto izlova.

3. Rezultati

Analizirani smo 170 vzorčevanih kvadratov. V 45 kvadratih (26,5% vseh kvadratov) nismo popisali nobenega primerka, v drugih pa je bilo najdenih od 1 do 8 primerkov rib. Povprečna gostota rib je bila 6 primerkov/m^2. Skupno je bilo zabeleženih 245 primerkov 21 različnih vrst, ki so pripadali 7 družinam. Najštevilčnejša družina so bili glavači (Gobiidae) z 9 vrstami, sledile so babice (Blenniidae) s 6 vrstami in prisesnice (Gobiesocidae) z 2 vrstama, preostale 4 družine pa so bile zastopane s po eno vrsto. Glede na povezanost rib z dnom, jih z ekološkega vidika delimo na kriptobentoške (8 vrst), epibentoške (11 vrst) in sedentarne nektobentoške ribe z redkimi lateralnimi premiki (2 vrsti). Kriptobentoške vrste so predstavljale 29 %, epibentoške pa 66 % celotne abundance rib, preostalo so bile nektobentoške vrste.

Največje število primerkov in ribjih vrst je bilo najdenih v kvadratih z največjo prostorsko heterogenostjo, ki jo opredeljuje veliko število različnih mikrohabitatov, ki nudijo potencialna skrivališča. Najpomembnejši mikrohabitat so bili večji kamni s premerom 20–50 cm, pod katerimi so številne ribe našle zatočišče. Manj poseljeni mikrohabitati so bili sestoji morske trave in skalne terase (skalno dno). Različni rovi, razpoke in vdolbine na terasah in večjih skalah so bile pomemben okoljski dejavnik, ki povečuje prostorsko heterogenost in s tem število razpoložljivih skrivališč na kamnitem dnu. To pozitivno vpliva na pojavljanje številnih obrežnih rib, poleg tega pa tudi vegetacija. Gozdički rjavih alg so bili pomemben mikrohabitat za srebrnico

(*Clinitrachus argentatus*). Našli smo jo le v makroalgah *Halopithys incurva* in *Cystoseira* sp. V globinskem razponu do približno 1,5 m. Gosta zarast makroalg nudi zavetje in pozitivno vpliva tudi na pojavljanje rdečega glavačka (M. *macrocephalus*) in babico jelenko (*Parablennius incognitus*), ki se na pojavljata na skalah z gosto vegetacijo. V morskih travnikih in na peščenem dnu so bile pomembne lupine školjk, še posebej lupine velikega leščurja (*Pinna nobilis*). Le-te predstavljajo možno skrivališče za številne kriptobentoške in epibentoške vrste rib, obenem pa nudijo podlago za naseljevanje ostrig in drugih organizmov, ki nato nudijo še dodatne mikrohabitate. Leščurjeve lupine nudijo skrivališča, ki jih ob nevarnosti in v času gnezdenja uporabljajo epibentoški rdečeusti glavač (*G. cruentatus*), bledi glavač (*G. fallax*), črni glavač (*Gobius niger*) in rogata babica (*Parablennius tentacularis*). Slednja se pogosto pojavlja v lupinah ostrig, ki nudijo skrivališča manjšim kriptobentoškim vrstam kot so *Apletodon incognitus*, *M. macrocephalus* in *Z. zebrus*.

Preglednica 1 Popis rib v kriptičnih habitatih glede na število in frekvenco pojavljanja rib na 170 kvadratov, delež določene vrste glede na vse najdene ribe, povprečno število rib na 1 m² in povprečno število rib na 100 m². Ekološka opredelitev rib glede na njihovo povezanost z dnom: K – kriptobentoške vrste ribe (8 vrst) E – epibentoške (11 vrst) in N – sedentarne nektobentoške ribe z redkimi lateralnimi premiki (2 vrsti)

	Vrsta	Ekološka opredelitev	N/170 kvad-ratov	F/170 kvadratov	delež glede na vse ribe	N/m²	N/100m²
1	*Gobius fallax*	E	87,0	37,6	35,5	2,0	204,7
2	*Millerigobius macrocephalus*	K	27,0	11,2	11,0	0,6	63,5
3	*Zebrus zebrus*	K	22,0	11,2	9,0	0,5	51,8
4	*Pomatoschistus bathi*	E	19,0	5,3	7,8	0,4	44,7
5	*Gobius cruentatus*	E	15,0	8,2	6,1	0,4	35,3
6	*Parablennius incognitus*	E	11,0	5,9	4,5	0,3	25,9
7	*Gobius bucchichi*	E	10,0	5,3	4,1	0,2	23,5
8	*Clinitrachus argentatus*	K	9,0	3,5	3,7	0,2	21,2
9	*Symphodus cinereus*	N	9,0	4,1	3,7	0,2	21,2
10	*Parablennius tentacularis*	E	8,0	4,7	3,3	0,2	18,8
11	*Gobius paganellus*	K	7,0	4,1	2,9	0,2	16,5
12	*Gobius niger*	E	4,0	2,4	1,6	0,1	9,4
13	*Salaria pavo*	E	3,0	1,8	1,2	0,1	7,1
14	*Lepadogaster candolii*	K	2,0	1,2	0,8	0,0	4,7
15	*Parablennius gattorugine*	E	2,0	1,2	0,8	0,0	4,7
16	*Parablennius zvonimiri*	K	2,0	1,2	0,8	0,0	4,7
17	*Chromogobius quadrivittatus*	K	1,0	0,6	0,4	0,0	2,4
18	*Microlipophrys dalmatinus*	E	1,0	0,6	0,4	0,0	2,4
19	*Lepadogaster lepadogaster*	K	1,0	0,6	0,4	0,0	2,4
20	*Seranus scriba*	N	1,0	0,6	0,4	0,0	2,4
21	*Tripterygion tripteronotum*	E	1,0	0,6	0,4	0,0	2,4
	neznano (pobegne)		3,0	1,8	1,2	0,1	7,1
	Skupaj		245,0		100,0	5,8	576,5

4. Rezultati

Na obrežno ribjo združbo ima velik vpliv prostorska heterogenost (Lipej in sod., 2003). Večja kot je heterogenost okolja, več je na voljo različnih mikrohabitatov in s tem skrivališč, zato je v takih okoljih večje število primerkov in tudi več vrst rib. Pojavnost mnogih bentoških vrst je odvisna od razpoložljivih skrivališč v okolju. Le-ta vrste uporabljajo stalno (kriptobentoške vrste) ali začasno in se v njih umaknejo ob nevarnosti in v času gnezdenja. Različne vrste rib v danem okolju izkoriščajo različna skrivališča, izbira la teh pa je med drugim pogojena tudi z velikostjo (Trkov in sod., 2021). V primeru naseljevanja školjčnih lupin večje vrste zasedajo lupine velikega leščurja, juvenilni primerki in manjše ribje vrste pa se naselijo v lupinah ostrig. Izbira različnih skrivališč tako zmanjša konkurenco za prostor in obenem prepreči, da bili manjši primerki in manjše vrste uplenjeni s strani večjih.

Na heterogenost okolja pomembno vplivajo bioeroderji in biokonstruktorji. Bioeroderji kot sta morski datelj (*Lithophaga lithophaga*) in bela datljevka (*Pholas dactylus*), ustvarjajo rove v skalah, medtem ko biokonstruktorji (npr. veliki leščur, ostrige), z lupinami oziroma skeletom ustvarjajo in zagotavljajo dodatne življenjske niše, ki ostanejo tudi po njihovi smrti. Pomemben dejavnik okoljske heterogenosti je tudi vegetacija (morske trave in alge). Ta nudi specifični habitat brez katerega določene vrste (npr. srebrnica) ne morejo preživeti. Obenem pa so morski travniki in gozdiči makroalg znani po visoki produktivnosti (Costanza in sod., 1997) in tako pomembno vplivajo na razpoložljivost hrane v okolju in posledično na pojav številnih vrst rib.

Izguba habitatov in razdrobljenost sta veliki grožnji biotski raznovrstnosti (Fahrig, 1997) in hkrati največja grožnja kriptobentoškim ribjim skupnostim (Brandl in sod., 2018). Znano je, da spremembe v habitatu pomembno vplivajo na pojavljanje bentoških vrst rib. Med najbolj dovzetnimi so kriptobentoške vrste rib (Brandl in sod., 2018), saj so zelo odvisne od razpoložljivosti skrivališč in hrane. Najbolj so ogrožene vrste, ki jih najdemo v supralitoralu, mediolitoralu in zgornjem infralitoralu, saj je ta del najbolj pod vplivom človekovih dejavnosti (Turk, 1999). V tem delu je glavni problem degradacija okolja zaradi izgradnje plaž in obmorske infrastrukture. Bibavični pas (mediolitoral) je močno degradiran tudi na območju med Koprom in Izolo, kar se odraža v okrnjenih številkah mediolitoralnih vrst rib (npr. *Lepadogaster lepadogaster*). Problematični pa niso le obalni deli, ki so popolnoma uničeni (pozidano območje), ampak tudi deli, kjer so bili spremenjeni naravni elementi obale, kot so plaže. Problem plaž je predvsem nasipavanje materiala, ki je zaradi svoje drobne granulacije neprimeren za naselitev kriptobentoških vrst rib (Trkov in sod., 2021). Zaradi izgube kriptičnih mikrohabitatov v takšnem okolju izginejo ne le kriptobentoške vrste rib temveč tudi druge.

V zadnjih letih morski travniki in gozdički cistozir izginjajo ne le ob slovenski obali (Lipej in sod., 2018), temveč tudi v drugih delih Sredozemskega morja in Atlantskega oceana (Pergent in sod., 2014). Poleg tega se soočamo z visoko smrtnostjo velikega leščurja (*P. nobilis*) v Sredozemskem morju (Cabanellas-Reboredo in sod., 2019), katerega populacija upada in ima status kritično ogrožene vrste (Kersting in sod., 2019). Upadanje morskih travnikov, gozdičkov cistozir, leščurjev in drugih

pomembnih elementov, ki predstavljajo pomembne mikrohabitate tako drastično vpliva na z njimi povezano ribjo favno. Vse to so razlogi, ki kažejo na pomembnost preučevanja in spremljanja ne le kriptobentoške, temveč celotne obrežne ribje združbe.

5. Zaključki

1) Kriptobentoške vrste rib predstavljajo 38 % vseh vrst in skoraj tretino celotne abnundance rib v kriptičnih habitatih, in tako predstavljajo pomemben delež v obrežni ribji združbi. Zaradi razmeroma zahtevnega načina popisovanja in preučevanja je ta skupina razmeroma slabo poznana in bi bilo zato potrebno tej skupini rib nameniti več pozornosti.
2) Kriptobentoške vrste so v veliki meri odvisne od heterogenost habitata oz. razpoložljivost skrivališč, zato razpoložljivost le-teh močno vpliva na njihovo pojavljanje.
3) Kriptobentoške vrste rib so zaradi svojega načina življenja zelo primerne za študije antropogenih vplivov kot je degradacija okolja. Poleg tega so take študije pomembne saj so te vrste ključne z vidika prenosa energije na višje trofične nivoje in posledično normalnega delovanja ekosistema.
4) Kriptične habitate oz. skrivališča poleg kriptobentoških vrst uporabljajo tudi številne epibentoške in nekatere nektonske vrste. Skrivališča obema skupinama predstavljajo zatočišče v primeru nevarnosti kot tudi gnezdišče.
5) Zaradi izginjnaja določenih habitatov (morski travniki, gozdički cistozir) in biokonstruktorjev (veliki leščur) je nujno nadaljnje spremljanje obrežne ribje združbe, ki poseljuje take habitate.

6. Viri

[1] HOLMLUND, C.M. IN HAMMER, M., 1999. Ecosystem services generated by fish populations. *Ecological Economics*, 29 (2), 253–268.

[2] MILLER, P.J., 1979. Adaptiveness and implications of small size in teleosts. *Symposia of the Zoological Society of London*, 44, 263–306.

[3] HOFRICHTER, R. IN PATZNER, R.A., 2000. Habitat and microhabitat of Mediterranean clingfishes (Teleostei: Gobiesociformes: Gobiesocidae). *Marine Ecology*, 21 (1), 41–53.

[4] HENRIQUES, M., LOURENCO, R., ALMADA, F., CALADO, G., GONCALVES, D., GUILLEMAUD, T., … ALMADA, V. C., 2002. A revision of the status of Lepadogaster lepadogaster (Teleostei: Gobiesocidae): sympatric subspecies or a long misunderstood blend of species? *Biological Journal of the Linnean Society*, 76 (3), 327–338.

[5] SMITH-VANIZ, W.F., JELKS, H.L. IN ROCHA, L.A., 2006. Relevance of crypticfishes in the biodiversity assessments: a case study at Buck Island Reef National Monument, St. Croix. *Bulletin of Marine Science*, 79, 17–48.

[6] MILLER, P.J., 1986. Gobiidae. In P. J. P. Whitehead, M.-L. H. Bauchot, J.-C. Nielsen, IN J. E. Tortonese (Eds.), *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. 3, Paris: UNESCO., 1019–1085.

[7] GLAVIČIĆ, I., PALISKA, D., SOLDO, A. IN KOVAČIĆ, M., 2016. A quantitative assessment of the cryptobenthic fish assemblage at deep littoral cliffs in the Mediterranean. *Scientia Marina*, 80 (3), 329–337.

[8] DEPCZYNSKI, M. IN BELLWOOD, D.R., 2003. The role of cryptobenthic reef fishes in coral reef trophodynamics. *Marine Ecology Progress Series*, 256, 183–191.

[9] HOFRICHTER, R. IN PATZNER, R.A., 2000. Habitat and microhabitat of Mediterranean clingfishes (Teleostei: Gobiesociformes: Gobiesocidae). *Marine Ecology*, 21(1), 41–53.

[10] TAYLOR, M.S. IN VAN TASSELL, J.L., 2002. Observations on Microhabitat Utilization by Three Widely Distributed Neotropical Gobies of the Genus Elacatinus. *Copeia*, 2002 (4), 1134–1136.

[11] BRANDL, S.J., GOATLEY, C.H.R., BELLWOOD, D.R. IN TORNABENE, L., 2018. The hidden half: ecology and evolution of cryptobenthic fishes on coral reefs. *Biological Reviews*, 93 (4), 1846–1873.

[12] OGORELEC, B., MIŠIČ, M. IN FAGANELI, J., 1991. Marine geology of the Gulf of Trieste (northern Adriatic): Sedimentological aspects. *Marine Geology*, 99 (1–2), 79–92.

[13] TURK, R., 1999. An assessment of the vulnerability of the Slovene coastal belt and its categorisation in view of (in) admissible human pressure, various activities, and land use. *Annales, Series Historia Naturalis*, 15, 37–50.

[14] LIPEJ, L., TURK, R. IN MAKOVEC, T., 2006. Ogrožene vrste in habitatni tipi v slovenskem morju. Ljubljana: Zavod Republike Slovenije za varstvo narave.

[15] KOVAČIĆ, M., 2020. Checklist of gobies (Actinopteri: Gobiidae) of the Mediterranean Sea using the evidence approach and a key for species identification. *Zootaxa* (1), 4877.

[16] LIPEJ, L., ORLANDO-BONACA, M. IN ŠIŠKO, M., 2003. Coastal fish diversity in three marine protected areas and one unprotected area in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic). *Marine Ecology*, 24 (4), 259–273.

[17] COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R.V., PARUELO, J. IN SOD., 1997. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature*, 387, 253–260.

[18] FAHRIG, L., 1997. Relative Effects of Habitat Loss and Fragmentation on Population Extinction. *The Journal of Wildlife Management*, 61 (3), 610.

[19] TRKOV, D., IVAJNŠIČ, D., KOVAČIĆ, M., LIPEJ, L., 2021. Factors influencing habitat selection of three cryptobenthic clingfish species in the shallow North Adriatic Sea. *Journal of marine science and engineering.*, 9 (8), 1-20.

[20] LIPEJ, L., IVAJNŠIČ, D., MAKOVEC, T., MAVRIČ, B., ŠIŠKO, M., TRKOV, D., IN ORLANDO-BONACA, M., 2018. Raziskava z oceno stanja morskih travnikov v Krajinskem parku Strunjan. Piran. Piran. Morska biološka postaja, Nacionalni inštitut za biologijo

[21] PERGENT, G., BAZAIRI, H., BIANCHI, C. N., BOUDOURESQUE, C. F., BUIA, M. C., CALVO, S. IN SOD., 2014. Climate change and Mediterranean seagrass meadows: A synopsis for environmental managers. *Mediterranean Marine Science*, 15, 462–473.

[22] CABANELLAS-REBOREDO, M., VÁZQUEZ-LUIS, M., MOURRE, B., ÁLVAREZ, E., DEUDERO, S., AMORES, Á. IN SOD., 2019. Tracking a mass mortality outbreak of pen shell Pinna nobilis populations: A collaborative effort of scientists and citizens. *Scientific Reports*, 9 (1), 1–11.

[23] KERSTING, D., MOULOUD, B., CIZMEK, H., GRAU, A., JIMENEZ, C., KATSANEVAKIS, S. IN SOD., 2019. *Pinna nobilis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019.

VRSTNA, FUNKCIONALNA IN FILOGENETSKA BIODIVERZITETA

prof. dr. FRANC JANŽEKOVIČ

Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru

POVZETEK

Biodiverziteta je pestrost in variabilnost živih bitij na Zemlji. Organizacija združenih narodov je pomen biodiverzitete za dobrobit človeštva in življenja na Zemlji leta 1992 prepoznala s sprejemom Konvencije o biodiverziteti.

Koncept biodiverzitete je večplasten in vključuje tri strukturne vidike: vrstni, funkcionalni in filogenetski vidik pestrosti. Vrstni vidik pestrosti obsega variabilnost v vrstni sestavi združbe, spreminjanje vrstne sestave med združbami in vrstno sestavo na nivoju pokrajine. Funkcionalni vidik pestrosti obsega variabilnost ekomorfoloških, reproduktivnih in socio-etoloških lastnosti vrst. Filogenetski vidik pestrosti obsega pestrost dednine vključno z ocenjevanje evolucijskih razdalj med vrstami, od njihove ločitve od skupnega prednika in oceno v dednini ohranjenih ekoloških in morfoloških razlik med vrstami. Vsak posamezni vidik diverzitete vrednotimo po treh dimenzijah: bogastvu, raznolikosti in poravnanosti.

Vrstni, funkcionalni in filogenetski vidik pestrosti v kombinaciji z dimenzijami pestrosti, analiziramo v prostoru in času. Glede na prostorsko ali časovno komponento razlikujemo alfa, beta in gama pestrost. V gradientu prostora obravnavamo procese: razmerje med površino ozemlja in diverziteto, odziv diverzitete vzdolž gradienta geografske širine in odziv diverzitete vzdolž gradienta nadmorske višine. V časovni komponenti raziskujemo dnevno variabilnost (dnevno nočni ritem), sezonsko variabilnost (med letnimi časi), variabilnost v dalj časa trajajočih obdobjih (več let ali desetletij) in evolucijsko dimenzijo variabilnosti spreminjanje pestrosti v zemeljskih časovnih obdobjih. Variabilnost posameznih vidikov biodiverzitete obravnavamo tudi v kontekstu abiotskih in biotskih gradientov. Kjer sta vidika obravnave odziv biodiverzitete na spreminjajoče se dejavnike okolja in medvrstne interakcije. V kontekstu ekoloških gradientov je pomemben dejavnik filtriranje vrst (mobilnost, okoljski filtri, biotski filtri).

Ključne besede:

biodiverziteta, vrstna bogastvo, vrstna pestrost, funkcionalna pestrost, filogenetska pestrost

Pri pisanju članka sem imel pred seboj izhodišča 3. slovenskega kongresa o vodah. Katerega namen je tudi vzpostavljanje dialoga med strokami, razumevanjem različnih pogledov na stanje, varstvo in biodiverziteto voda in povezovanjem znanj različnih strok. Ta prispevek je namenjen razumevanju makroekologije in pristopom v analiziranju in ocenjevanju biodiverzitete. Ocenjevanje biodiverzitete izvajamo na podlagi podatkov o vrstni sestavi, podatkov o morfologiji in ekologiji vrst in podatkov o genetskih lastnostih vrst, ki sestavljajo združbe, tudi združbe vodnih organizmov. Obenem je prispevek prikaz aktualnega stanja biodiverzitete, razvoja v analizi biodiverzitetnih podatkov in biodiverzitetni pismenosti (Janžekovič 2022).

1. Makroekologija

Termin **makroekologija** (ang. Macroecology) sta uvedla Brown in Maurer leta 1989 (Brown 1995). Definirala sta jo kot vedo o globalni porazdelitvi in vzorcih biodiverzitete v prostoru in času z obravnavo številnih vrst. Makroekologija sodi v naravoslovje med ekološke znanosti. Združuje vidike biogeografije, ekologije in evolucijske biologije.

Pri vrednotenju variabilnosti biodiverzitete se opiramo na integracijo različnih nizov podatkov. Poleg popisov biodiverzitete v njeno ocenjevanje vključujemo podatke o klimi, ter drugih fizikalnih in kemičnih lastnostih okolja. Vse navedeno vključuje še prostorsko in časovno razsežnost. Zato odzivanje biodiverzitete na biotske in abiotske dejavnike razlagamo z raznolikimi statističnimi in numeričnimi pristopi.

Sedanje geološko obdobje se imenuje **antropocen**, zaradi planetarnega vpliva delovanja ljudi. Obenem smo priča **šestemu masovnemu izumiranju** vrst (ang. Sixth Mass Extinction), kot posledica uničevanja in fragmentacije habitatov, polucije, netrajnostne rabe populacij in preseljevanja organizmov (Kolbert 2018). Biodiverzitetno krizo v kateri se nahajamo in razumevanje večplastnih dejavnikov s sistemskim vplivom, ki jo povzročajo, lahko analiziramo in razlagamo z makroekološkimi raziskavami. Reševanje izzivov biodiverzitetne krize je mogoče le z interdisciplinarnim pristopom. Makroekologija prispeva ključne elemente za opis sedanjega stanja biodiverzitete, napovedovanje prihodnjih scenarijev v njenem razvoju in znanje za strateško ukrepanje pri ohranjanju biodiverzitete.

Z vključevanjem preteklih evolucijskih dogodkov v makroekološke raziskave, s pomočjo filogenetskih informacij, in z razlago človekovega vpliva na naravo lahko izboljšamo razumevanje procesov, ki določajo vzorce in procese biodiverzitete. Napovedovanje prihodnje porazdelitve biodiverzitete, glede na projekcije razvoja klime, rabe prostora in izčrpavanja naravnih virov, je pomembno orodje za oceno posledic na biodiverziteto. Izvajanje naravovarstvenih ukrepov za ohranitev biodiverzitete je uspešneje z interdisciplinarno perspektivo, v kateri se dopolnjujejo tako naravoslovne kot družboslovne vede.

2. Biodiverziteta

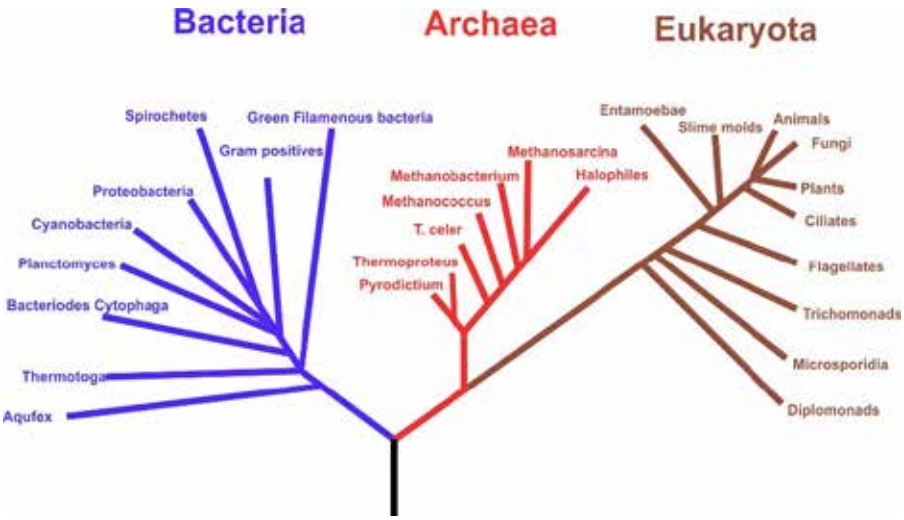
Z besedo **biodiverziteta** opredeljujemo pestrost in variabilnost živega sveta na Zemlji (Gaston in Spicer 2004). Zavedanje in pomen biodiverzitete za dobrobit človeštva in življenja na Zemlji je bil leta 1992 prepoznano v Združenih narodih in formalizirano v *Konvenciji o biološki raznovrstnosti* (ang. Convention on Biological Diversity CBD), ki jo je ratificirala tudi Slovenija. Konvencija je bila leta 2000 dopolnjena s *Kartagenskim protokolom* in leta 2014 z *Nagoyskim protokolom*.

Biodiverziteta ni enakomerna razporejena po planetu. Na razporeditev kopenske biodiverzitete vplivajo predvsem: temperatura, padavine, nadmorska višina, zgradba tal in medvrstni odnosi med organizmi. Najvišja pestrost organizmov je praviloma v tropskih območjih in se zmanjšuje proti poloma. Diverziteta kopenskih organizmov je približno 25 krat višja od morske biodiverzitete. Evidentirana planetarna biodiverziteta je okrog 1,5 milijona vrst, napovedana pestrost vrst znaša 8,7 milijona vrst, od tega 2,2 milijona morskih (Preglednica 1). Inventar vrst vodijo v projektu Katalog življenja (ang. Catalogue of Life). V letu 2021 je bilo znanih 1.898.157 vrst organizmov (www.sp2000.org).

Sistematika živih bitij je še vedno hitro rastoča in spreminjajoča se strokovna disciplina. Sodobna klasifikacija organizmov po načelih kladistike in z monofiletskim konceptom prepoznava tri domene (Slika 1). Taksonomska kategorija kraljestvo izgublja pomen, saj rang kraljestvo ne sledi monofiletskemu konceptu.

Preglednica 1 Katalogizirano in napovedano število vrst na kopnem in v oceanih (Povzeto iz Mora in sod. (2011) in Biodiversity (2023))

Organizmi	Kopno		Oceani	
	Katalogizirano	Napovedano	Katalogizirano	Napovedano
Evkarionti				
Animalia	953.434	7.770.000	171.082	2.150.000
Chromista	13.033	27.500	4.859	7.400
Fungi	43.271	611.000	1.097	5.320
Plantae	215.644	298.000	8.600	16.600
Protozoa	8.118	36.400	8.118	36.400
Skupaj	1.233.500	8.740.000	193.756	2.210.000
Prokarionti				
Archaea	502	455	1	1
Bacteria	10.358	9.680	652	1.320
Skupaj	10.860	10.100	653	1.320
Skupaj	**1.244.360**	**8.750.000**	**194.409**	**2.210.000**



Slika 1 Filogenetsko drevo zasnovano na rRNA. Tri domene so razdeljene v številna kraljestva (Vzeto iz Kingdom Biology 2022)

Koncept biodiverzitete je večplasten (ang. Multifaceted) in vključuje tri strukturne vidike: vrstno, funkcionalno in filogenetsko pestrost, ki jih vrednotimo po treh dimenzijah: bogastvo, raznolikost in poravnanost (Preglednica 2). **Vrstni vidik** pestrosti obsega variabilnost v vrstni sestavi, tako na nivoju vrstne sestave lokalne združbe organizmov, spreminjanje vrstne sestave med združbami in vrstno sestavo na nivoju pokrajine. **Funkcionalni vidik** pestrosti obsega variabilnost ekomorfoloških, reproduktivnih in socio-etoloških lastnosti vrst. Omogoča primerjave med nabori vrst in mehanistično povezavo z ekosistemsko funkcionalnostjo vrst, njihovo odpornostjo in zmožnostjo okrevanja. **Filogenetski vidik** pestrosti obsega pestrost dednine. Ocenjevanje evolucijskih razdalj med vrstami, od njihove ločitve od skupnega prednika in oceno v dednini ohranjenih ekoloških in morfoloških razlik med vrstami. Nabor vrst obravnavamo najprej po treh vidikih diverzitete (vrstnem, funkcionalnem in filogenetskem) in potem še vsak posamezni vidik vrednotimo po treh dimenzijah (bogastvu, raznolikosti in poravnanosti). **Dimenzija bogastva** (ang. Richness) obsega število vrst, število stanj funkcionalnih znakov in število haplotipov. **Dimenzija raznolikosti** (ang. Divergence) obsega pestrost vrst, pestrost funkcionalnih znakov in pestrost haplotipov. **Dimenzija poravnanosti** (ang. Eveeness) obsega poravnanost v vrstni sestavi, poravnanost v funkcionalnih znakih in poravnanost v evolucijskih linijah (Preglednica 2).

Preglednica 2 Večplasten značaj biodiverzitete po treh vidikih in treh dimenzijah. Vsaka kombinacija vidika in dimenzija ima lasten nabor analiz (Navedene so oznake za samo eno - najbolj uveljavljeno cenilko.)

		Vidik diverzitete		
		Vrstni	**Funkcionalni**	**Filogenetski**
Dimenzija diverzitete	**Bogastvo**	Vrstno bogastvo, *S*	Funkcionalno bogastvo, *FRic*	Filogenetsko bogastvo, *PD*
	Pestrost	Vrstna pestrost, *H'*	Funkcionalna pestrost, *FDis*	Filogenetska pestrost, *avPD*
	Poravnanost	Vrstna poravnanost, *Ha*	Funkcionalna poravnanost, *FEve*	Filogenetsko poravnanost, *IC*

Vrstni, funkcionalni in filogenetski vidik diverzitete v kombinacijo z dimenzijo analiziramo tudi po komponentah prostora in časa. Pri tem je osnovna enota analiziranja nabor vrst (ang. Species Assembly), ki smo jih zajeli z vzorčenjem; enota vzorčenja pa je vzorec. Glede na prostorsko ali časovno komponento razlikujemo alfa, beta in gama diverziteto. V gradientu prostora obravnavamo procese: razmerje med površino ozemlja in diverziteto, odziv diverzitete vzdolž gradienta geografske širine in odziv diverzitete vzdolž gradienta nadmorske višine. V časovni komponenti raziskujemo dnevno variabilnost (dnevno nočni ritem), sezonsko variabilnost (med letnimi časi), variabilnost v dalj časa trajajočih obdobjih (več let ali desetletij) in evolucijsko dimenzijo variabilnosti to je spreminjanje diverzitete v zemeljskih časovnih obdobjih.

Variabilnost posameznih vidikov biodiverzitete obravnavamo tudi v kontekstu abiotskih in biotskih gradientov. Kjer sta vidika obravnave odziv biodiverzitete na spreminjajoče se dejavnike okolja in medvrstne interakcije. V kontekst ekoloških gradientov je pomemben dejavnik filtriranje vrst (mobilnost, okoljski filtri, biotski filtri).

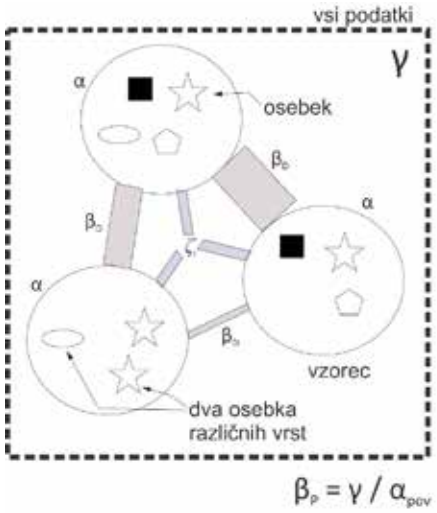
Vidike biodiverzitete obravnavamo tudi na različnih hierarhičnih nivojih telesne organizacije. V vrstni vidik vključujemo osebke vrst, torej njihovo prisotnost ali njihovo število oz. delež. V funkcionalni vidik obravnave vključujemo telesne dimenzije, prehrambne kategorije, razmnoževalne lastnosti, socialno-etološke lastnosti in druge ekološke lastnosti. V obravnavo filogenetskega vidika pestrosti vključimo filogentsko drevo, ki je narejeno na nukleotidnem zaporedju izbrane regije genoma.

2.1 Vrstno bogastvo, vrstna pestrost in vrstna poravnanost

Vrstni vidik biodiverzitete prepoznavamo po treh dimenzijah: vrstno bogastvo, vrstna pestrost in vrstna poravnanost. Vrstno bogastvo (ang. Species Richness) je skupno število vrst v vzorcu, v združbi ali v regiji. **Vrstno bogastvo** določimo z ugotavljanjem prisotnosti (prezenci), tj. s preštetjem vrst v vzorcu, pri čemer ne upoštevamo njihove številčnosti (abundance). Štetje vrst je po navadi pristransko,

vrednost je podcenjena glede na dejansko število vrst v združbi. S povečanjem raziskovalnega dela (s preštevanje večjega števila osebkov, pregledovanjem večjega števila vzorčenih enot ali z vzorčenjem na večjem območju) se namreč veča število odkritih vrst.

Kljub navidezni razumljivosti koncepta vrstnega bogastva sta njegova interpretacija in analiza večplastni. Vrstno bogastvo razumemo kot število vrst v združbi ali na določenem območju (lokalni nivo), kar imenujemo točkovna diverziteta oz. ***α*** **diverziteta** (alfa diverziteta). Različno sestavo vrst med združbami imenujemo vrstni obrat. To sta ***β*** **diverziteta** (beta diverziteta) in ***ζ*** **diverziteta** (zeta diverziteta). Tretji nivo je skupno število vrst v celotni regiji oz. v skupini obravnavanih združb (regionalni nivo), kar imenujemo ***γ*** **diverziteta** (gama diverziteta) (Slika 2).



Slika 2 Shematski prikaz alfa, beta, zeta in gama diverzitete (vzeto iz Janžekovič 2023). α – alfa diverziteta (število vrst v vzorcu). αpov – povprečna alfa diverziteta. βD – vrstni obrat; širša siva povezava med vzorcema pomeni višjo podobnost (oz. ozko polje pomeni manjšo podobnost). βP – prava beta diverziteta, razmerje med nivojem gama in alfa. ζi – zeta diverziteta, vrstni obrat med več lokalitetami. γ – gama diverziteta (število vrst v celotnem podatkovnem nizu, združbi ali regiji)

Vrstna pestrost (ang. Species Diversity) je razmerje med vrstnim bogastvom in abundanco vrst. Vrstno bogastvo podamo s številom vrst, abundanco pa s številom osebkov posamezne vrste. Poznamo več cenilk za vrednotenje vrstne pestrosti, najpogosteje uporabljeni v ekoloških študijah sta Simpsonov indeks *D* in Shannonov indeks *H'* (Preglednica 3). Simpson daje izračun verjetnosti, da dva osebka, ki ju naključno odvzamemo iz vzorca, pripadata isti vrsti. Shannon daje izračun verjetnosti, da bo osebek, ki ga naključno izberemo izmed *S* vrst in *N* osebkov, pripadal definirani vrsti. Šibkost omenjenih indeksov vrstne pestrosti je v njihovi interpretaciji. V nekaterih primerih so lahko vrednosti indeksa enake, čeprav izhajajo iz različnih kombinacij števila vrst in številčnosti. Zato je le na osnovi vrednosti indeksa nemogoče ugotoviti, kolikšen je njihov absoluten pomen.

Zaradi nedorečenosti v interpretaciji in primerjanju vrednosti indeksov vrstne pestrosti je prišlo do razvoja postopkov za njihovih standardizacijo, kar imenujemo **vrstna poravnanost** (ang. Species Evenness). V uporabi sta dva postopka standardizacije eden je s pomočjo podajanja vrstne pestrosti v enotah števila vrst in drugi je s cenilkami poravnanosti (Preglednica 3). Ko je vrstna pestrost podana v enotah števila vrst, govorimo o **efektivnem številu vrst** (ang. Effective Number of Species). V uporabi sta tudi termina Hillova diverzitetna števila in prava diverziteta (ang. True Diversity). Z drugimi besedami efektivno število vrst je mera za primerjanje pestrosti med vzorci. Na primer, če ima sosednja združba enako diverziteto kot referenčna združba, potem morata imeti obe združbi enako vrednost prave diverzitete oz. enako efektivno število vrst. Najpogosteje uporabljena cenilka prave diverzitete je Simpsonova recipročna diverziteta *1/D*.

S cenilkami poravnanosti oz. **indeksi poravnanosti** E_i (ang. Evenness Indices) podamo vrstno pestrost. Njihova zaloga vrednosti je od 0 do 1. V primeru, ko imajo vse vrste v vzorcu enako abundanco, tj. enako število osebkov, ima indeks poravnanosti največjo vrednost 1. Vrednost indeksa se približuje ničli, kakor abundance osebkov posameznih vrst divergirajo od enakosti in se približuje vrednosti 1, ko se abundance osebkov posameznih vrst izenačujejo. Ko je v vzorcu samo ena vrsta, je vrednost indeksa 0. Najpogosteje uporabljen je E_1 – Pieloujev indeks poravnanosti.

Preglednica 3 Dimenzije vrstnega diverzitete s pripadajočimi cenilkami in njihov opis

Dimenzije vrstne pestrosti	**Cenilka vrstne pestrosti**	**Opis**
Vrstno bogastvo	Vrstno bogastvo, *S*	Število vrst v vzorcu.
Vrstna pestrost	Margalefov indeks, *R1* Menhinickov indeks, *R2* Odumov indeks, *R3*	Razmerje med vrstnim bogastvom in skupno abundanco.
	Simpsonov indeks, *D*	Verjetnosti, da dva naključno odvzeta osebka iz vzorca, pripadata isti vrsti.
	Simpsonov indeks diverzitete, *1-D*	Obrnjena verjetnost, da dva naključno odvzeta osebka iz vzorca, pripadata isti vrsti.
	Shannonov indeks, *H'*	Verjetnosti, da bo naključno izbran osebek izmed S vrst in N osebkov, pripadal definirani vrsti.
Vrstna poravnanost	Simpsonova recipročna diverziteta, *1/D*	Vrstna pestrost podana v enotah števila vrst.
	Indeksi poravnanosti, E_i	Vrednost indeksa se približuje ničli, kakor abundance osebkov posameznih vrst divergirajo od enakosti in se približuje vrednosti 1, ko se abundance osebkov posameznih vrst izenačujejo.

2.2 Ocena vrstnega bogastva

Sestavni del biodiverzitetnih študij je ugotavljanje stopnje raziskanosti vrstnega bogastva, torej preverjanje, ali smo vložili dovolj raziskovalnega dela za odkrivanje vrst, oz. kdaj smo vložili dovolj dela, da lahko s popisovanjem končamo. Enak pristop

lahko uporabimo pri primerjanju popisov z različno količino vloženega dela. V ta namen izdelamo **akumulacijsko krivuljo vrst** SAC (ang. Species Accumulation Curve), iz katere razberemo: - ali še lahko pričakujemo dodatne vrste; - ali smo v iskanje vrst vložili dovolj dela, da lahko zaključimo s popisovanjem; - SAC uporabimo za primerjavo vrstnega bogastva med območji.

Akumulacijsko krivuljo vrst lahko izvajamo iz dveh izhodišč: 1. glede na število vzorčenj – na vzorcih temelječa analiza ali 2. glede na skupno število vzorčenih osebkov – na osebkih temelječa analiza (Slika 3). Pri oceni vrstnega bogastva lahko izhajamo iz števila vzorčenih enot (ang. Sample–based Assessment) ali iz števila vzorčenih osebkov (ang. Individual–based Assessment). Ob naključnem vzorčenju ob enakem vložku raziskovalnega dela je razmerje med številom vzorčenj in številom osebkov linearno in ekvivalentno. To pomeni, da se oceni bogastva vrst, pridobljeni z enim ali drugim pristopom, bistveno ne razlikujeta.

Za oceno vrstnega bogastva obstajata dve skupini cenilk: ena skupina temelji na abundanci, druga na prezenci. Za izračun ocene bogastva vrst na podlagi abundance uporabimo cenilki *Chao1* ali *ACE*, za podatke o incidenci oz. pojavljanju (ang. Incidence Data) pa cenilke *Chao2*, *ICE*, *Jackknife1*, *Jackknife2* ali *Bootstrap*.



Slika 3 Krivulji akumulacije vrst in krivulji redčenja; pristop z metodo števila vzorcev in pristop z metodo števila osebkov. Asimptota je točka, v kateri krivulja doseže maksimum, se ustali in ne narašča več (Vzeto iz Janžekovič 2023)

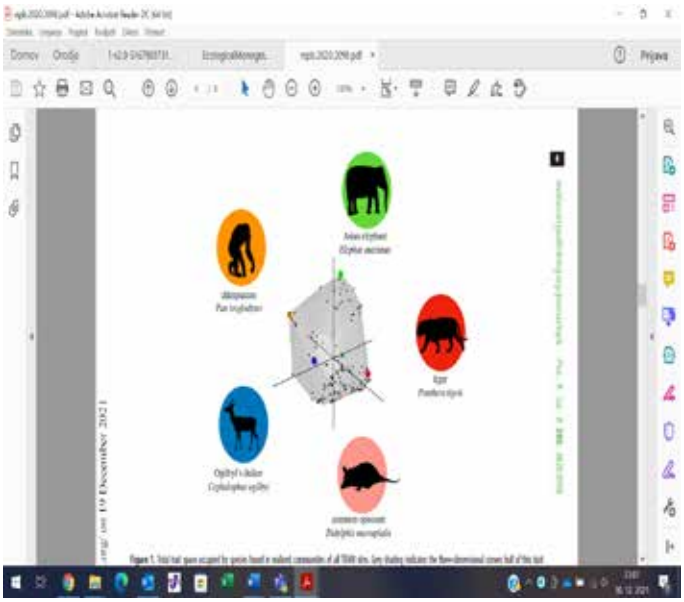
2.3 Funkcionalna pestrost

Funkcionalna pestrost (ang. Functional Diversity) je pestrost morfoloških, fizioloških, ekoloških, vedenjskih in/ali fenoloških lastnosti na nivoju osebka, populacije, vrste ali življenjske združbe. Lastnosti so spremenljivke, s katerimi opišemo značilnosti organizma, s katerimi je v interakciji z živim in neživim okoljem. Lastnosti dajejo sposobnost osebku, da se odziva na dražljaje oz. da deluje na okolje in druge organizme, vplivajo na njegovo preživetje, rast, razvoj in razmnoževanje. Posamezna lastnost organizma se imenuje **funkcionalni znak** (ang. Functional Trait), ki je merljiva značilnost osebka. Znotraj živalskih skupin obstajajo predlogi

funkcionalnih znakov, vendar le-ti še niso standardizirani, ne harmonizirani, niti ni poenotenega merjenja znakov (de Bello in sod. 2021).

Uvedba funkcionalnih znakov v raziskave biodiverzitete prispeva k boljšemu razumevanju nekaterih deterministični procesov v združbah npr. okoljsko filtriranje vrst in k razumevanju medvrstnih interakcij, ki dejansko delujejo na lastnostih osebka in ne na njegovi taksonomski identiteti. Za razumevanje sestave združbe in procesov v združbi ter odzivanje združbe na spremembe okolja je bolj informativen nabor funkcionalnih znakov v združbi in njihova kombinacija kot sama taksonomska sestava združbe.

S funkcionalno pestrostjo vrednotimo bogastvo, raznolikost in poravnanost *S* vrst s *T* znaki v *T*-dimenzionalnem prostoru (Slika 4). Cenilke računamo bodisi na prezenci (podatek o prisotnosti vrst) bodisi jih utežimo z relativno abundanco vrst (podatek o številu osebkov vrst). Glede na število znakov vključenih v obravnavo, razlikujemo enodimenzionalni pristop, pri obravnavi enega samega funkcionalnega znaka, oz. multidimenzionalni pristop pri istočasni obravnavi dveh ali več znakov. V obeh primerih informacijo o funkcionalni pestrosti objekta strnemo v eno samo cenilko. Na večjem, makroekološkem merilu lahko prikažemo odnos funkcionalne pestrosti vzdolž gradienta, npr. vzdolž geografske širine, nadmorske višine ali klimatskega gradienta.



Slika 4 Funkcionalno bogastvo združbe je predstavljeno z znakovnim prostorom (minimalni konveksni poligon v sivi barvi), ki ga oblikuje nabor vrst. Vrste (na poligonu, označene s pikami) so razporejene v tridimenzionalnem prostoru (tri osi). Položaj izbranih vzorčnih vrst je na poligonu označen z barvnimi pikami in tudi silhuete živali so označene z isto barvo. Volumen poligona predstavlja funkcionalno bogastvo. Razporeditev vrst (pik) predstavlja različne usmeritve in stopnje specializacije funkcionalnih znakov (Vzeto iz Gorczynski in sod. 2021)

Funkcionalno pestrost prepoznavamo po treh dimenzijah: funkcionalno bogastvo, funkcionalna raznolikost in funkcionalna poravnanost. Vsaka temelji na drugačni metriki, pregled dimenzij funkcionalne pestrosti ter pripadajočih cenilk je v Preglednici 4. **Funkcionalno bogastvo** (ang. Functional Richness) je merilo celokupnega obsega funkcionalne pestrosti. Prikažemo ga z velikostjo poligona znakovnega prostora. Velikost poligona je pokazatelj funkcionalnega bogastva združbe. V primerjavah med skupinami nas zanima relativna velikost poligona posamezne skupine in prekrivanje med poligoni. **Funkcionalna pestrost** (ang. Functional Divergence) je merilo porazdelitve vrst in njihovih abundanc vzdolž osi funkcionalnih znakov. Navadno je izražena kot povprečna razdalja med objekti ali kot povprečna razdalja med objektom in centroidom celotne združbe. Večja razpršenost objektov običajno razlagamo kot posledico specializacije, in s tem razhajanj med vrstami, s čimer se zmanjšuje kompeticija med njimi. **Funkcionalna poravnanost** (ang. Functional Evenness) vključuje cenilke, ki vrednotijo funkcionalno pestrost, če bi bili vsi objekti zastopani v enakem številu (z enako abundanco).

Preglednica 4 Tri multivariatne dimenzije funkcionalne pestrosti s pripadajočimi cenilkami, njihov opis in tip podatkov, s katerimi jih izračunamo

Dimenzije funkcionalne pestrosti	**Cenilka funkcionalne pestrosti**	**Opis**	**Podatki s katerimi jih izračunamo**
Funkcionalno bogastvo	Funkcionalno bogastvo, *FRic*	Volumen poligona	Vrednosti znakov ali glavnih koordinat. Na poligonih temelječe analize.
Funkcionalna pestrost	Funkcionalno razhajanje, *FDiv*	Odstopanje vrste od centroida, uteženo z relativno abundanco	
	Funkcionalna razpršenost, *FDis*	Povprečna razdalja vrst od centroida vseh vrst	Matrika razdalj. Na razdaljah temelječe analize.
	Raova kvadratna entropija, *Q*	Vsota razdalj med pari vrst, utežena z relativno abundanco	
	Funkcionalna specializiranost, *FSpe*	Evklidove razdalje vrst od centroida, utežene z relativno abundanco	
Funkcionalna poravnanost	Funkcionalna poravnanost, *FEve*	Vsota razdalj MST, utežene z relativno abundanco	Vrednosti znakov ali glavnih koordinat. Na poligonih temelječe analize.

2.4 Filogenetska pestrost

Filogenetska informacija je v sodobni ekologiji ključnega pomena, še posebej v njenih disciplinah makroekologiji, ekologiji združb in varstveni biologiji. **Filogenetska pestrost** (ang. Phylogenetic Diversity) je vrednotenje biodiverzitete na podlagi filogenetskih odnosov med taksoni. Filogenetska pestrost je cenilka biodiverzitete s katero izrazimo pestrost skupine organizmov na podlagi njihove evolucijske zgodovine. Informacija o evoluciji organizmov je zajeta v njihovi filogeniji oz. v filogenetski rekonstrukciji. V analizo filogenetske pestrosti vključimo nabor vrst, filogenetske odnose med njimi ocenimo na podlagi podobnosti homolognih nukleotidnih zaporedij. Informacija o odnosih med taksoni je zajeta

v obliki filogenetskega drevesa, ki je osnova za ocenjevanje filogenetske pestrosti. Filogenetsko drevo je graf v obliki drevesa, s katerim so predstavljeni evolucijski odnosi. Besedo »drevo« in terminologijo njegovih sestavin: »korenina, veje, razvejišča in listi« uporabljamo kot sinonime za opisovanje evolucijskih odnosov. Osnovna terminologija sestavin filogenetskega drevesa obsega korenino (izhodišče drevesa s hipotetičnim skupnim prednikom vseh vključenih vrst), veje (evolucijske linije med dvema razvejiščema), notranje razvejišče (evolucijski nastanek dveh taksonov – potomcev iz skupnega prednika) in zunanje razvejišče z listom (konec veje, ki se konča z vrsto). Vzorec razporeditve razvejišč in taksonov na drevesu je topologija drevesa. Topologija drevesa, ki predstavlja vstopno informacijo za analizo filogenetske diverzitete je podana v obliki Newick formata. Tip drevesa, ki ga analiziramo, je koreninjeno, ultrametrično drevo, ki je v celoti razrešeno. To pomeni, da so razdalje od korenino do listov enake za vse taksone in da so vsa razvejišča dihotomna oz. drevo ne vsebuje politomij. Topologija z razvejanostjo drevesa predstavlja akumulirane lastnosti v genomu med evolucijskimi linijami. Na tej podlagi je razvita raznolika filogenetska metrika za oceno filogenetske pestrosti za vse tri dimenzije: bogastvo, raznolikost in poravnanost. **Dimenzija bogastva** temelji na vsoti akumuliranih filogenetskih razlik med vrstami. **Dimenzija raznolikosti** temelji na povprečni razdalji med vrstami. **Dimenzija poravnanosti** temelji na varianci raznolikosti med vrstami. V statističnem kontekstu lahko poenostavimo, da bogastvo temelji na številu lastnosti, raznolikost na razlikah oz. razdaljah med lastnostmi in poravnanost temelji na širini variabilnosti lastnosti (Slika 5). Danes poznamo več kot 70 cenilk filogenetske pestrosti na vseh treh dimenzijah, vključujoč oceno alfa in beta diverzitete (Preglednica 5) (Tucker in sod. 2017).

Preglednica 5 Tri dimenzije filogenetske pestrosti s pripadajočimi cenilkami, njihov opis in tip podatkov, s katerimi jih izračunamo

Dimenzije filogenetske pestrosti	**Cenilka filogenetske pestrosti**	**Opis**
Filogenetsko bogastvo	Filogenetska pestrost, *PD*	Velikost filogenetskega drevesa za alfa diverziteto glede na skupno dolžino vej.
	Filogenetska pestrost obtežena z abundanco, *ΔnPD*	Velikost filogenetskega drevesa za alfa diverziteto glede na skupno dolžino vej in obteženo z abundanco vrst.
	Filogenetski endemizem, *PE*	Velikost filogenetskega drevesa za alfa diverziteto glede na skupno dolžino vej.
	Filogenetsko vrstno bogastvo, *PSR*	Velikost filogenetskega drevesa za alfa diverziteto glede na razdalje med pari vrst.
	Vsota evolucijskih posebnosti, ED	Velikost filogenetskega drevesa za alfa diverziteto glede na skupno dolžino vej glede na filetsko izolacijo.
	Unifrac	Ocena beta diverzitete med nabori vrst, glede na delež skupnih vej v topologiji drevesa.

Dimenzije filogenetske pestrosti	**Cenilka filogenetske pestrosti**	**Opis**
Filogenetska raznolikost	Povprečna filogenetska pestrost, *avPD*	Porazdelitev vrst na filogenetskem drevesu glede na relativno dolžino vej.
	Povprečna filogenetska pestrost obtežena z abundanco, *avPDAb*	Porazdelitev vrst na filogenetskem drevesu glede na relativno dolžino vej obteženo z abundanco vrst.
	Povprečna razdalja najbližjega taksona, *MNTD*	Porazdelitev vrst na filogenetskem drevesu glede na razdalje med pari vrst.
	Povprečna evolucijska posebnost, *mean(ED)*	Porazdelitev vrst na filogenetskem drevesu glede na filetsko izolacijo.
	Beta diverziteta temelječa na povprečni filogenetski razdalji, *Dpw*	Cenilke za oceno beta diverzitete med dvema naboroma vrst, temelji na relativni dolžini vej.
Filogenetska poravnanost	Collesov indeks, *IC*	Kvantifikacija poravnanosti vrst po topologiji filogenetskega drevesa.
	Varianca razdalj med pari, *VPD*	Kvantifikacija poravnanosti vrst po razdalji med pari v filogenetskem drevesu.
	Varianca evolucijske posebnosti, *var(ED)*	Kvantifikacija poravnanosti vrst glede na izolacijo v filogenetskem drevesu.



Slika 5 Konceptualni diagrami izračuna posamezne od treh dimenzij filogenetske pestrosti. Filogenetsko drevo je koreninjeno, ultrametrično in razrešeno. Topologija drevesa z razvejanostjo predstavlja evolucijske odnose med vrstami od A do I. Vrste so združene v tri skupine: A – D rumena skupina, E – G modra skupina in H – I zelena skupina. Tri skupine predstavljajo akumulirane razlike med taksoni. Pri dimenziji bogastvo so s poligoni označene veje, katerih dolžino seštejemo. Pri dimenziji raznolikost so s puščicami označene razdalje med vrstami, ki jih ovrednotimo. Pri dimenziji poravnanost so s pravokotniki označena enakovredna razmerja med vrstami in z barvo vrednost, ki pripada posameznemu kladu (Vzeto iz Janžekovič 2023)

3. Viri

[1] Biodiversity (2023). Wikipedia. Preneseno dne 2. 6. 2023, iz https://en.wikipedia.org/wiki/Biodiversity.

[2] BROWN, J.H., 1995. Macroecology. The University of Chicago Press. Chicago.

[3] DE BELLO, F., CARMONA, C.P., DIAS, A.T.C., GÖTZENBERGER, L., MORETTI, M., BERG, M.P., 2021. Handbook of Trait-Based Ecology. From Theory to R Tools. Cambridge: University Press.

[4] GASTON, K.J. AND SPICER J.I. 2004. Biodiversity: An Introduction. Second Edition. Oxford: Blackwell Publishing.

[5] GORCZYNSKI, D., HSIEH, C., TONOS, L.J., AHUMADA, J., ESPINOSA, S., JOHNSON, S., ROVERO, F., SANTOS, F., HUGUES ANDRIANARISO, H., HURTADO ASTAIZA, J., JANSEN, A.P, KAYIJAMAHE, C., GUIMARÃES MOREIRA LIMA, M., SALVADOR, J., BEAUDROT, L., 2021.Tropical mammal functional diversity increases with productivity but decreases with anthropogenic disturbance. *Proceeding Royal Society B,* 288: 20202098. https://doi.org/10.1098/rspb.2020.2098.

[6] Janžekovič, B., 2022. Insights into Biodiversity Literacy: A Proposed Model. *American Biology Teacher*, 84(8): 456-458

[7] JANŽEKOVIČ, F., 2023. Makroekologija Analiza biodiverzitetnih podatkov. Maribor: Univerzitetna založba.

[8] Kingdom (Biology) (2022). Wikipedija. Preneseno dne 25. 10. 2022, iz https://en.wikipedia.org/wiki/Kingdom_(biology).

[9] KOLBERT, E., 2018. Šesto izumiranje. Ljubljana: UMco.

[10] MORA, C., TITTENSOR, D.P., ADL., S., SIMPSON, A.G.B., WORM, B., 2011. How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? *PLoS Biol*, 9(8): e1001127. doi:10.1371/journal.pbio.1001127.

[11] TUCKER, C.M., CADOTTE, W.M., CARVALHO, B.S., JONATHAN DAVIES, T.J., FERRIER, S., FRITZ, A.S., GRENYER, R., HELMUS, R.M., JIN, S.L., MOOERS, O.A., PAVOINE, S., PURSCHKE, O., REDDING, W.D., ROSAUER, F.D., WINTER, W. MAZEL, F., 2017. A guide to phylogenetic metrics for conservation, community ecology and macroecology. *Biological Reviews*, 92: 698–715. doi: 10.1111/brv.12252.

TESTIRANJE METOD ODSTRANJEVANJA INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST RASTLIN NA VODNIH IN PRIOBALNIH ZEMLJIŠČIH V OKVIRU PROJEKTA LIFE-IP NATURA.SI

DITKA ČAKŠ COPOT, univ. dipl. inž. grad., dr. MOJCA HROVAT, univ. dipl. biol.,
dr. NATAŠA SMOLAR-ŽVANUT, univ. dipl. biol.,
IZTOK KAVČIČ, univ. dipl. kraj. arh.

Direkcija RS za vode

POVZETEK

V okviru projekta LIFE integrirani projekt za okrepljeno upravljanje Nature 2000 v Sloveniji (LIFE-IP NATURA.SI), katerega temeljni namen je povezovanje sektorjev za izboljšanje upravljanja Nature 2000, se izvajajo tudi konkretne akcije ohranjanja ciljnih vrst in habitatnih tipov območij Natura 2000 na terenu. Pod vodstvom Direkcije RS za vode v projektu poteka izvedba revitalizacijskega ukrepa, ki naslavlja odstranjevanje tujerodnih vrst rastlin (ITV), na pilotnem območju Dravinjska dolina. Prednostno se odstranjuje japonski dresnik (*Fallopia spp.*), ki se intenzivno pojavlja na vodnih in priobalnih zemljiščih Dravinje ter s tem poslabšuje stanje habitatov.

Ukrep odstranjevanja ITV je načrtovan celostno z vidika ciljev zmanjševanja poplavne ogroženosti, doseganja dobrega ekološkega stanja voda in doseganja ugodnega stanja habitatov. Zajema odstranjevanje ITV, sonaravno ureditev brežin in vzpostavitev domorodne obrežne zarasti. Izvajanje ukrepa se je pričelo v letu 2021 in je predvideno za tri leta. Odstranjevanje ITV poteka na petih lokacijah na Dravinji v Draži vasi nad sotočjem z Oplotnico. Za lokacije so bile v odvisnosti od njihovih značilnosti podrobneje opredeljene metode odstranjevanja ITV. Z namenom pridobitve znanj o učinkovitosti metod so bile izbrane štiri metode: omejevanje z vrbovimi popleti, omejevanje s prekrivanjem s filcem, intenzivno izčrpavanje s košnjo ter prekrivanje s kovinsko mrežo. Metode se že uporabljajo v slovenskem in evropskem prostoru, vendar pa so na vodnih in priobalnih zemljiščih zaradi zahtevnosti izvajanja slabo poznane in uporabljane.

Ključne besede:

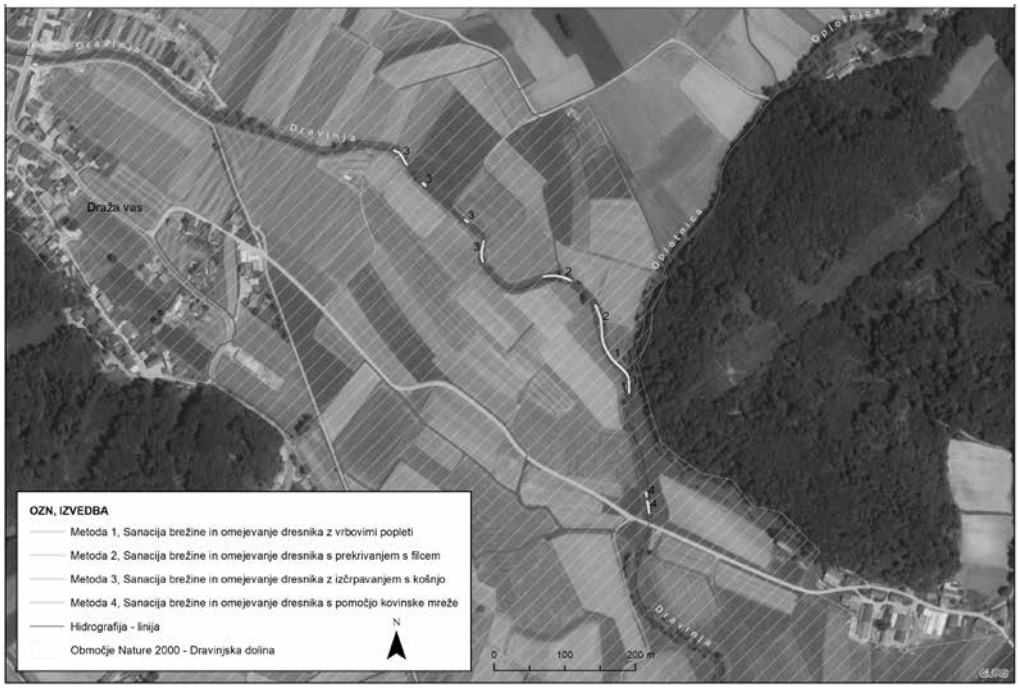
invazivne tujerodne vrste – ITV, japonski dresnik (*Fallopia* spp.), odstranjevanje, testiranje metod, vodna in priobalna zemljišča

1. Uvod

Direkcija Republike Slovenije za vode (DRSV) v okviru projekta LIFE integrirani projekt za okrepljeno upravljanje Nature 2000 v Sloveniji (LIFE-IP NATURA.SI) izvaja testiranje metod odstranjevanja invazivnih tujerodnih vrst rastlin na vodnih in priobalnih zemljiščih.

Temeljni namen projekta LIFE-IP NATURA.SI je povezovanje sektorjev za izboljšanje upravljanja Nature 2000 v Sloveniji. Poleg tega pa se izvajajo tudi konkretne akcije ohranjanja ciljnih vrst in habitatnih tipov območij Natura 2000 na terenu. Pod vodstvom DRSV tako poteka izvedba revitalizacijskih ukrepov na vodotokih na območju Štajerske, in sicer na štirih pilotnih Natura 2000 območjih: Volčeke (SI3000213), Dravinja s pritoki (SI3000306), Dravinjska dolina (SI5000005) in Ličenca pri Poljčanah (SI3000214). Revitalizacijski ukrep, ki naslavlja odstranjevanje tujerodnih vrst rastlin (ITV), se izvaja na pilotnem območju Dravinjska dolina (SI5000005) in je namenjen zmanjšanju prisotnosti ITV ter izboljšanju prehranjevalnega habitata vodomca (*Alcedo atthis*) ob vodotoku Dravinja. Prednostno se odstranjuje japonski dresnik (*Fallopia spp.*), ki se intenzivno pojavlja na vodnih in priobalnih zemljiščih Dravinje ter s tem poslabšuje stanje habitatov.

Ukrep odstranjevanja ITV je načrtovan celostno z vidika ciljev zmanjševanja poplavne ogroženosti, doseganja dobrega ekološkega stanja voda in doseganja ugodnega stanja habitatov. Zajema odstranjevanje ITV, sonaravno ureditev brežin in vzpostavitev obrežne zarasti. Izvajanje ukrepa se je pričelo v letu 2021 in je predvideno za tri leta. Odstranjevanje ITV poteka na petih lokacijah na Dravinji v Draži vasi nad sotočjem Dravinje z Oplotnico. Za lokacije so bile v odvisnosti od značilnosti posamezne lokacije podrobneje opredeljene metode odstranjevanja ITV.



Slika 1 Lokacije odstranjevanja ITV in načini izvedbe

Z namenom pridobitve znanj in informacij o učinkovitosti metod so bile izbrane štiri metode in sicer: omejevanje dresnika z vrbovimi popleti, omejevanje dresnika s prekrivanjem s filcem, intenzivno izčrpavanje s košnjo ter prekrivanje s kovinsko mrežo. Gre za izbrane in nadgrajene metode, ki se že uporabljajo v slovenskem in evropskem prostoru, vendar pa so na vodnih in priobalnih zemljiščih zaradi zahtevnosti izvajanja slabo poznane in uporabljane.

2. Testiranje metod odstranjevanja ITV na vodnih in priobalnih zemljiščih

2.1 Japonski dresnik

Japonski dresnik (*Fallopia spp.*) spada med 100 najbolj invazivnih rastlin sveta, njegova odstranitev pa je izredno težavna. Grmičasta trajnica zraste dva do tri metre visoko in ima močno razrasel koreninski sistem, ki lahko sega več metrov globoko. Jeseni nadzemni deli odmrejo, na površini ostanejo posušena stebla, korenike pa prezimijo. Kjer se dresnik razraste, tvori goste sestoje, ki izpodrivajo domorodno rastje. Najraje naseljuje zmerno vlažna rastišča, zaradi česar je zelo pogost ob vodotokih. Korenike lahko prodrejo skozi trd material, kot npr. beton ali asfalt, kar pa lahko povzroča težave tudi vodni infrastrukturi. Zaradi njegove sposobnosti regeneracije in reprodukcije je odstranjevanje dresnika težaven in dolgotrajen process, dodaten izziv pa predstavlja tudi obdelava odpadnega materiala, da se prepreči širjenje.

2.2 Izbor in vzpostavitev metod

V okviru projekta LIFE-IP NATURA.SI so bile opredeljene lokacije ob upoštevanju ciljev upravljanja voda in ohranjanja narave. Upoštevana je bila prisotnost vodomca, razraščenost ITV, obstoječe hidromorfološko stanje (degradiranost obvodnih zemljišč, predvsem obrežnega pasu) ter bližina povirja (z vidika zaščite povirnih delov in širjenja ITV dolvodno). V nadaljevanju so bile izbrane metode za lokacije, v odvisnosti od značilnosti posamezne lokacije. Cilj je bil preveriti učinkovitost izbranih metod ter možnost nadaljnje uporabe na vodnih in priobalnih zemljiščih.

Odstranjevanje ITV se izvaja na petih lokacijah na Dravinji, ki se nahajajo ob sotočju Dravinje z Oplotnico. Skupna dolžina odsekov je 247 m in zajema površino 877 m^2. Ukrep je bil načrtovan za obdobje treh let, s pričetkom v letu 2021. V letu 2022 se je izvajalo vzdrževanje metod in nadaljnje odstranjevanje dresnika. V letu 2023 se dela nadaljujejo.

Metoda 1 – omejevanje dresnika s pomočjo vrbovih popletov

Na izbrani lokaciji je dresnik z razraščanjem s koreninskim sistemom povzročil destabilizacijo in erodiranje brežine v dolžini 11 m. Jeseni 2021 se je po odstranitvi nadzemnih delov japonskega dresnika uredil naklon brežine (1:1 – 1:1,5), pri čemer so se odstranile tudi glavne korenine. Na dnu brežine se je na poškodovanih mestih

obnovila peta obrežne utrditve, nato pa se je na brežini vzpostavil vrbov poplet. Vrbove potaknjence se je prečno fiksiralo z vejami, ki se jih je z jeklenico pritrdilo ob pilote, vtisnjene v brežino. Potaknjence se je mestoma posulo z zemljino. Učinkovitost metode se je predhodno pokazala s študijo iz Avstrije (Hoerbinger in Rauch, 2019). Namen metode je, da vrba ki je v stiku z vodo, odžene v taki intenziteti, da prepreči nadaljnjo bujno razrast dresnika, hkrati pa s koreninskim sistemom stabilizira brežino.

Spomladi 2022 je vrbov poplet uspešno (> 90%) zavrl razrast dresnika. Dresnika je bilo količinsko manj kot pred izvedbo metode in je bil tudi manjše rasti. Vendar pa je bil še vedno prisoten na celotnem območju ukrepa. V nadaljevanju sezone se je izvedlo in po potrebi ponovilo pletje dresnika z gozdarskim srpom. V celotnem letu 2022 so bila opravljena tri selektivna pletja območja. Po tretjem pletju dresnik ni več odganjal intenzivno. Do konca leta 2022 je vrba dosegla višino cca 2,0 m in je bolj ali manj prekrivala celotno območje metode. Delov, kjer poplet sploh ne bi odgnal, ni.

Metoda je za vzpostavitev med zahtevnejšimi in relativno dragimi. Predvsem v prvih letih po vzpostavitvi metode je potrebnega precej vzdrževanja, da se prepreči preraščanje dresnika in da se vrbi zagotovi pogoje za rast. Že po dveh letih pa je opaziti precejšnje zmanjšanje dresnika na celotnem območju. Smatra se, da bo z nadaljno rastjo vrba z odvzemom prostora dresniku le-tega močno omejila in posledično zmanjšala njegovo prisotnost.



Slika 2 Metoda 1, jesen 2021 – pomlad 2023

Metoda 2 – omejevanje dresnika s prekrivanjem z materiali iz poliesterskih in polopropilenskih vlaken

Na tej lokaciji se je osnoval močan sestoj dresnika, ki je prav tako destabiliziral brežino in povzročil njeno erodiranje. Brežina se je obnovila in vzdolžno prekrila z materiali iz poliesterskih in polopropilenskih vlaken (v nadaljevanju filc). Jeseni 2021 so se odstranili nadzemni deli in glavne korenine dresnika, brežina pa izravnala za namen polaganja filca brez zračnih žepov. 400 g/m^2 težak črn filc se je polagal v širokih vzdolžnih pasovih z namenom zmanjšanja števila stikov in s tem možnosti

vdora vode pod površino filca. Spodnji rob filca se je ovil okoli železne rebraste palice, φ12 mm, ki se jo je stabiliziralo s sidri in kavlji. Brežina se je še dodatno stabilizirala s kovinsko mrežo in s svežimi vrbovimi piloti, ki se jih je vtisnilo skozi filc v brežino. Predvidevalo se je, da bodo vrbovi koli odgnali in delovali kot vegetativna sidra, ki stabilizirajo brežino. Prekrivanje s filcem je preizkušena metoda v Triglavskem narodnem parku, kjer se je izkazala za učinkovito.

V letu 2022 so odgnali skoraj vsi vrbovi piloti. Opaziti je bilo zgolj lokalne poganjke dresnika, predvsem na spojih filca, ob vrbovih pilotih in sidrih ter na robovih filca. Ti lokalni poganjki so se odstranili. Skozi sezono je vrba hitro rasla, tudi v sušnem obdobju. Razlog za to bi lahko bil, da filc zadržuje vodo. Poleti je bilo opaziti, da se skozi luknje v filcu prvič razrašča tudi drugo zelenje. Ob koncu sezone je vrba presegla 2,0 m. Območje je bilo zaraščeno, od daleč ni bilo več opazno, da je brežina prekrita s filcem. Dresnika skoraj ni bilo.

Ob zaključku testiranja metode je predvideno, da se umetni material (filc, mreža, sidra) odstrani. Pri tem je pomembno, da se to opravi ob pravem času, ko bo vrba že prevzela stabilizacijo brežine, ki se bo po odstranitvi filca izpostavila.

Metoda je najdražja med vsemi, predvsem zaradi dvojnega prekrivanja (s filcem in mrežo), kar pa je potrebno zaradi stabilizacije brežine. Za vzdrževanje je metoda enostavna, glavni problem bi lahko potencialno predstavljalo širjenje dresnika izven območja filca. Večji stroški ter zahtevnejše delo je predvideno ob koncu testiranja metode, ko bo potrebno nenaravne materiale odstraniti.



Slika 3 Metoda 2, jesen 2021 – pomlad 2023

Metoda 3 – intenzivna košnja

Metoda 3 zajema štiri lokacije, na katerih so se osnovali močni sestoji dresnika. Predvideno je izčrpavanje dresnika z izvajanjem intenzivne košnje na 14 dni, v času rastne sezone. Odstranitev se izvaja s pomočjo kos ali gozdarskih srpov, pri čimer se je izkazalo, da je najbolje rastlino odstraniti povsem ob tleh, v kolikor to ni mogoče pa cca 10 cm nad tlemi. Ker se dresnik lahko razmnožuje tudi z nadzemnimi deli, je treba zagotoviti, da odstranjena stebla ne odnese vodni tok. Prav tako ni dovoljeno

dolgotrajno deponiranje na brežini. Nadzemne dele dresnika se zbere v velike vreče in odpelje v sežig. Po dveh letih izvajanja metode je predvidena znatna oslabitev dresnika. V jeseni 2021 se je metoda začela izvajati, zato število košenj ni bilo zadostno, da bi lahko že bili vidni rezultati.

V letu 2022 se je prva odstranitev izvedla konec junija, ko je dresnik že dosegel višino cca 2 m. Dela so se izvajala do konca oktobra, izvedenih je bilo osem košenj. Ob začetku sezone je dresnik med posameznimi košnjami odgnal povprečno 40–60 cm, ponekod tudi nad 80 cm. V povprečju je tako dresnik v obdobju največje rasti zrasel na teden cca 30–45 cm. V zaključku rastne sezone se je košnja izvajala z večjo periodo od 14 dni, saj je dresnik rasel počasi.

Dresnik je zgolj po eni polni sezoni vidno oslabel, vendar pa to ni dovolj za samostojno vzpostavitev naravne grmovne oz. drevesne zarasti. Metoda hkrati zahteva veliko dela in posledičnih stroškov (organizacija, delovna sila in mehanizacija, ravnanje z odpadnim materialom itd.), zato ni za pričakovati, da bi jo lahko širše uporabljali.



Slika 4 Metoda 3, jesen 2021 – pomlad 2023

Metoda 4 – Omejevanje dresnika s pomočjo kovinske mreže

Zaradi neposredne bližine cestnega mostu je bila nujno potrebna sanacija dveh izbranih lokacij, na katerih je bila izbrana metoda polaganja mreže. Jeseni 2021 so se nadzemni deli dresnika odstranili, lokaciji pa prekrili s pocinkano mrežo z odprtinami 10 x 10 mm. Mreža se je pritrdila v tla s sponami do globine cca 60 cm, bila je enakomerno napeta in nad teren ni bila dvignjena več kot 3 cm. Metodo z mrežo uspešno uporabljajo v Angliji (Japanese Knotweed Solutions Ltd). Pričakovano je odmiranje dresnika v zgodnji fazi rasti zaradi majhnih odprtin v mreži.

Ob prvem ogledu v letu 2022 je bil dresnik prisoten, stebla na stiku z mrežo so bila močno stanjšana, poškodovana, posamezni poganjki pa so odmirali. Listi so manjši in šibkejši. Odmrla stebla so padla in se posušila, nekatera pa so uspela nad mrežo razviti nove korenine in poganjati naprej. Mreža je bila mestoma ločno napeta in dvignjena od terena, kar je predvidoma povzročal dresnik, ki se je lokalno poskušal razraščati pod njo.

Pri nadaljnjema testiranju metode se je polovica območja pokosila, na polovici pa so se pobirali zgolj odmrli poganjki. Sklepati je mogoče, da mreža sicer omejuje rast, vendar je ne preprečuje. Dresnik je tako na tem območju zacvetel, vendar kasneje kot bi sicer. Ob koncu sezone odmiranja praktično ni bilo več. Debelejši poganjki so do takrat že odmrli, ostali pa niso več rasli toliko, da bi jih mreža pričela ovirati.

Za vzpostavitev je metoda relativno draga, z vidika vzdrževanja pa je potrebno skrbeti predvsem za odmrle poganjke, ko le ti še niso povsem posušeni in je možnost odnašanja in širjenja na druge lokacije. Za ocenitev učinkovitosti metode je potrebna daljša perioda, da se bo pokazalo ali je mreža zadostna, da dresnik zadosti oslabi. Smiselno bi bilo poskusiti še z gostejšo mrežo, npr 0,5 × 0,5 cm, ki bi dresnik še bolj in prej omejila. Prednost metode je sicer ravno v tem, da mreža omogoča rast tudi drugemu manjšemu zelenju, ki ga trenutna mreža ne omejuje.



Slika 5 Metoda 4, jesen 2021 – pomlad 2023

3. Zaključki

DRSV v letu 2023 vstopa v zadnje leto testiranja metod odstranjevanja ITV na vodnih in priobalnih zemljiščih v projektu LIFE-IP NATURA.SI. V tej fazi se deloma že lahko opredelijo učinki metod. Za celovito analizo učinkovitosti posameznih metod pa bi bilo potrebno še daljše časovno obdobje, v katerem bi se lahko pokazala dejanska učinkovitost metod.

Pri vseh metodah odstranjevanja dresnika smo opazili, da je dresnik na območjih metod testiranja (v primerjavi z dresnikom v okolici območij testiranja) manjši, redkejši, manj vitalen, stebla so tanjša, listi so manjši, prehod v fazo cvetenja je kasnejši. Kljub temu nikjer nismo popolno odstranili dresnika, vidna pa je omejitev in zmanjšana prisotnost. Slednji se namreč prilagaja na različne načine, npr s širjenjem izven območja omejevanja ter s cvetenjem v času, ko to ni več pričakovano.

Ob zaključku triletnega obdobja se bodo pridobljeni rezultati ovrednotili celovito z vidika učinkovitosti posameznih metod, učinkovitosti odstranjevanja in omejitve dresnika, ekonomskega vidika, zahtevnosti vzpostavitve metode, potrebe po vzdrževanju in dolgoročne učinkovitosti metode.

4. Viri

[1] Hrovat M., Čakš Copot D., Goljevšček A., Kodre N., Kavčič I., Smolar-Žvanut N., Mazi T., 2022. Akcijski načrt za konkretne ukrepe za izboljšanje stanja ohranjenosti ciljnih Natura 2000 vrst in habitatov na pilotnih območjih Dravinja s pritoki (SI3000306), Dravinjska dolina (SI5000005) in Ličenca pri Poljčanah (SI3000214) ter Volčeke (SI3000213). Dostopno na: https://natura2000.gov.si/fileadmin/user_upload/Dokumenti/LIFE_IP_NATURA_SI/Rezultati/A.1.3_Akcijski_nacrt_vode_Dravinja_Dravinjska_dolina_Licenca_DRSV_v2_2023.pdf [dostop 16. maj 2023]

[2] Hrovat M., Čakš Copot D., Goljevšček A., Kavčič I., Repnik P., Smolar-Žvanut N., Mazi T., 2022. Letno poročilo o izvajanju konkretnih ohranitvenih ukrepov na pilotnem območju vode Štajerske za leto 2022 https://natura2000.gov.si/natura-2000/life-ip-natura-si/rezultati/ [dostop maj 2023]

[3] Hrovat M., Goljevšček A., Kavčič I., Repnik P., Smolar-Žvanut N., Mazi T., 2021. Odstranjevanje invazivnih tujerodnih vrst rastlin na vodnih in priobalnih zemljiščih Dravinje s pritoki za namen projekta LIFE–IP NATURA.SI v letu 2021, Projektna naloga št. 43033-3/2021-18

[4] Hrovat M., Čakš Copot D., Goljevšček A., Kavčič I., Repnik P., Smolar-Žvanut N., Mazi T., 2022. Odstranjevanje invazivnih tujerodnih vrst rastlin na vodnih in priobalnih zemljiščih Dravinje s pritoki za namen projekta LIFE–IP NATURA.SI v letu 2022, Projektna naloga št. 43033-3/2021-57

[5] Hrovat M., Čakš Copot D., Goljevšček A., Kavčič I., Repnik P., Smolar-Žvanut N., Mazi T., 2023. Odstranjevanje invazivnih tujerodnih vrst rastlin na vodnih in priobalnih zemljiščih Dravinje s pritoki za namen projekta LIFE–IP NATURA.SI v letu 2023, Projektna naloga št. 43033-3/2021-92

[6] Hrovat M., Čakš Copot D., Goljevšček A., Kavčič I., Smolar-Žvanut N., 2022. Letno poročilo 2021 – Odstranjevanje invazivnih tujerodnih vrst rastlin na vodnih in priobalnih zemljiščih Dravinje s pritoki za namen projekta LIFE–IP NATURA.SI v letu 2021

[7] Hrovat M., Čakš Copot D., Goljevšček A., Kavčič I., Smolar-Žvanut N., 2022. Letno poročilo 2022 – Odstranjevanje invazivnih tujerodnih vrst rastlin na vodnih in priobalnih zemljiščih Dravinje s pritoki za namen projekta LIFE–IP NATURA.SI v letu 2022

[8] https://natura2000.gov.si/natura-2000/life-ip-natura-si/ [dostop 16. maj 2023]

[9] https://www.gov.si/zbirke/seznami/seznam-invazivnih-tujerodnih-vrst-rastlin-in-zivali/japonski-dresnik-lat-fallopia-japonica/ [dostop 16. maj 2023]

SONARAVNO GRAJENI EKOSISTEMI ZA ZAŠČITO VODA

ANJA PUGELJ, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.,
URŠA BRODNIK, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.,
MIRAN RENČELJ, univ.dipl.biol.

LIMNOS d.o.o.

POVZETEK

Sonaravne rešitve imajo pomembno vlogo pri reševanju okoljskih izzivov. S strani Evropske Unije so prepoznane kot rešitve za pomoč pri krepitvi odpornosti na podnebne spremembe in zaščiti ekosistemov. Do leta 2050 naj bi pripomogle k doseganju končnega cilja zelenega prehoda – podnebne nevtralnosti. Ne glede na sprejet splošni družbeni konsenz o njihovi potrebnosti in učinkovitosti v našem prostoru, se stroka sooča z mnogimi izzivi vezanimi na njihovo implementacijo.

Pravilno se koncept »nature-based solutions (NBS)« prevaja z »na naravi temelječe rešitve«, vendar v nadaljevanju uporabljamo izraz sonaravne rešitve, saj predstavljeni projekti niso bili oblikovani skladno s smernicami, ki veljajo za koncept NBS (IUCN, 2010).

V prispevku se osredotočamo na načrtovanje in izvedbo sonaravnih rešitev, ki kvalitetno povežejo elemente lokacije, čistijo in zadržujejo vodo ter omogočajo kvaliteten habitat. Kot primer bomo navedli in predstavili:

a) sonaravno čiščenje in zadrževanje padavinskih voda za zaščito naravnega rezervata;

b) grajene ekosisteme za preprečevanje vnosa obremenjenih odcednih voda v vodotoke;

c) povečanje samočistilne učinkovitosti zadrževalnika padavinskih voda v poslovni coni.

Vsi primeri imajo skupni imenovalec v varovanju zaščitenih območij narave ter vode kot ključnih elementov krajine, ki podpira tako naravne procese (biološko pestrost) kot človekove dejavnosti (ekosistemske storitve). S sonaravnimi ukrepi povečujemo samočistilno sposobnost, zagotavljamo kvalitetnejši bivalni prostor za živa bitja ter ugodno vplivamo na mikroklimo.

Ključne besede:

sonaravne rešitve, zadrževalniki padavinskih voda, osuševalni jarki, samočistilna sposobnost

1. Uvod

Sonaravne rešitve so širok koncept, ki ga v slovenskem prostoru razumemo in poimenujemo različno. Del stroke takšne rešitve povezuje izključno z urbano hidrologijo, del pa na njih gleda širše, kot na prilagodljive rešitve za različne družbene izzive. Ne glede na to, kako jih poimenujemo (zelena infrastruktura, trajnostni sistemi za odvajanje padavinskih voda iz urbanih površin, na naravi temelječe rešitve, naravne rešitve), je njihov skupen imenovalec ta, da se pod okriljem pojmovanja sonaravnega pogovarjamo o konceptih ali konkretnih rešitvah, ki posnemajo delovanje naravnih procesov in ekosistemov. Od ostalih tradicionalnih rešitev se razlikujejo predvsem po svojem večnamenskem karakterju, saj z njihovo implementacijo ne rešujemo samo enega okoljskega izziva, ampak želimo doseči vrsto sinergijskih učinkov. Zato so tudi sonaravne rešitve prepoznane kot uspešno orodje za prilagajanje na podnebne spremembe.

Poleg različnega pojmovanja, ima stroka deljena mnenja glede učinkovitosti teh ukrepov. Ne glede na to, da se večina strinja, da so sonaravne rešitve v našem prostoru dobrodošle in pozitivni učinki niso zanemarljivi, naša inženirska narava poklica ne sprejema dobro razponov učinkovitosti. Učinkovitost namreč ni odvisna samo od notranjih procesov, ki jih vzpostavimo, ampak tudi od zunanjih faktorjev, na katere nimamo vpliva.

Sonaravne rešitve potrebujejo prostor. Pravilo je, da več prostora takšnim rešitvam damo, boljša bo njihova učinkovitost. Prav tako pa s tem ustvarimo več življenjskega prostora različnim prostoživečim organizmom in izboljšamo biodiverziteto okolja. Sonaravnega je lahko toliko, kolikor ga ljudje v okolici lahko sprejmejo. Ne moremo govoriti o sonaravnih rešitvah, v naslednjem trenutku pa omenjati, kaj vse nas moti ter kako podane rešitve adaptirati, da se naravni del čim bolj omeji (mrčes, zaraščenost, odpadlo listje, živali). Zavedanje, da sonaravne rešitve s seboj prinašajo življenje, ki se spreminja skozi čas, je pomembno že pri načrtovanju in komunikaciji z deležniki.

Individualen pristop, kjer se sonaravna rešitev umesti iz potrebe lokacije, je edini pravi pristop k projektiranju sonaravnih rešitev. Sonaravnih rešitev ne moremo izbirati iz kataloga s slikami. Katalog nas lahko kvečjemu usmeri in pomaga identificirati možne rešitve, na nas pa je, da rešitev prilagodimo dani situaciji. Pri tem upoštevamo: 1) prostor, ki ga imamo na voljo, 2) doseganje mejnih vrednosti, če te obstajajo, 3) biološke pogoje in 4) pričakovanja investitorja.

Ne glede na to, da sonaravne rešitve več ne veljajo za nov koncept, je za uspešnost projekta pomembno, da se že v zgodnji fazi projekta oblikuje odnos z deležniki in vzpostavi komunikacija o dejavnikih, ki lahko vplivajo na uspešnost projekta in doseganje njegovih sinergijskih učinkov. Prav ta del pa je v Sloveniji še premalo upoštevan. Koristna je tudi primerjava z drugimi konvencionalnimi rešitvami, saj sonaravne rešitve niso vedno absolutni zmagovalec, čeprav so velikokrat predstavljene na ta način.

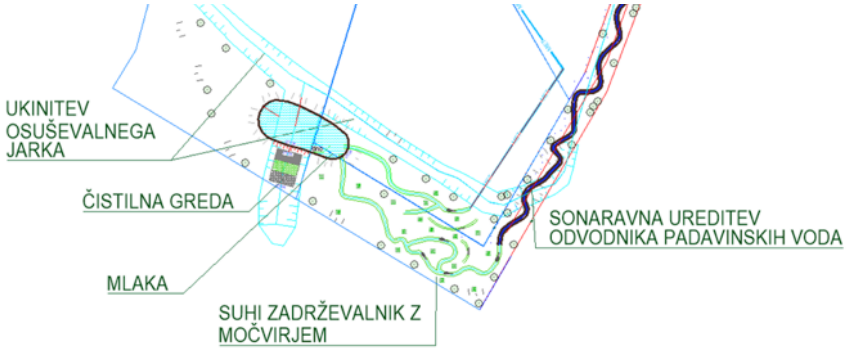
2. Sonaravno čiščenje in zadrževanje padavinskih voda za zaščito naravnega rezervata

Poseg izgradnje stanovanjskega območja v občini Kranj posega v območje enega najhitreje izginjajočih ekosistemov pri nas, mokrišč. Prisotni habitatni tipi so iz skupine močvirske vegetacije, na primer močvirja z ločki in širokolistno rogozovje. Poseg se nahaja na varovanem območju Natura 2000 Grad Brdo – Preddvor (ID območja: SI3000219). Vode z obravnavnega območja se stekajo na zavarovano območje in napajajo naravni rezervat glinokopnih bajerjev z okolico na Bobovku pri Kranju (ID območja: 1381).

Ker bi obravnavani poseg lahko povzročal negativne vplive na cilje zavarovanega območja, predvsem s spremembami v kvaliteti in hidrologiji voda, smo za investitorja oblikovali sonaravno zadrževanje in čiščenje padavinskih voda pred iztokom na območje naravnega rezervata.

Obravnavano zemljišče je slabo prepustno, vsa padavinska odteka površinsko preko melioracijskih jarkov, ki so bili zgrajeni v preteklosti zaradi izsuševanja kmetijske površine. Zaradi posega izgradnje stanovanjskih objektov, se načrtuje ukinitev večine melioracijskih jarkov, padavinske vode pa se bo odvajalo v prestavljen melioracijski jarek ob cesti. Namesto preprostega izkopa, ki bi vodo samo odvajal, bo jarek umeščen na način, da bo izkazoval povečano samočistilno sposobnost ter bo hkrati izvajal funkcijo zadrževanja vode in podpore habitata. Voda se bo nato preko tega glavnega padavinskega kanala zbirala v odprtem sonaravnem zadrževalniku, od koder se bo preko čistilne grede stekala v obstoječ južni melioracijski jarek in nato v cev vse do jezerca Ledvička in Bobovek. Na tak način bomo poustvarili prvotne kvalitete mokrišča, ki zaradi gradnje ne bodo izgubljene, obenem pa rešili izziv odvodnje meteorne vode.

Prvi glavni element predlagane sonaravne rešitve je jarek, ki bo razširjen in poglobljen. Po dnu padavinskega odvodnika se bo uredilo meandrirajočo strugo. Na ta način bo voda tekla po strugi in se razlivala po t.i. poplavni ravnici znotraj padavinskega odvodnika. Struga znotraj jarka se bo s časom sama premikala po jarku. Jarek bo zaraščen z vlagoljubno vegetacijo.



Slika 1: Prikaz glavnih elementov ureditve sonaravnega čiščenje in zadrževanje padavinskih voda za zaščito naravnega rezervata glinokopnih bajerjev z okolico na Bobovku pri Kranju (Limnos, 2022)

Voda iz padavinskega odvodnika bo pritekla v t.i. suhi zadrževalnik približne globine 80 cm, ki bo združeval elemente mokrotnega travnika, močvirja in mokrišča. Voda se bo razlivala po plitkih izkopanih meandrih z minimalnim naklonom. Razlivanje po širšem območju ustvarja razmere za naravno zadrževanje vode. Pretok se upočasni in daljši zadrževalni čas prispeva h temeljitejšemu usedanju trdih delcev in tudi odlaganju drugih snovi (okoljskih bremen). Dno zadrževalnika bo poraščeno z močvirsko vegetacijo, avtohtona drevesna in grmovna vegetacija pa posajena poredko v okolici. S tem bomo prestavili/nadomestili obstoječe mokrišče, ki bo izgubljeno na enem delu zaradi spremenjene namembnosti prostora.

Iz suhega zadrževalnika se bo voda prelivala v mlako, ki ne opravlja samo funkcije zadrževanja vode, ampak bo služila tudi kot habitat dvoživkam, čemur je prilagojena oblika (trapezni prerez) in globina mlake (0,35 m). Iztok iz mlake se bo izvedel s prelivanjem, brez rešetke, saj takšen iztok omogoča prehajanje živali.

Pred iztokom v cev, ki vodi do spodnjih jezerc, se bo umestila čistilna greda. Greda iz peska, porasla z rastlinami, bo služila kot dodaten čistilni element. Gre za nekakšen jez, ki pa je porozen in prepušča vodo, ki se ob tem razbremeni oz. očisti.

Opisana rešitev bo ohranjala močvirski ekosistem treh opuščenih glinokopnih bajerjev. Poleg tega pa bo izveden prenos močvirskega rastlinja na območje suhega zadrževalnika, s čimer bomo vsaj delno ohranili biotsko najbolj pestre mokrotne travnate površine.

V Sloveniji se ne zavedamo vrednosti naravnih povirnih območij, ki imajo pomembno vlogo pri uravnavanju procesov čiščenja podtalne pitne vode, blaženja lokalne mikroklime, predstavljajo pa tudi habitat različnim živalskim in rastlinskim vrstam. Košček za koščkom tovrstne habitate izgubljamo, pa vendar je na voljo pravna podlaga v Zakonu o ohranjanju narave, ki regulira posege z zahtevanimi po izravnalnih in omilitvenih ukrepih (ZON, čl. 102).

3. Grajeni ekosistemi za preprečevanje vnosa obremenjenih odcednih voda v vodotoke

Kmetijstvo je opredeljeno kot eden glavnih virov onesnaževanja površinskih in podzemnih voda. Spiranje iz kmetijskih površin predstavlja tveganje za vodne ekosisteme, habitate, zdravje ljudi in proizvodne dejavnosti. Presežek hranil lahko povzroča evtrofikacijo (cvetenje alg) površinskih voda, kar negativno vpliva na njeno kakovost in povzroči neželene motnje v ravnotežju organizmov v vodi.

Vzhodna polovica Slovenije je tradicionalno bolj kmetijska, kar omogočajo geografske danosti. Zato je kmetijsko najbolj obremenjena statistična regija v Sloveniji Pomurska regija, kjer je v uporabi 30 % ali več kmetijskih zemljišč glede na celotno površino regije, od tega je 84 % njiv. Sledita Podravska z 58 % in Posavska regija s 37 % njiv na 30 % ali več kmetijskih zemljišč glede na celotno površino regije. Onesnaževanje s hranili je prisotno na vodotokih kot so Velika Krka, Ledava, Mura, Pesnica, Drava, Savinja in Sava (NUV II, 2015). Več intenzivnega kmetijstva pomeni večje obremenitve voda, kar se kaže z nizkimi vodostaji in slabo kakovostjo

voda. Po pričakovanjih, je onesnaženje najbolj izrazito v severovzhodnem delu Slovenije.

Da bi izboljšali razmere za kmetovanje, so se od druge polovice 19. stoletja gradili osuševalni jarki. Največ jih je v Pomurju, sledi Podravska regija. V Sloveniji deluje 217 osuševalnih in namakalnih sistemov, ki so letos vključeni v redno letno vzdrževanje (Grabar, 2023). Osuševalni jarki opravljajo funkcijo odvajanja odvečne vode s kmetijskih površin, kar z vidika onesnaževanja površinskih voda pomeni hitrejši in večji vtok hranil in drugih onesnaževal ter degradacijo vodnih habitatov.

S ciljem zmanjšanja razpršenih obremenitev iz kmetijstva, smo v Sloveniji med leti 2019 – 2022 razvili sonaravno rešitev za zmanjšanje obremenitev iz osuševalnih sistemov, s poimenovanjem "grajeni ekosistemi". Temeljijo na povečanju naravnih procesov čiščenja (sedimentacija, filtracija, nitrifikacija, denitrifikacija, adsorpcija v biomaso in substrat) in uspešno odstranjujejo predvsem organsko obremenitev. Sistem sestoji iz glavnih strukturnih elementov, gradbenih in bioloških enot. Običajno gre za zaporedje sedimentacijskega bazena, ki mu sledi več čistilnih gred z močvirnim rastlinjem, ki delujejo po principu biološke čistilne naprave. Velikost grajenega ekosistema je odvisna od potreb – velikosti prispevne površine. Grajene ekosisteme se umesti v globlji osuševalni jarek (>0,5 m) in s tem očisti zaledne vode, ki se spirajo iz kmetijskih zemljišč, pri čemer ni večjega škodljivega vpliva na primarno funkcijo osuševalnih sistemov.



Slika 2: Shema grajenega ekosistema (levo) in prerez ene od oblik strukturnih elementov (čistilna greda s podpovršinskim tokom, desno) (Limnos, 2022)

Poleg svoje primarne funkcije, t.j. čiščenja vode s kmetijskih površin, grajeni ekosistemi večajo biotsko pestrost (preprečujejo izoliranost posameznih vrst) na poljedelskih površinah, ki so večji del degradirana. S prisotnostjo vode, vodno in obvodno vegetacijo so grajeni ekosistemi nadomesten habitat za številne nevretenčarje (npr. vodni hrošči, kačji pastirji, metulji) kakor tudi višje razvite živali (dvoživke, ptice).



Slika 3: Umeščen grajeni ekosistem pod vasjo Ardro pri Krškem, sestavljen iz zaporedja čistilnih gred s podpovršinskim in površinskim tokom v dolžini 140 m (Limnos, 2020)

Ni vsak osuševalni jarek primeren za izgradnjo sistema, zato je potrebno pri umeščanju preveriti več kriterijev. Grajene ekosisteme je najbolj smiselno graditi na lokacijah z največjimi obremenitvami. V takih primerih se z enim grajenim ekosistemom iz okolja odstrani več hranil, kot bi se jih z večimi grajenimi ekosistemi na manj obremenjenih lokacijah. Poleg tega jih je najbolj smiselno postaviti v čimbolj dolvodnem delu, blizu vodotoka. Na ta način skozi grajeni ekosistem steče največji delež obremenjene vode z obdelovalnih površin. Na splošno so za umeščanje primerna območja z intenzivnim kmetijstvom in neprepustno geološko podlago.

V Sloveniji smo do sedaj rešitev testirali na štirih lokacijah, eno izmed teh bomo predstavili v nadaljevanju.

Grajeni ekosistemi so bili umeščeni v osuševalni jarek v občini Mengeš. Vzhodno od jarka se nahajajo njive z različno kulturo, v njegovi neposredni bližini pa je tudi hlev z živino. Odtok s površin kmetijskega poslopja je v jarek speljan v t. i. sedimentacijski bazen, kjer se zadržita mulj in pesek, temu sledita odsek z umetnim meandriranjem in čistilna greda.

Sedimentacijski bazen je samo nekoliko razširjen in poglobljen melioracijski jarek. Objekt je namenjen prestrezanju in usedanju grobih delcev. Njegova funkcija je,

da zaščiti čistilni del ekosistema pred zamašitvijo z organskimi delci. Na iztoku je narejena prečna lesena pregrada.

Iz sedimentacijskega bazena voda vstopi v odsek umetnega meandriranja. Prečni objekti, gramozni odbijači (Slika 2), vodo prisilijo, da meandrira. Preusmerjajo tok vode stran od brežine, ga pospešujejo in vrtinčijo ter na ta način vodo bogatijo s kisikom. Odsek umetnega meandriranja deluje po principu polirne grede, nizka globina odseka in fotosinteza primarnih proizvajalcev prispevajo k čistilnemu procesu. Zrak v telo vode prihaja iz atmosfere.

Čistilna greda deluje po principu rastlinske čistilne naprave. To pomeni, da umetno ustvarimo razmere, ki posnemajo naravne procese čiščenja vode v naravi. Greda se sestoji iz substrata in močvirnih rastlin, ki nudijo razmere za pritrjevanje mikroorganizmov in posledično čiščenje vode. Glavni nosilci čiščenja so mikroorganizmi, ki prispevajo največji del čiščenja v sistemu.

Izgradnja je enostavna. Uporabljeni materiali so naravni in pridobljeni lokalno. Tudi sam postopek implementacije je enostaven in ni dolgotrajen. Potreben je enostaven načrt izgradnje.



Slika 4: Grajeni ekosistemi v osuševalnem jarku pri Trzinu (Limnos, 2020)

Učinkovitost grajenega sistema smo spremljali dve leti (2020–2022). Meritve so pokazale, da sistem najučinkoviteje odstranjuje organske snovi KPK (91 %) in $P\text{-}PO_43\text{-}$ (73 %). Prav tako se dobro odstranjujeta $N\text{-}NH_4+$ ter $N\text{-}NO_3\text{-}$ (nad 60 %). Odstranijo se tudi TSS (43 %).

Preglednica 1: Povprečna učinkovitost grajenega ekosistema v osuševalnem jarku v Domžalah

Parameter	Enota	VTOK (povprečna vrednost vseh meritev)	IZTOK (povprečna vrednost vseh meritev)	Povprečna učinkovitost [%]
KPK	mg/L	13.718,0	1.299,0	91
TSS	mg/L	48,3	27,7	43
$N\text{-}NH_4+$	mg/L	117	26,2	78
$N\text{-}NO_3-$	mg/L	17,5	6,05	65
$P\text{-}PO_43-$	mg/L	67,4	18,1	73

Preizkušeni grajeni ekosistemi so pokazali velik potencial za zmanjšanje razpršenih obremenitev iz kmetijstva.

4. Povečanje samočistilne učinkovitosti zadrževalnika padavinskih voda v poslovni coni

Vse padavinske vode proizvodnih podjetij v območju industrijske cone Komenda se preko štirih lovilcev olj po standardu SIST EN 858, stekajo v meteorne vode s platoja več podjetij, katerih dejavnost med drugim obsega tudi sortiranje odpadkov. Meteorne vode v zadrževalnik vnašajo organske snovi in spremljajoča bremena, zaradi česar se je pojavila potreba po čistilni napravi za obdelavo z organskimi snovmi obremenjene vode. Padavinska odpadna voda se zadržuje in deloma čisti v obstoječem zadrževalniku volumna cca. 1.000 m^3, od koder se odvaja v vodotok Pšata in območje Natura 2000 (Zadnje struge pri Suhadolah; ID območja: SI3000011).

Ker je trenutna učinkovitost razbremenjevanja v zadrževalniku nezadostna, je potrebno povečati samočistilne procese na enaki površini, saj prostora za razširitev ni. To pomeni, da je potrebno ob rekonstrukciji izboljšati samočistilne sposobnosti v celotni prostornini zadrževalnika.

Iz podatkov je razvidno, da je v sedanjem stanju učinkovitost odstranjevanja bremen (razen bakterije) več kot 50 % (npr. neraztopljene snovi, usedljive snovi, KPK, BPK). V določenih primerih dosega tudi 80 % (npr. celotni dušik). Analize so pokazale, da niso prisotni dejavniki, ki bi onemogočali uspevanje organizmov, ki so izvajalci samočistilnih procesov. Stopnja strupenosti za vodne bolhe je v najboljšem razredu.



Slika 5: Obstoječi zadrževalnika meteornih voda v poslovni coni Komenda (Limnos, 2022)

Sistem trenutno ne deluje optimalno – voda se ne pretaka enakomerno po celem sistemu zaradi bližine vtoka in iztoka. Prav tako biološko aktivne površine niso optimalno razporejene. Njegova obstoječa učinkovitost pa vendarle obeta uspešno rekonstrukcijo in zmanjšanje negativnega vpliva na naravo.

V nadaljevanju so opisani predlagani ukrepi za izboljšanje samočistilne sposobnosti obstoječega zadrževalnika:

a) Podaljšanje poti vode in boljše pretakanje vode skozi celoten sistemi: ker trenutno voda teče po svoji najkrajši liniji, tako ne izkorišča možnost prostornine celotnega zadrževalnika, se bo podaljšala pot vode in s tem vzpostavilo boljše pretakanje vode skozi celotni sistem. Zadrževalnik se bo po dolžini v večjem delu pregradilo (zagatnice, betonski zid), kar bo omogočilo pretok vode po celotnem sistemu.

b) Vnos dodatnih biološko aktivnih površin: za učinkovitejše izvajanje procesov se bodo zgradile strukture, ki omogočajo naselitev mikrorganizmov, rastlin ipd., ki izvajajo oz. omogočajo čistilne procese vode. Te strukture so prodnata greda ter rastlinski plavajoči otoki.

c) Povečanje vnosa kisika: to bo doseženo z vodno črpalko, ki jo poganja pretok zraka. Značilnost te je velik pretok vode ob pretakanju vode na isti gladini ter ob majhni porabi energije. Vnos je delno neposreden iz zračnih mehurčkov, še večji vnos kisika v vodo pa se dogaja na površini vode, ki je zaradi mešanja zelo povečan.

Še en pomemben proces poleg vnosa kisika, ki ga bo omogočila črpalka, je razredčitev obremenjene vode, kar podpira ponovno uporabo vode. S tem ima določena količina bremena za razgradnjo na razpolago kisik iz večje količine vode. Z razredčenjem se torej zmanjša tveganje, da pride do nastanka anoksičnih razmer, predvsem v delih s slabšim pretokom.

Tako urejen zadrževalnik bo dosegel višjo učinkovitost in zadostil zahtevam iz okoljevarstvenega dovoljenja. Hkrati ne bo imel škodljivega vpliva na varovano območje Natura 2000. Investicija je neprimerljivo nižja kot bi bila industrijska čistilna naprava. Prav tako vzdrževalni stroški.

5. Zaključki

Umeščanje sonaravnih rešitev zahteva celovit pristop pri njihovem oblikovanju in med-sektorsko sodelovanje pri umeščanju v prostor.

Posegi v prostor zmanjšujejo naravno okolje in vplivajo na bližnje habitate. Zato bi bilo smiselno upoštevati dobre prakse in sinergijske vplive sonaravnih rešitev pri vsakokratnem poseganju v prostor, zlasti tam, kjer ostaja v neposrednem stiku z naravnimi habitati.

Voda je pri tem vodilni medij, ki osmišlja pomen sonaravnih rešitev. Več prostora bomo namenili sonaravnim rešitvam, večja bo njihova raznolikost in boljša bo kakovost vode in habitatov.

Primeri uporabe sonaravno grajenih ekosistemov za zaščito voda na lokalni ravni kažejo, da je njihova implementacija odvisna predvsem od pripravljenosti in posluha investitorja, zato je potrebno nadaljevati z ozaveščanjem in informiranjem vseh deležnikov. In kljub temu, da o sonaravnih rešitvah intenzivno razpravljamo že desetletje, je potreba po promociji sonaravnih rešitev v našem prostoru še vedno velika.

6. Viri

[1] DRSV 2015. NUV II. Priloga 8.2 Prikaz pomembnih vplivov na ekološko stanje vodnih teles površinskih voda – organsko onesnaževanje. Načrt upravljanja voda na vodnem območju Donave za obdobje 2016–2021 in Načrt upravljanja voda na vodnem območju Jadranskega morja za obdobje 2016–2021. Dostopno na: https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Voda/NUV/43450fe2e2/8_2_PV_Organsko_Onesnazevanje.pdf [dostop 10. 3. 2023]

[2] Grabar, C., 2023. Hidromelioracijski objekti so potrebni vzdrževanja. Kmečki glas. Dostopno na: https://gezagrabar.kmeckiglas.com/post/659232/hidromelioracijski-objekti-so-potrebni--vzdrzevanja [dostop 18. 5. 2023]

[3] IUCN 2020: IUCN Global Standard for Nature-based Solutions. A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS. First edition, online. Gland, Switzerland. Dostopno na: https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-020-En.pdf [dostop 20.5.2023]

KAKŠNO JE STANJE RAZRASTI STRUPENIH CIANOBAKTERIJ V SLOVENSKIH VODAH IN KAKO LAHKO IZBOLJŠAMO VAROVANJE TAKIH VODA

doc. dr. TINA ELERŠEK, MAŠA ZUPANČIČ

Nacionalni inštitut za biologijo

POVZETEK

Cianobakterije so prisotne v skoraj vseh vodnih telesih, najdemo pa jih tudi na kopnem. Ob primernih pogojih (visoka temperatura, visoka koncentracija hranil, nizek pretok) se lahko množično razrastejo in tvorijo goščo na površini, kar je v slovenskih stoječih površinskih vodah pogost pojav. To negativno vpliva na ekosistem, nekatere vrste cianobakterij pa lahko proizvajajo tudi strupene snovi (cianotoksine), ki lahko škodijo zdravju ljudi in živali. Zaradi spreminjanja podnebja moramo biti pripravljeni na morebitno povečano tveganje zaradi cianotoksinov v prihodnosti. Na Nacionalnem inštitutu za biologijo zato predlagamo strategijo za učinkovito upravljanje tveganja, ki združuje (i) spremljanje potencialno strupenih cianobakterij, (ii) komuniciranje tveganja prebivalcem, in (iii) komunikacijo z upravljavci voda s poudarkom na preventivnih rešitvah. Da bi to dosegli, uvajamo različne metode za zasledovanje tveganja (molekularne, senzorske ter satelitske), vodimo spletno platformo Ciano SLO za ozaveščanje prebivalcev z ažurnim zemljevidom ogroženih območij, in razvijamo različna digitalna orodja za upravljavce voda, ki bodo služila enostavnejšemu dostopu do podatkov ter njihovi obdelavi. V letu 2022 smo analizirali 103 vzorce z 21 lokacij po Sloveniji; za 8 od njih je prišla pobuda s strani državljanov v okviru projekta državljanske znanosti. Cianotoksine smo zaznali na 12 točkah; najpogosteje mikrocistine, ki delujejo na jetra in druge organe, sledili pa so jim anatoksini, ki delujejo na živčevje. Najvišja izmerjena koncentracija cianotoksinov je bila 24 µg/L (gramoznica Lutverci), kar dosega zgornjo mejo Svetovne zdravstvene organizacije za varno vodo za rekreacijo. Za dolgoročno zaščito zdravja ljudi je pomembno, da se tveganje prepozna tudi na državni ravni in začne ustrezno spremljati in ukrepati.

Ključne besede:

celinske vode, biodiverziteta, strupene cianobakterije, množična razrast cianobakterij, molekularne metode, senzorske metode, satelitske metode, občanska znanost, državljanska znanost

1. Cianobakterije – množične razrasti in njihova strupenost v Sloveniji

1.1 Množične razrasti cianobakteril

Cianobakterije so prokariontski organizmi, ki izvajajo oksigeno fotosintezo (pri reakciji se sprošča kisik). V sebujejo različna barvila; poleg klorofila, ki ga najdemo tudi v evkariontskih algah, še fikocianin in fikoeritrin, ki sta specifična za cianobakterije. Ob primernih pogojih se lahko cianobakterije množično razrastejo. To lahko opazimo kot zeleno, rjavo ali rdečkasto plast na površini jezer ali zadrževalnikov. Do tega pride večinoma v poletnih mesecih, saj cianobakterije najbolje uspevajo ob visokih temperaturah. Pomemben faktor je tudi povišana koncentracija hranilnih snovi (evtrofikacija); predvsem dušikovih in fosforjevih spojin, ki vstopajo v vodo s spiranjem gnojil s kmetijskih površin, iz kanalizacije ter drugih odpadnih voda ali ribogojnic.

Poleg Blejskega jezera, kjer se včasih v zimskem času razvije gošča cianobakterij vrste *Planktothtix rubescens*, so v Sloveniji temu pojavu podvrženi predvsem zadrževalniki v severovzhodnem delu Slovenije, saj so plitvi in imajo nizek pretok, poleg tega pa se številne površine v njihovem zaledju uporabljajo za intenzivno kmetijstvo, kar vodi v vnos dušika in fosforja iz gnojil. Cianobakterijske gošče so tam vidne predvsem poleti, najpogosteje pa se razrastejo cianobakterije iz rodov *Microcystis*, *Dolichospermum* in *Aphanizomenon*, velikokrat tudi mešanica različnih vrst.

Niso vse cianobakterijske gošče strupene, vendar pa se pri omenjenih rodovih cianotoksini pogosto pojavljajo. Podatki o razširjenosti strupenih cianobakterij v Sloveniji so pomanjkljivi, saj meritve cianotoksinov niso del rednega spremljanja stanja voda na državni ravni. Vendar pa lahko cianotoksini predstavljajo tveganje za zdravje ljudi in živali. Živali se večkrat zastrupijo z neposrednim zaužitjem vode ali gošče, ljudje pa smo jim izpostavljeni predvsem ob stiku s kožo, s prenašanjem po zraku ali z uživanjem rib iz onesnaženih okolij. Evidentirana zastrupitev ljudi z zaužitjem gošč je redka, ker se odrasli ljudje običajno izogibamo vidnim „sluzastim algam“ na oz. v vodi. Za ljudi kratkoročna izpostavljenost ni izrazito nevarna, tveganje pa predstavlja dolgoročna izpostavljenost, ki lahko vodi v okvaro nekaterih notranjih organov, nastanek tumorjev ali poškodbe DNA.

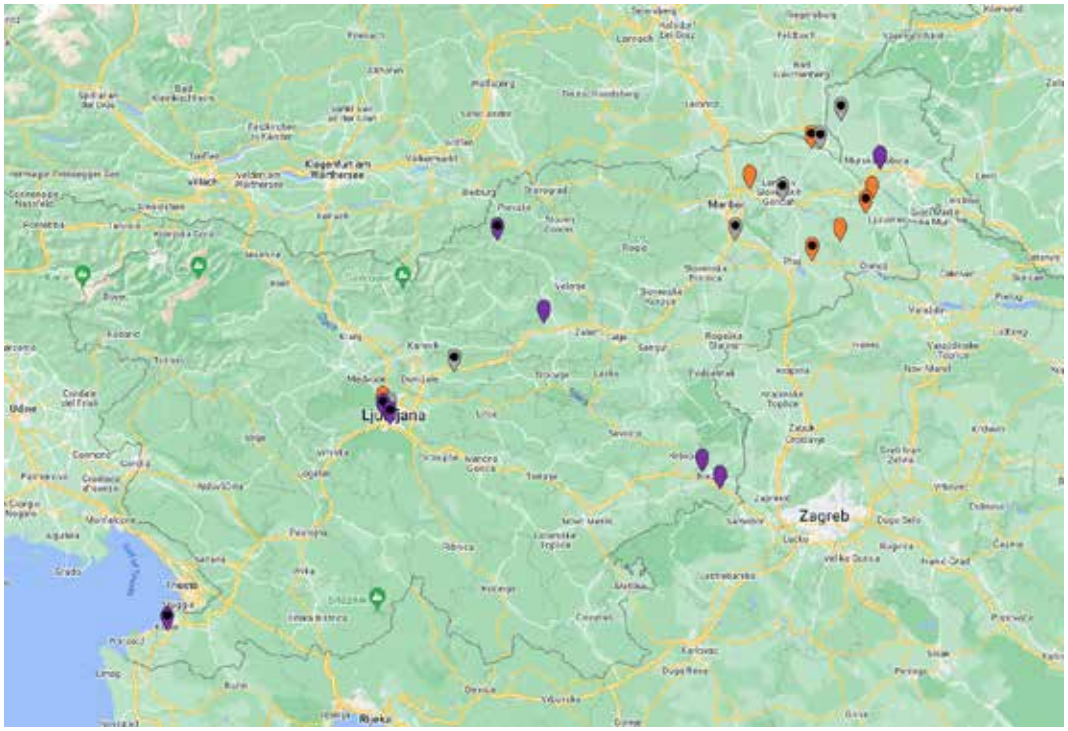
Poleg tveganja za zdravje imajo množične razrasti cianobakterij tudi negativne posledice za ekosistem. Kadar gošča prekrije površino vode, omejuje vir svetlobe za druge organizme, obenem pa tudi ovira prodiranje kisika v globlje plasti. Poleg tega se ob bakterijski razgradnji tako velikega števila cianobakterijskih celic porablja velika količina kisika. Množična razrast lahko zato vodi v izrazito pomanjkanje kisika v vodi, zaradi česar lahko številni vodni organizmi poginejo.

1.2 Strupenost cianobakterij v fitoplanktonu v letu 2022

V letu 2022 smo spremljali cianobakterije po različnih regijah Slovenije. Skupno smo obiskali 21 vzorčnih točk in nabrali 103 vzorce. Na večini točk smo vzeli po

dva vzorca: vodo (fitoplankton) in biofilm na kamnih (fitobentos). Vzorčenje smo izvajali v treh vsebinskih sklopih (Slika 1):

1. Redno vzorčenje: 6 točk, vzorčenje enkrat mesečno od aprila do septembra: Gradiško jezero, ribnik Hotinja vas, Ledavsko jezero, gramoznica Podgrad, jezero Radehova, ribnik Tivoli.
2. Dodatno vzorčenje na podlagi predhodnih rezultatov: 7 točk, enkratno vzorčenje avgusta: gramoznica Boreci, ribnik Borovci, Gajševsko jezero, gramoznica Lutverci, Perniško jezero, ribnik Savci, Koseški bajer.
3. Dodatno vzorčenje na podlagi pobud državljanov: 8 točk, enkratno vzorčenje po potrebi: Glinščica, Soboška Kamešnica, Brežiško jezero, ribnik Prilipe, Mali Graben, Badaševica, ribnik Laško, Žovneško jezero.



Slika 1 V letu 2022 smo spremljali cianobakterije po različnih regijah Slovenije. Skupno smo obiskali 21 vzorčnih točk in nabrali 103 vzorce. Črne pike označujejo točke, kjer so bili zaznani cianotoksini. Interaktiven zemljevid v barvah je dostopen na www.ciano.si/interaktivni-zemljevid/. Zemljevid: ©2023 GeoBasis-DE/ BKG(©2009), Google.

Potencialno strupene vrste

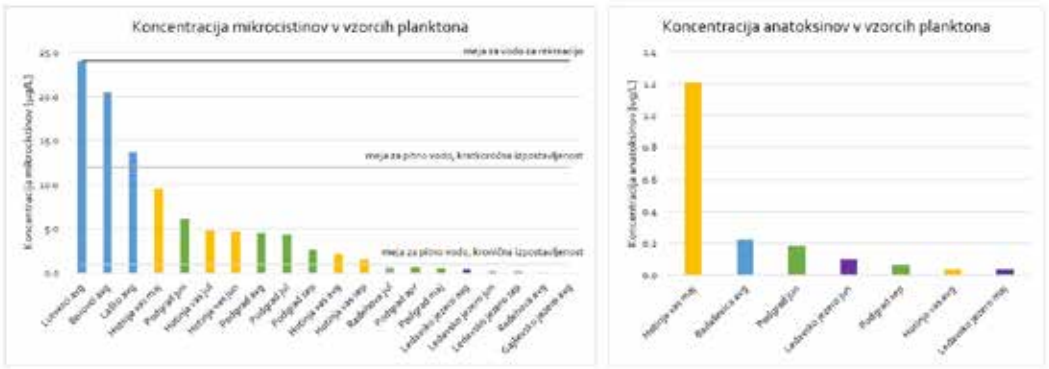
Z mikroskopskim pregledom smo v vzorcih vode (fitoplankton) beležili potencialno strupene vrste. V letu 2022 se je na naših točkah pri mikroskopskem pregledu najpogosteje pojavljal rod *Microcystis*, sledili so mu *Phormidium*, *Planktothrix* in

Aphanizomenon. Medtem ko je v nekaterih vodnih telesih (npr. Podgrad) vrstna sestava ostajala enaka skozi vso sezono, so drugje (npr. Ledavsko jezero) vidne očitne spremembe po posameznih mesecih (vsi podatki so na voljo na spletni strani www.ciano.si). Zgolj na podlagi njihovega videza pa ni mogoče oceniti, ali so strupene ali ne, zato smo analizirali tudi vsebnost cianotoksinov.

Cianotoksini

Od 21 vzorčnih točk smo cianotoksine z metodo LC-MS/MS zaznali na 12 točkah (Slika 1). Najpogostejši so bili mikrocistini, ki delujejo na jetra in druge organe, sledili pa so jim anatoksini, ki delujejo na živčni sistem. Najvišja izmerjena koncentracija v planktonu je bila v gramoznici Lutverci. Cilindrospermopsinov in saksitoksinov nismo zaznali nikjer.

Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) v svojih smernicah [1] določa najvišje koncentracije cianotoksinov v vodi, ki so še varne za ljudi (Slika 2). Za mikrocistine v planktonu je to 1 µg/L v pitni vodi, ko gre za kronično izpostavljenost; 12 µg/L v pitni vodi, ko gre za kratkoročno izpostavljenost; in 24 µg/L v vodi, ki se uporablja za rekreacijo. Zadnja meja ni bila presežena v nobenem vzorcu, smo pa v gramoznici Lutverci avgusta izmerili 23,96 µg/L. Za anatoksine v planktonu je določena meja 30 µg/L za pitno vodo (kratkoročna izpostavljenost) in 60 µg/L za vodo za rekreacijo. Najvišja koncentracija, ki smo jo zaznali, je bila občutno pod tema mejama; 1,2 µg/L, in sicer maja v ribniku Hotinja vas (Slika 2).



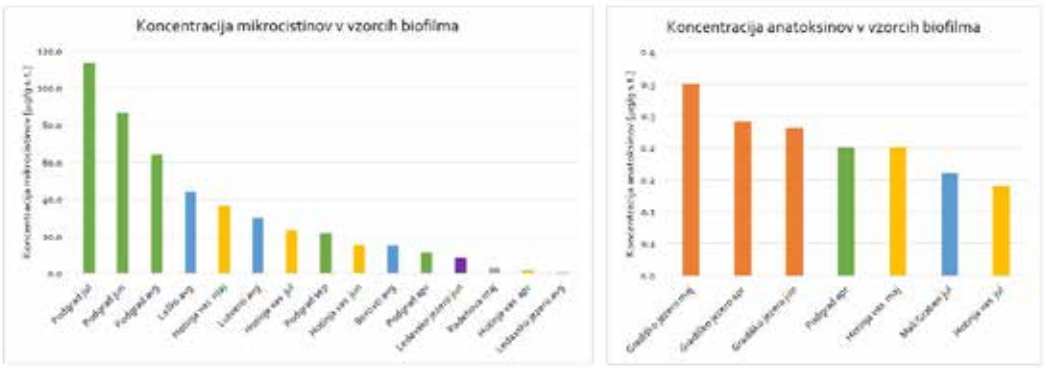
Slika 2 Koncentracije mikrocistinov (levo) in anatoksinov (desno) v vzorcih planktona v letu 2022.

1.3 Spregledani biofilm in bentoške cianobakterije v njem

Kljub temu, da večinoma govorimo o planktonskih cianobakterijah, ki lebdijo v vodi in tvorijo gošče na površini, pa so lahko nevarne tudi bentoške vrste, ki tvorijo biofilme na kamnih, rastlinah in drugih površinah. Strupi bentoških cianobakterij, lahko povzročijo zastrupitve živali, ki se kažejo kot mišični krči, drgetanje, penjenje okrog ust, bruhanje, prebavne motnje ali težave z dihanjem in se lahko včasih

končajo tudi s smrtjo (npr. leta 2017 v Berlinu [2]). Najpogostejše žrtve so psi (ki ližejo, grizejo, žvečijo in pogoltnejo del gošče), poleg tega pa tudi živina, na primer krave. Podobni primeri so bili poleg Nemčije zabeleženi tudi v Švici [3], v Franciji [4], na Nizozemskem [5] in v Novi Zelandiji [6]. Nasprotno od planktonskih vrst množična razrast bentoških cianobakterij ni odvisna od visoke vsebnosti hranil [7], temveč lahko do nje pride tudi v oligotrofnih vodah. Takšni pogoji namreč omogočajo svetlobi, da prodre do dna jezera, kjer pospeši rast tamkajšnjih bentoških cianobakterij.

V Sloveniji se bentoške cianobakterije in njihovi strupi ne spremljajo v sklopu rednega monitoringa, vendar na Nacionalnem inštitutu za biologijo (NIB) začenjamo raziskave v tej smeri. Leta 2022 smo zabeležili cianotoksine v več vzorcih biofilma, vendar so bile koncentracije v vseh primerih relativno nizke. Mikrocistini so dosegli mnogo višje koncentracije kot anatoksini (Slika 3); največ mikrocistinov je bilo julija v gramoznici Podgrad (113,5 µg na gram suhe teže – g s.t.), anatoksinov pa maja v Gradiškem jezeru (0,3 µg/g s.t.). Čeprav smernice za biofilm še ne obstajajo, so koncentracije, o katerih poročajo v literaturi v povezavi z zastrupitvami živali, 221 µg/g s.t. za mikrocistine [6] in 272 µg/g s.t. za anatoksine [7].



Slika 3 Koncentracije mikrocistinov (levo) in anatoksinov (desno) v vzorcih biofilma v letu 2022.

2. Kako lahko izboljšamo varovanje voda z množičnimi razrastmi cianobakterij

Strategija za izboljšanje upravljanja tveganja cianotoksinov bi morala združevati (i) učinkovito spremljanje stanja, da lahko zgodaj zaznamo povišanje koncentracij cianobakterij, (ii) učinkovito komuniciranje tveganja prebivalcem in (iii) učinkovito komuniciranje z upravljavci vodnih teles s poudarkom na preventivnih rešitvah.

2.1 Spremljanje stanja

Prisotnost in številčnost potencialno strupenih cianobakterij lahko spremljamo na več načinov; z mikroskopskim pregledom ali molekularnimi metodami za

prepoznavanje vrst in potenciala za strupenost, z analitskimi metodami za zaznavanje cianotoksinov ter s senzorskimi metodami ali satelitskimi opazovanji za zaznavanje fotosinteznih barvil.

Mikroskopski pregled

Z mikroskopskim pregledom lahko na podlagi morfoloških značilnosti določimo vrste cianobakterij in njihovo številčnost. Ta metoda se uporablja že dolgo in zato omogoča neposredno primerjavo s historičnimi podatki, vendar ima določene omejitve. Nekatere vrste cianobakterij so si namreč tako podobne, da jih ne moremo ločiti med seboj, nekatere pa so tako majhne, da jih tudi pod mikroskopom pogosto spregledamo. Poleg tega strupene in nestrupene celice iste vrste izgledajo popolnoma enako. Mikroskopski pregled zahteva veliko časa in strokovnega znanja, kar prinese tudi visoke stroške.

Molekularne metode

Z molekularnimi metodami lahko na osnovi okoljske DNA hitro dobimo informacije o prisotnosti potencialno strupenih cianobakterij, saj lahko v genetskem zapisu najdemo več informacij kot le z morfološkim pregledom. Te metode so tudi bolj občutljive kot mikroskopija, kar pomeni, da lahko zaznamo nižje koncentracije cianobakterij. V našem laboratoriju uporabljamo dva pristopa; (i) z metodo PCR tarčno zaznavamo gene odgovorne za proizvodnjo cianotoksinov ter določimo njihovo koncentracijo, s tem pa tudi tveganje za strupenost vzorca, in (ii) s sekvenciranjem DNA prepoznavamo vrste cianobakterij v vzorcu. Nekatere pomanjkljivosti teh metod so nepopolne referenčne baze podatkov, ki onemogočajo identifikacijo nekaterih zaporedij, ter lažno pozitivni ali lažno negativni rezultati PCR zaradi evolucijskih sprememb v genetskem zapisu.

Kemijske analitske metode

Najbolj zanesljivo lahko prisotnost cianotoksinov potrdimo z (bio)kemijskimi analitskimi metodami, kot so kromatografske metode (npr. HPLC, LC-MS) in imunske metode (npr. ELISA). Te analitske metode so zelo natančne in so zato pomembno orodje pri raziskavah cianotoksinov. Ne smemo pa pozabiti, da se proizvodnja cianotoksinov zaradi različnih okoljskih dejavnikov lahko hitro spremeni [8]. V primeru nizke koncentracije cianotoksinov, hkrati pa visoke koncentracije genov za cianotoksine, bi bilo torej tveganje lahko vseeno visoko.

Senzorske metode

Na terenu lahko hitro ocenimo relativno številčnost cianobakterij in alg s pomočjo senzorskih metod, ki temeljijo na merjenju avtofluorescence različnih fotosinteznih pigmentov. Na NIB testiramo dve komercialni sondi [9], ki na podlagi različnih pigmentov omogočata hkratno določanje cianobakterij in evkariontskih alg.

Avtofluorescenca klorofila-a se lahko uporablja tudi kot približno merilo biomase. Ta metoda ima velik potencial za hiter dostop do rezultatov, ima pa omejeno natančnost in zahteva potrditev v laboratoriju za bolj zanesljive zaključke.

Analiza satelitskih posnetkov

Cianobakterijska barvila lahko spremljamo tudi s sateliti [10]. Ti zajemajo podatke na obsežnih geografskih območjih, velika časovna pokritost pa omogoča spremljanje dinamike gošč skozi čas. S pomočjo zaznanih barvil lahko izračunamo različne indekse, ki nam povejo, kje in v kakšnem obsegu se pojavljajo cianobakterijske gošče. Na podlagi tega lahko posredno ocenimo tudi koncentracijo cianotoksinov [11]. Gre za posplošeno informacijo, ki ne more biti tako natančna kot rezultati terenskih in laboratorijskih analiz. Lahko pa nam ponudi veliko količino informacij, ki v kombinaciji z ostalimi metodami vodijo do boljšega razumevanja dinamike pojavljanja cianobakterij.

2.2 Izboljšanje obveščanja prebivalcev

Zaradi prej omenjenih groženj za zdravje ljudi je pomembno, da se prebivalci tveganja zavedajo in se mu ustrezno izognejo, hkrati pa vlogo cianobakterij razumejo in se jih ne bojijo, ko je skrb odveč. Na NIB se zato trudimo, da bi prebivalce osveščali na zanimiv način in jim ponudili ažurne informacije. Na naši spletni platformi Ciano SLO (www.ciano.si) najdete informacije, ki vam bodo pomagale pri razumevanju pojavov v vodnih telesih, ter priporočila, kako zaščititi sebe, svoje bližnje in domače živali pred tveganjem zaradi cianotoksinov. Na naših družbenih omrežjih nas lahko tudi kaj povprašate. Lahko nam tudi pomagate zaščititi ostale prebivalce in vodne vire, tako da z deljenjem fotografij prispevate k popisovanju ogroženih območij. Hkrati pa si lahko na našem interaktivnem zemljevidu, ki se mesečno posodablja, ogledate že prepoznana območja z zabeleženim pojavljanjem strupenih cianobakterij.

2.3 Izboljšanje komunikacije z upravljavci

Na NIB izvajamo ARRS projekt Zelene rešitve za trajnostno večnamensko upravljanje evtrofnih voda [12], ki stremi k uporabi zelenih pristopov za izboljšanje evtrofnih voda in ovrednotenje vpliva teh rešitev na biotsko pestrost ter druge ekosistemske storitve. Osredotočamo se na biotsko pestrost primarnih proizvajalcev, ki so neposredno povezani s hranili v vodi, ter na oceno ekosistemskih storitev za ovrednotenje vpliva zelenih rešitev. Eden izmed ciljev projekta je izboljšanje komunikacije z upravljavci. Poleg znanstvenih objav bomo zato razvili različna orodja za upravljavce, kot so digitalna platforma, večparametrično drevo odločanja, kalkulator biotske raznovrstnosti in model za napovedovanje podnebnih sprememb za evtrofne vode. Vpeljali bomo tudi novost analize satelitskih slik za ocenjevanje stanja primarnih proizvajalcev za potrebe monitoringa evtrofnih vodnih teles. S projektom želimo zapolniti vrzel med raziskovalci, podjetji in vladnimi organi ter pripraviti konkretne smernice za ohranjanje in upravljanje evtrofnih voda.

3. Zaključki

- V Sloveniji je mnogo evtrofnih zadrževalnikov, kjer se pojavljajo razrasti strupenih cianobakterij. V letu 2022 smo zabeležili cianotoksine na 12 lokacijah od 21 vzorčenih.
- Najvišjo koncentracijo cianotoksinov smo izmerili v gramoznici Lutverci, kjer je ta dosegla mejo Svetovne zdravstvene organizacije za varno vodo za rekreacijo (24 µg/L).
- Mikrocistini, ki delujejo na jetra in ostale organe, so bili prisotni pogosteje in v višjih koncentracijah kot anatoksini, ki delujejo na živčni sistem.
- Uspešna strategija upravljanja tveganja za dolgoročno zdravje ljudi bi morala združevati (i) učinkovito spremljanje stanja, da lahko zgodaj zaznamo povišanje koncentracij cianobakterij, (ii) učinkovito komuniciranje tveganja prebivalcem in (iii) učinkovito komuniciranje z upravljavci vodnih teles s poudarkom na preventivnih rešitvah.

4. Viri

[1] Chorus, I. in sod., 2021. Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. Geneva: CRC Press, Boca Raton (FL); World Health Organization.

[2] Fastner, J. in sod., 2018. Fatal neurotoxicosis in dogs associated with tychoplanktic, anatoxin-a producing Tychonema sp. in mesotrophic Lake Tegel, Berlin. *Toxins*, 10(2), 1–11.

[3] Mez, K. in sod., 1997. Identification of a microcystin in benthic cyanobacteria linked to cattle deaths on alpine pastures in Switzerland. *European Journal of Phycology*, 32(2), 111–117.

[4] Gugger, M. in sod., 2005. First report in a river in France of the benthic cyanobacterium Phormidium favosum producing anatoxin-a associated with dog neurotoxicosis. *Toxicon*, 45(7), 919–928.

[5] Faassen, E. J. in sod., 2012. First report of (homo)anatoxin-a and dog neurotoxicosis after ingestion of benthic cyanobacteria in the Netherlands. *Toxicon*, 60(3), 378–384.

[6] Wood, S. A. in sod., 2010. Identification of a benthic microcystin-producing filamentous cyanobacterium (Oscillatoriales) associated with a dog poisoning in New Zealand. *Toxicon*, 55(4), 897–903.

[7] Quiblier, C. in sod., 2013. A review of current knowledge on toxic benthic freshwater cyanobacteria – Ecology, toxin production and risk management. *Water Research*, 47(15), 5464–5479.

[8] Wood, S. A. in sod., 2011. Switching toxin production on and off: Intermittent microcystin synthesis in a Microcystis bloom. *Environmental Microbiology Reports*, 3(1), 118–124.

[9] Bbe moldaenke GmbH (2023). Chlorophyll Detection with Algae Class Differentiation [online]. Dostopno na: https://www.bbe-moldaenke.de/en/products/chlorophyll.html [dostop 17.5.2023].

[10] Shi, K. in sod., 2019. Remote sensing of cyanobacterial blooms in inland waters: Present knowledge and future challenges. *Science Bulletin*, 64(20), 1540–1556.

[11] Stumpf, R. P. in sod., 2016. Challenges for mapping cyanotoxin patterns from remote sensing of cyanobacteria. *Harmful Algae*, 54, 160–173.

[12] NIB (2023). Zelene rešitve za trajnostno večnamensko upravljanje evtrofnih voda [online]. Dostopno na: http://projects.nib.si/greenforwaters/ [dostop 24. 5. 2023].

KAM SE GREMO KOPAT?

mag. MATEJA POJE[1], MELITA VELIKONJA MARTINČIČ[1],
dr. NATAŠA ŠIMAC[2], dr. med. BONIA MILJAVAC[2], mag. BORIS ŠUŠMAK[3]

[1]Agencija Republike Slovenije za okolje
[2]Nacionalni inštitut za javno zdravje
[3]Društvo Doves – FEE Slovenija

POVZETEK

V poletnem času skok v hladno vodo predstavlja prijetno ohladitev, a kopanje prinaša veselje in tveganja. Nevarnost za zdravje predstavljajo predvsem možnosti za poškodbe in utopitve ter okužbe s povzročitelji nalezljivih bolezni v kolikor so le-ti prisotni v kopalni vodi ali obvodnih površinah. Na slovenskih rekah, jezerih in morju je kopanju namenjeno 48 odsekov – kopalnih voda, na katerih se v času kopalne sezone redno spremlja kakovost vode in se o njeni ustreznosti obvešča javnost. Kopalne vode in način spremljanja stanja so na atraktiven in zanimiv način predstavljene v posebni aplikaciji Agencije RS za okolje, sprotne podatke o temperaturi vode, mikrobiološki kakovosti in morebitna opozorila/priporočila Nacionalnega inštituta za javno zdravje (NIJZ), pa agencija objavlja na Karti kopalnih voda, ki je dostopna tudi preko mobilnih telefonov. NIJZ na svoji spletni strani redno objavlja in posodablja Priporočila o varnosti kopanja s smernimi vrednostmi za odsvetovanje ali prepoved kopanja na naravnih kopališčih in kopalnih območjih ter splošna priporočila za varno kopanje za kopalce, v katerih obravnava posebnosti glede kakovosti kopalnih voda, naravnih kopališč in kopalnih območij po regijah. Ob vsaki kopalni vodi so postavljene informacijske table, ki na mestu samem kopalcem nudijo informacije o razsežnosti kopalne vode in njenem stanju, informacije pa so predstavljene tudi v vsakoletnih nacionalnih in Evropskih poročilih. Da so naša naravna kopališča varna in zgledno urejena priča tudi dejstvo, da na številnih od njih vihra Modra zastava. V prispevku bo prikazano, kako za varno in zdravo kopanje zagnano skrbita dve državni inštituciji in nevladna organizacija.

Ključne besede:

kopalne vode, kopanje, kakovost, kopalno območje, kopališče

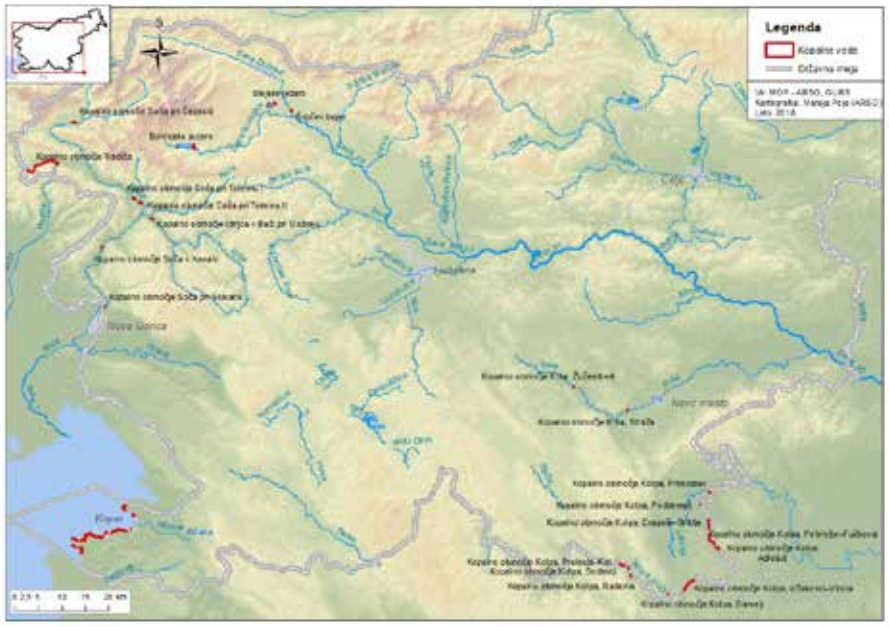
1. Kopalne vode

V poletni vročini je ena najboljših možnih ohladitev skok v vodo. A pri tem velja biti zelo pazljiv; zavedati se moramo lastnih sposobnosti, ne podcenjevati moči vode, lokacijo moramo zbrati premišljeno. Ne kopamo se na mestih, kjer je to prepovedano,

bodisi zaradi rabe vode (recimo v pristaniščih, marinah, v vodnih zbiralnikih …) oziroma zaradi nevarnosti za poškodbe in utopitve (npr. blizu pregrad HE). Na prvi pogled čista voda pa lahko skriva cel kup presenečenj – v bližini industrijskih in komunalnih izpustov je voda lahko lokalno prekomerno onesnažena, številne opuščene gramoznice so nekdaj služile kot odlagališča smeti …

Kadar se odločamo za kopanje v naravi je modro izbrati tisti odseke rek, jezer in morja, na katerih je kakovost kopalne vode znana oz. se redno spremlja. To so tako imenovane kopalne vode, ki so določene tam, kjer ni evidentiranih izpustov, ustrezna širina in dolžina brega kopanje omogočata večjemu številu ljudi (vsaj 300 kopalcem), prav tako je do mesta urejen dostop po javni poti. Kopalne vode zakonodajno ureja Uredba o upravljanju kakovosti kopalnih voda, ki v prilogi 1 podaja Seznam kopalnih voda. Ta v Sloveniji določa 48 kopalnih voda – 18 naravnih kopališčih in 30 kopalnih območjih, kjer se z namenom varovanja zdravja kopalcev redno spremlja kakovost vode v okviru državnega monitoringa (slika1).

Naravno kopališče je namenjeno kopališki dejavnosti in ima upravljavca, ki za to dejavnost pridobi vodno pravico. Upravljavec je med drugim odgovoren za varstvo pred utopitvami in mora zagotoviti predpisano število reševalcev iz vode in ustrezno opremo. Na kopališču so urejeni varni vstopi v vodo, površine za sončenje, sprostitev in počitek. Vsako kopališče ima vidne oznake svojih meja ter objavljen kopališki red, v katerem so določena pravila za varnost in zdravje obiskovalcev. Na kopalnem območju se kopamo v naravnem okolju. Tu ni upravljavca, zato se kopamo na lastno odgovornost. Ker akvatorij za kopanje ni ograjen, se moramo zavedati, da se na morju od obale lahko oddaljimo do 150 metrov, na jezerih do 100 metrov ter na rekah do 50 metrov. Od drugih, nenadzorovanih mest (divjih kopališč) se ta razlikuje le po rednem spremljanju kakovosti vode in obveščanju javnosti, na vsakem kopalnem območju pa je postavljena vsaj ena informacijska tabla.



Slika 1 Kopalne vode v Sloveniji

2. Spremljanje kakovosti vode kopalnih vodah

Vsaka kopalna voda (slika 1) ima za spremljaje kakovosti vode vsaj eno merilno mesto, ki je določeno tam kjer je največ kopalcev oz. tam, kjer je možnost onesnaženja največja. Kakovost vode se na teh mestih spremlja v času kopalne sezone, ki traja na celinskih vodah od 15.6. do 31.8., na morju od 1.6. do 15.9., analizira pa se tudi vzorec vode, odvzet pred začetkom sezone. Agencija RS za okolje (ARSO) pripravi program monitoringa in ga tudi finančno zagotovi, izvaja pa ga Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano (NLZOH). Delo poteka na terenu in v laboratoriju – na terenu se opravi organoleptični pregled stanja, izvede terenske meritve in vzorči kopalno vodo za mikrobiološka preskušanja, ki se opravijo v laboratoriju (intestinalni enterokoki, *Escherichia coli*). Na osnovi opravljenih meritev in preskušanj NLZOH poda oceno skladnosti posameznega vzorca glede na smerne vrednosti iz dokumenta Nacionalnega inštituta za javno zdravje (NIJZ): »Smerne vrednostmi za odsvetovanje ali prepoved kopanja na naravnih kopališčih in kopalnih območjih«: (https://www.nijz.si/files/uploaded/smernice_vrednosti_24.6.2020.pdf) ter o stanju na terenu in rezultatih obvešča kontaktne osebe ARSO in NIJZ.



Slika 2: Vzorčenje vode za mikrobiološko preskušanje in izvajanje terenskih meritev

3. Protokol medsebojnega obveščanja pristojnih inštitucij

Za varno in zdravo kopanje sta ključnega pomena pravočasno in učinkovito odzivanje pristojnih inštitucij in služb pri ugotovljenih odstopanjih na terenu in neskladnih rezultatih preskušanih vzorcev kopalne vode v laboratoriju ter pravočasno in učinkovito obveščanje javnosti o ugotovitvah. V ta namen sta ARSO in NIJZ izdelala medsebojni protokol obveščanja in ukrepanja za odsvetovanje kopanja v kopalnih vodah. V protokolu so opredeljene poti obveščanja izvajalca

monitoringa (NLZOH), nosilca monitoringa (ARSO) in NIJZ ter naloge posamezne institucije. Območne enote NLZOH takoj in sprotno obveščajo nosilca monitoringa (ARSO) in sočasno NIJZ o izvedenem vzorčenju, terenskih opažanjih, vmesnih ter končnih neskladnih in skladnih rezultatih laboratorijskega preskušanja vzorcev. Ob neskladnosti rezultata ARSO in NIJZ ukrepata skladno z dogovorjenim algoritmom, na podlagi katerega odredita terensko poizvedovanje, pogostnost in obseg vzorčenja, vse z namenom odkrivanja vzroka onesnaženja in njegovo odstranjevanje. NIJZ na podlagi neskladnih rezultatov laboratorijskega preskušanja in ostalih ugotovitev izdela strokovno mnenje glede odsvetovanja kopanja (vključno o trajanju ukrepa), ga posreduje na ARSO in drugim pristojnim institucijam. Glede na vrsto in obseg vzroka odsvetovanja kopanja NIJZ v sodelovanju z ARSO strokovno mnenje tudi predstavi in utemelji tudi medijem. ARSO sprotno objavlja rezultate mikrobioloških preskušanj na spletni strani, skupaj z morebitnimi opozorili na Karti kopalnih voda (https://gis.arso.gov.si/apigis/kopalneV/) ter informacije posreduje upravljavcu kopalne vode (nosilcu vodne pravice/lokalni skupnosti) in javnosti. Poleg tega mora upravljavec kopališča oziroma lokalna skupnost, po potrebi ob sodelovanju z drugimi deležniki, nemudoma ugotoviti vzroke neskladnosti vzorca kopalne vode ali organoleptičnega pregleda in terenskih meritev in jih odpraviti v čim krajšem času.

Ob koncu kopalne sezone ARSO ovrednoti stanje kopalnih voda v skladu z evropsko metodologijo, ki razvršča kopalne vode v 4 razrede kakovosti. V vrednotenje stanja na osnovi 4-letnega skupka podatkov se vključijo rezultati mikrobioloških preskušanj, pridobljenih tekom zadnje in treh predhodnih kopalnih sezon na posameznem merilnem mestu oz. kopalni vodi. ARSO podatke posreduje tudi Evropski komisiji za potrebe priprave letnega poročila. Modro zastavo prejmejo lahko le kopališča odlične kakovosti vode, ki zagotavljajo ustrezno čistost in varnost ozaveščajo goste o nujnosti varovanja naravnega okolja. Modro zastavo kopališča prejmejo za obdobje enega leta, podeljuje pa jih Društvo za okoljsko vzgojo Evrope v Sloveniji – DOVES, ki v Sloveniji izvaja ta svetovni program okoljskega ozaveščanja in zaščite okolja.

4. Kako sistem deluje v praksi?

Primerov ugotovljenih neskladnosti na kopalnih vodah je bilo v zadnjih letih kar nekaj. Prvo odmevno onesnaženje kopalnih voda je bilo odkrito leta 2017 v neposredni bližini Kopališča Vile Park na morju. V okviru monitoringa sta bili v začetku avgusta v kopalni vodi ugotovljeni ekstremno visoki vrednost bakterij. Po presoji NIJZ je bila izdana prepoved kopanja, ki je bila objavljena na spletnih straneh pristojnih inštitucij (NIJZ, MOP, ARSO) in posredovana medijem. Obvestilo je bilo poslano tudi upravljavcu kopališča Hoteli Bernardin, ki je izvedel ukrepe obveščanja: ob izdaji prepovedi je kopalce pozval da se umaknejo iz vode ter onemogočil nadaljnji dostop v vodo s pomočjo traku, izobešena so bila opozorila v več jezikih, znaki prepovedi ter rdeča zastava, gostom hotela je bil omogočen prevoz na druga kopališča (slika 3). V naslednjih dneh je bil odkrit vir onesnaženja. Zaradi loma kanalizacijske cevi je prišlo do puščanja cevi, posledično so se komunalne odpadne vode zlivale na okoliške zemljine in nato v meteorni jašek, ki se zaključi v neposredni

bližini kopališča hotela Vile Park. Sanacija okvare se je začela nemudoma izvajati in zaključila v nekaj dneh. Sledilo je še fizično čiščenje in spiranje meteornega kanala, odkriti in sanirani so bili tudi štirje nelegalni priklopi hišne fekalne kanalizacije na javno meteorno kanalizacijo.

V času prepovedi kopanja je bila kakovost kopalne vode dnevno spremljana na kopališču Plaža hotela Vile Park, na meteornem iztoku ter na dveh sosednjih kopališčih (Plaža Grand hotela Bernardin ter Kopališče Hoteli morje). Ob skladnih rezultatih dveh zaporednih vzorcev vode na kopališču Plaža hotela Vile Park po zaključeni sanaciji poškodovane kanalizacijske cevi je bila prepoved kopanja ukinjena. Informacijo o ukinitvi prepovedi so objavile pristojne inštitucije, ter povzeli mediji, ki so o izvedenih ukrepih in stanju na kopališču javnost redno obveščali. Kakovost kopalne vode se je tudi po ukinitvi prepovedi pogosto spremljala vse do konca meseca avgusta. Na obeh sosednjih kopališčih je prav tako potekal dnevni nadzor mikrobiološke kakovosti, kopalna voda pa je bila ves čas ustrezna.



Slika 3 Del obvestil na Kopališču hotela Vile Park v času onesnaženja

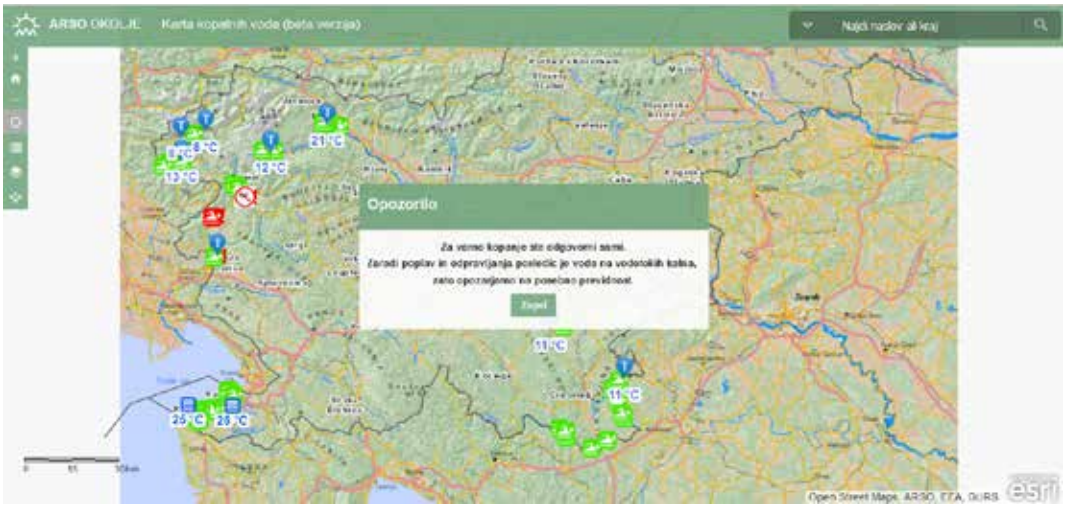
V kopalni sezoni 2022 pa je bilo kopanje odsvetovano za celotno kopalo sezona na Kolpi, na kopalnem območju Primostek; glede na podatke o mikrobiološki kakovosti vode za leta 2018–2021 je bila kopalna voda razvrščena v razred slabo. Pojavljanje večjega števila intestinalnih enterokokov v vodi se je začel že leta 2014 in vse do leta 2021 izoblikovale naraščajoči trend. Skladno z zakonodajo je zaradi slabega stanja Vlada maja 2022 sprejela Program ukrepov upravljanja kakovosti kopalne vode za kopalno območje Kolpa Primostek, zaradi nedoseganja standardov kakovosti kopalne vode za obdobje 2022–2026. Program navja sledeče ukrepe: vzpostavitev komunalne infrastrukture v aglomeraciji Primostek, dokončanje komunalne opremljenosti aglomeracije Podzemelj–Zemelj, nadzor nad odvajanjem in čiščenjem

odpadnih komunalnih voda v razpršeni poselitvi, preveritev morebitnih nelegalnih izpustov odpadnih voda in nelegalnih priključkov na komunalno infrastrukturo na prispevnem in vplivnem območju kopalne vode, Agenciji RS za okolje pa izvedbo rednega in raziskovalnega monitoringa ter pripravo letnega poročila o rezultatih in analizah ter o izvedenih aktivnostih obveščanja javnosti. Tako je obširen raziskovalni monitoring v zaledju te kopalne vode potekal leta 2022, in sicer je bilo opravljenih preko 100 dodatnih vzorčenj vode na 21 dodatnih merilnih mestih, pri čemer se je ugotovilo da je za spremenljivo stanje KV Kolpa Primostek več razlogov in sicer: neurejeno odvajanje komunalne odpadne vode pod večjimi naselji tako na slovenski kot tudi na hrvaški strani, občasni nekontrolirani izpusti fekalnih voda na slovenski strani, kar je pokazal inšpekcijski pregled, vprašljivo ustrezno delovanje individualne čistilne naprave v avtokampu ter izjemno povečanje števila dnevnih turistov in števila nočitev v občinah Metlika in Črnomelj letih 2020 in 2021 v primerjavi z predhodnimi leti zaradi epidemije covida-19. Da je kopanje odsvetovano, kakšni so rezultati analiz vode in vsa druga obvestila je javnost prejela preko karte kopalnih voda in informacijskih tabel (slika 4). Upravljavec avtokampa je informacije kopalcem posredoval tudi v sami recepciji avtokampa. Rezultati analiz vode v letu 2022 niso presegali priporočil NIJZ, vendar pa so močno nihali. Na osnovi rezultatov v tej kopalni sezoni in treh predhodnih je bila kopalna voda ponovno ocenjena kot zadostna. Stanje se je na tem delu Kolpe spremljalo tudi letos, vendar z manjšo pogostostjo.



Slika 4 Del obvestil a kopalnem območju Kolpa, Primostek

Obveščanju javnosti služi Karta kopalnih voda (slika 5), katero smo letos še posodobili in na njej redno objavljali podatke monitoringa in tudi obvestila za posamezne kopalne vode. V letošnji kopalni sezoni je bilo kopanje kratkotrajno odsvetovano v Idrijci v Bači pri Modreju zaradi povečane motnosti in slabe mikrobiološke kakovosti vode ob vremenskih ujmah in sanacijskih ukrepih po poplavah; motnost je bila povečana tudi na dveh kopalnih obočjih na reki Soči (v Kanalu in Solkanu), o čemer smo izdali obvestilo. Informacije smo širili preko medijev in socialnih omrežij.



Slika 5 Del obvestil in objav na Karti kopalnih voda 2023

Pregled aktivnosti na področju kopalnih voda podaja tudi poseben GIS prikazovalnik, ki je bil pripravljen v tej kopalni sezoni. Poleg poteka monitoringa in opisov kopalnih voda so tu dostopne tudi informacije o preteklem stanju kopalnih voda in povezave ter primerjave z ostalimi državami Evrope, saj so slovenske kopalne vode sestavni del tudi Evropskega poročila o stanju kopalnih voda. Poročilo nastane na osnovi podatkov o mikrobiološki kakovosti vode, ki jo ob koncu leta za vsako kopalno vodo posredujemo Evropski komisiji oz. Evropski okoljski agenciji v predpisanih poročevalskih obrazcih. Glede na podatke zadnjih let imamo sicer Slovenci s čisto vodo na kopališčih precej sreče, saj je Slovenija ena od držav Evrope, kjer vse kopalne vode že vrsto let dosegajo ustrezno kakovost vode, z izjemo kopalne vode Kolpa Primostek leta 2021. Kopalne vode slabe kakovosti so pogoste v drugih državah Evrope – v letu 2022 sta bili Nizozemska (s 25 kopalnimi vodami ali 3,4 % vseh – 21 teh kopalnih voda je na jezerih) in Švedska (z 19 kopalnimi vodami ali 4,1 %) državi z največjim deležem slabih kopalnih voda, po številu pa je bilo največ slabih v Franciji (93), Italiji (82), Španiji (37) in Nemčiji (14). Pri nas so v razredu odlično navadno kopalne vode na Blejskem, Bohinjskem jezeru, na Soči, z izjemo ene na morju ter mestoma na Kolpi. Zaradi večje samočistilne sposobnosti morja je navadno kakovost obalnih kopalnih voda boljša. Leta 2022 je bilo 88,9 % obalnih kopalnih voda v Evropi razvrščenih kot odlične. V Sloveniji je ta delež 95,2%, kar je nad Evropskim povprečjem in nas kot že vrsto let uvršča v sam vrh, za Ciprom (99,2%), Hrvaško (98,9%) in Grčijo (96,5%). Smo pa tudi ena redkih držav, kjer se monitoring redno izvaja na vseh kopalnih vodah celo pogosteje, kot to zahteva zakonodaja.

5. Zaključki

Kopanje in plavanje ljudem predstavlja razvedrilo, sprostitev, počitek in igro ter s tem krepi in ohranja zdravje. Lokacijo kopanja moramo zbirati preudarno; zavedati se moramo nevarnosti, ki jih vode predstavljajo.

Eden od pogojev zdravega kopanja je tudi ustrezna kakovost vode. Ta se v Sloveniji spremlja na 48 kopalnih vodah in je navadno dobra, zato moramo vsi poskrbeti, da bo tako ostalo tudi v prihodnje. Za ukrepanje in obveščanje ob morebitnih odstopanjih velja protokol, ki sta ga pripravila ARSO in NIJZ. Sprotni podatki, temperature vode in stanje kopalnih voda objavlja agencija na Karti kopalnih voda, zato jo je vredno spremljati, informacije pa širijo tudi druge pristojne inštitucije preko medijev in socialnih omrežij.

6. Viri

[1] Direktiva Evropskega Parlamenta in Sveta 2006/7/ES z dne 15. februarja 2006 o upravljanju kakovosti kopalnih voda in razveljavitvi Direktive 76/160/EGS

[2] Uredba o upravljanju kakovosti kopalnih voda (Uradni list RS, št. 25/08)

[3] Smerne vrednosti za odsvetovanje ali prepoved kopanja v naravnih kopališčih in kopalnih območjih (www.nijz.si)

[4] Kakovost kopalnih voda v Sloveniji, Poročilo za leto 2022 (https://www.gov.si/teme/kopalne-vode/)

[5] Poročilo o rezultatih in analizah rednega in raziskovalnega monitoringa kakovosti kopalne vode Kolpa Primostek zaradi nedoseganja standardov kakovosti (http://www.arso.gov.si/novice/datoteke/044296-Porocilo_Primostek_2022_dop_K%20podpis%20direktor.pdf)

VAROVANJE VODA, KI SE UPORABLJA ZA JAVNO OSKRBO PREBIVALSTVA S PITNO VODO

IRENA ANICA OVEN, univ. dipl. geogr.

Ministrstvo za naravne vire in prostor

POVZETEK

Med vsemi rabami voda, se najpomembnejšo rabo pripisuje prav pitni vodi, ki ima prednost pred drugimi rabami vode. Že v preteklosti so se naši predniki zavedali, da je treba skrbeti tako za kvalitetno kot tudi za količinsko ustrezno stanje voda, zato so varovali bližnjo okolico vodnih virov ter omejevali posege in dejavnosti na teh območjih. Tudi danes se z vodovarstvenimi območji varuje okolje, iz katerega prihaja voda v zajetje, ki se uporablja za oskrbo prebivalstva.

Varstvo pitne vode je vsekakor izziv današnje držbe in se močno odraža pri pripravi uredb o vodovarstvenih območjih, kjer se ponavadi pokaže koliko je (še) cenjena pitne vode v odnosu do posegov in dejavnosti, ali vodovarstveni režim res onemogoča oz zelo omejuje nadaljnje življenje. Varstvo okolja moramo ponotranjiti, saj ni samoumevno, da si v kozarec iz pipe lahko nalijemo pitno vodo

Ključne besede:

vodovarstveno območje, vodovarstveni režim, varstvo pitne vode

1. Uvod

Kolikokrat v dnevu, tednu, mesecu, letu si zastavimo vprašanje, od kje prihaja voda, ko odpremo pipo in si natočimo kozarec vode?

Verjetno nam je v večjem delu Slovenije samoumevno, da nam iz pipe priteče pitna voda. Iz kakšnega okolja je ta voda, kaj se dogaja v tem okolju, kakšen je naš odnos do tega okolja, kaj počnemo v tem okolju, ali je voda predpripravljena, ali pijemo surovo vodo … niti ne pomislimo.

Vodo, ki se uporablja za pitje, so naši predniki že v preteklosti varovali in v ta namen omejevali dejavnosti na širšem območju zajetij. Ob ustanavljanju pravnega reda v drugi polovici preteklega stoletja, so zajetja, ki so se uporabljala za zagotavljanje pitne vode, zavarovala z občinskimi odloki o varstvenih pasovih. V začetku tega stoletja je varovanje pitne vode prešlo na raven države, ki z uredbami o vodovarstvenih območjih varuje zajetja, ki se uporabljajo za javno oskrbo s pitno vodo pred onesnaževanjem ali drugimi vrstami obremenjevanja, ki bi lahko vplivala na zdravstveno ustreznost voda ali na njeno količino.

Z namenom varovanja pitne vode je v uredbah o vodovarstvenih območjih določen vodovarstveni režim, ki zagotavlja ohranjanje naravnega stanja vodnega telesa. Vzpostavljanje vodovarstvenega režima, ki varuje pitno vodo in hkrati omogoča kar se da normalno življenje tam živečim prebivalcem, je velik izziv tako za pripravljavce predpisov in strokovnjake s hidrogeološkega področja, kot tudi za lokalne skupnosti, druge resorje ter širšo zainteresirano javnost.

2. Zakonodaja

Z Zakonom o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 110/02 – ZGO-1, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15, 65/20 in 35/23 – odl. US; v nadaljevanju: Zakon o vodah) je varovanje zajetij, ki se uporabljajo za javno oskrbo prebivalstva s pitno vodo prešlo iz občinske ravni na državno raven. Iz zakona izhaja, da vlada določi vodovarstveno območje z namenom, da se zavaruje vodno telo pred onesnaževanjem ali drugimi vrstami obremenjevanja, ki bi lahko vplivalo na zdravstveno ustreznost voda ali na njeno količino. Zakon v 74. členu tudi določa, da se s predpisom zavaruje raba vode samo za namen javne oskrbe prebivalstva s pitno vodo in ne tudi za druge rabe. Zavarovanje zajetij z vodovarstvenimi območji sprejme vlada z uredbo.

Zakon v nadaljevanju poudari pomembnost oskrbe s pitno vodo, saj v 108. členu navaja, da ima raba vode za oskrbo prebivalstva s pitno vodo prednost pred rabo vode za druge namene. Pomembnost oskrbe prebivalstva s pitno vodo izhaja tudi določba 61. člena, ki določa, da se v primeru, ko je prostorski akt že sprejet, naknadno pa je sprejet tudi predpis o zavarovanju vodnega telesa, se do njegove uskladitve za posege v prostor uporabljajo določbe predpisa o zavarovanju vodnega telesa.

2.1 Priprava strokovnih podlag za zavarovanje zajetij

Meja vodovarstvenega območja, območje zajetja in meje notranjih območij so določene na podlagi izhodišč iz zakona o vodah ter Pravilnika o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Uradni list RS, št. 64/04, 5/06, 58/11 in 15/16; v nadaljevanju: Pravilnik). Pravilnik podrobno navaja kriterije za določitev vodovarstvenih območij glede na vrsto površinskega ali podzemnega vodnega telesa in značilnosti njunega napajalnega območja, ki je odvisen od časa zadrževanja onesnaževala, razredčenja le-tega od mesta vnosa do zajetja, ali časa za ukrepanje ter glede na tip vodonosnika. V Pravilniku so podana izhodišča za posege v okolje, ki pomenijo tveganje za onesnaževanje vodnega telesa, izhodišča za načrtovanje zaščitnih ukrepov za zaščito vodnega telesa ter izhodišča z pripravo analize tveganja in strokovnih podlag.

Meja vodovarstvenega območja, območje zajetja in meje notranjih območij so v uredbi povzete iz strokovnih podlag, ki jih pripravi ustrezna institucija s področja hidrogeologije in temeljijo na predhodno izdelanih strokovnih gradivih, študijah, raziskovanjih, poznavanju območja ter v vodnem dovoljenju dopustnih črpalnih količinah. V kolikor po določitvi vodovarstvenega območja ne pride do novih raziskav s hidrogeološkega področja in ta ne prinesejo novih spoznanj, se velikost

vodovarstvenih območij ne spreminja. Spreminja se le ob predpostavki, če se spremenijo dopustne količine v vodnem dovoljenju.

2.2 Vodovarstveno območje

Zajetje

Vodovarstveno območje zajema območje zajetja, ki je ograjeni del območja, neposredno ob zajetju. Na območju zajetja se zagotavlja varovanje le-tega pred neposrednim poškodovanjem objektov zajetja in neposrednim vnosom onesnaževal v zajetje ali njegovo neposredno bližino. Na tem območju je dovoljeno samo vzdrževanje ter obnavljanje objektov in naprav, ki služijo zajetju.

Meja območja zajetja je praviloma 10 m okoli zajetja za vodnjak ali drenažno zajetje ter najmanj 20 m okoli zajetja za kraški izvir. Meja zajetja je lahko tudi večja, v kolikor so v območje zajetja vključeni tudi drenažni kraki, drenažni kanali, galerije in razpoke. V kolikor je zajetje na vodnem telesu površinske vode, je meja prav tako najmanj 20 m okoli zajetja, mogoče pa so tudi izjeme.

Notranje vodovarstveno območje

Vodovarstveno območje se zaradi različnih stopenj varovanja lahko deli na:

- najožje vodovarstveno območje: območje je blizu zajetja, razredčenje je zaradi naravnih danosti majhno, onesnaževala hitro dospejo do zajetja. Na tem območju mora vodovarstveni režim zagotavljati sprejemljivo tveganje za onesnaženje vodnega telesa z mikroorganizmi in drugimi onesnaževali, zato se območje varuje z najstrožjim vodovarstvenim režimom;
- ožje vodovarstveno območje: območje glede na naravnih danosti zagotavlja dovolj dolg zadrževalni čas, dovolj veliko razredčenje in dovolj dolg čas za ukrepanje. Vodovarstveni režim mora zagotavljati sprejemljivo tveganje za onesnaženje vodnega telesa z onesnaževali, ki počasi razpadajo, zato se območje varuje s strogim vodovarstvenim režimom;
- širše vodovarstveno območje: je območje, ki zajema celotno napajalno območje zajetja in je namenjeno dolgoročnemu zagotavljanju zdravstvene ustreznosti pitne vode. Na tem območju mora vodovarstveni režim zagotavljati sprejemljivo tveganje za onesnaževanje vodnega telesa z radioaktivnimi snovmi, ki so obstojne ali pa se razgrajujejo zelo počasi. Na širšem vodovarstvenem območju se vodno telo varuje z blažjim vodovarstvenim režimom.

2.3 Vodovarstveni režim

Izhodišča za pripravo vodovarstvenega režima za zavarovanje zajetij

Varovanje količinskega in kakovostnega stanja vodnih virov se zagotavlja z vodovarstvenim režimom, ki ima podlago v 76. členu Zakona o vodah. Ta določa, da se prepove ali določi pogoje pri posegih v prostor, prepove ali omeji se opravljanje

dejavnosti, prepove ali omeji se prevoz blaga ali ljudi. Pri postavitvi vodovarstvenega režima je treba izhajati iz načela, da snovi, ki jih pred posegom v prostor ni bilo v vodnem telesu, se tudi po izvedenem posegu ne smejo pojaviti.

Hidrogeolog na podlagi poznavanja območja v strokovni podlagi lahko prepove objekte in dejavnosti ter opredeli obseg dopustnih objektov in dejavnosti, ki so na vodovarstvenem območju dovoljene oziroma dovoljene z upoštevanjem pogojev. Dopustni objekti morajo biti usklajeni s predpisi, ki urejajo enotno klasifikacijo vrst objektov, za katere so načrtovani zaščitni ukrepi ter z drugimi predpisi, ki so z njimi povezani (npr. s predpisi o odvajanju in čiščenju odpadne vode, prostorskimi akti idr.).

Na količino in kakovost vodnih virov ne vplivajo samo objekti, ki so danes že na vodovarstvenem območju in tisti, ki še bodo, temveč tudi dejavnosti, še zlasti kmetijstvo. Režim na področju kmetijstva, ki obsega gnojenje in uporabo fitofarmacevtskih sredstev, je bil oblikovan v letu 2011 v medresorski delovni skupini, ki se je v naslednjih letih minimalno spreminjal oziroma prilagajal pedološkim značilnostim vodovarstvenih območij.

Vodovarstveni režim

Z namenom, da bi varovanje vodnega vira, kar najbolj približali lokalni skupnosti, se vodovarstveni režim dokončno oblikuje v času priprave uredbe o vodovarstvenem območju, v času javne obravnave in medresorske uskladitve. Vodovarstveni režim se oblikuje na podlagi obstoječega stanja prostora, načrtih, ki se odražajo v prostorskih aktih lokalne skupnosti ter s sodelovanjem z lokalno skupnostjo, ki je odgovorna za oskrbo svojega prebivalstva s pitno vodo.

3. Sodelovanje z deležniki

V postopku priprave strokovnih podlag za vodovarstvena območja in v postopku priprave uredb o vodovarstvenih območjih se vključujejo zunanji deležniki, zlasti lokalne skupnosti in izvajalci javne službe oskrbe s pitno vodo.

Težave v fazi priprave strokovnih podlag izhajajo predvsem iz tega, da se izredno veliko časa nameni končnemu seznamu zajetij, na podlagi katerega se v strokovnih podlagah obravnavajo vsi tisti vodni viri, ki se rabijo ali so namenjeni javni oskrbi s pitno vodo. Dogaja se namreč, da lokalne skupnosti in / ali izvajalci javne službe oskrbe s pitno vodo sočasno s pripravo strokovnih podlag za uredbo o VVO oziroma sočasno s postopkom priprave uredbe o VVO naročajo raziskave za nove vodne vire za javno oskrbo s pitno vodo (pri tem gre lahko za dodatna zajetja pitne vode, ali pa za nadomeščanje obstoječih zajetij z novimi) in o tem pripravljavce strokovnih podlag in pripravljavce uredbe o VVO ne obvestijo, oziroma jih o novih dejstvih obvestijo, ko so strokovne podlage oziroma uredbe o VVO že povsem pripravljeni. To pomeni, da je treba strokovne podlage nadgraditi, posledično tudi osnutek uredbe o VVO, kar vpliva na odmik od zastavljene časovnice. Strokovne podlage za namen priprave uredb o VVO izdelujejo strokovno usposobljene inštitucije, ki imajo za ta namen z ministrstvom sklenjene pogodbe na podlagi podrobnih programov dela.

Prej navedene dopolnitve zaradi vključevanja novih ali izključevanja obstoječih zajetij pomenijo spremembe že sprejetih pogodbenih obveznosti oziroma čakanje na novo programsko obdobje z novimi pogodbenimi obveznostmi, kar vse podaljšuje pripravo uredb o VVO.

V času javne obravnave se za vsako posamezno uredbo o vodovarstvenih območjih izvede v skladu z Zakonom o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 44/22 in 18/23 – ZDU-1O) ter v povezavi Aarhuško konvencijo. V fazi postopka seznanitve javnosti z osnutkom uredbe se praviloma pojavi veliko število pripomb in predlogov, katerim je skupen cilj, da se v uredbi dopusti čim več izjem za gradnjo. Vsak tak predlog je treba preveriti s hidrogeološkega vidika, ga ovrednotiti ter nanj podati strokovno stališče z vidika pomembnejšega vpliva na stanje vodnega telesa. Kljub utemeljenim in obrazloženim negativnim stališčem hidrogeološke stroke, se pojavljajo težnje po ponovnih dodatnih preveritvah. Nemalokrat se tudi zgodi, da nas lokalna skupnost o kakšnem od (pomembnih) dejstev (npr. da imajo na VVO čistilno napravo, da bodo ukrepi, ki jih bi morali izvesti predragi, zato predlagajo novo rešitev ipd.), seznani tik pred koncem priprave predloga uredbe. Vsaka pobuda, vsako kasnejše pridobljeno (pomembno) dejstvo zaustavlja proces priprave uredbe o VVO. Lokalne skupnosti, kljub dejstvu, da se vodovarstveni režim vzpostavlja z namenom varovanja pitne vode in obvladovanja tveganj zaradi posegov v okolje, praviloma sprejemajo negativno.

4. Pobude za spremembo veljavnih uredb o vodovarstvenih območjih

Zavedanje, da uveljavljen vodovarstvenih režim iz uredb o vodovarstvenih območjih ščiti območje od koder priteka voda v zajetje, pogosto zvodeni v luči novo načrtovane investicije, zato se pojavljajo pobude lokalnih skupnosti in državnih institucij po spremembah veljavnih uredb o VVO. Lokalne skupnosti, kot tudi državne institucije se premalokrat zavedajo, da VVO varujejo vire pitne vode za javno oskrbo prebivalstva in da rezervnih vodnih virov (v večini primerov) ni. Te pobude so pogosto pomanjkljivo pripravljene, niso analizirane z vidika obstoječega stanja v odnosu do veljavne uredbe ter v odnosu do občinskega prostorskega načrta, prav tako ne obravnavajo variantnih rešitev, ki bi utemeljevale poseg z vidika preveritve širšega območja in dokazale, da druga, boljša možnost ne obstaja. Šele utemeljeni zaključki poglobljeno izvedene analize obstoječega stanja, tudi z vidika utemeljitve zakaj rešitve z upoštevanjem uredbe o VVO niso možne, lahko podajo razloge za nov predlog sprememb in dopolnitev uredbe o VVO.

5. Zaključki

Varstvo pitne vode je z zakonodajnega vidika zagotovljeno z zavarovanjem vodovarstvenega območja in vzpostavitvijo vodovarstvenega režima. Vzpostavitev vodovarstvenega režima bo tudi v prihodnje zahteval več aktivnosti, ki bodo povezane z ozaveščanjem pomena varstva okolja, iz katerega prihaja voda v zajetje, iskanje trajnostno naravnanih izzivov, ki bodo v prid varstvu okolja. Izboljšati je treba sodelovanje z javnostjo, zlasti z lokalnimi skupnostmi, z izobraževanji na

različnih nivojih ozaveščati lokalne skupnosti in javnost, da je voda omejena dobrina, za katero ni mogoče trditi, da bo v neomejenih količinah in dobri kvaliteti na razpolago še nadaljnja stoletja in da vodovarstveni režim ni samo ovira pri načrtovanju posegov v okolje, ampak je namenjen varstvu in ohranitvi voda, ki jih uporabljamo kot pitno vodo.

Dobra komunikacija z vsemi deležniki, jasni in enostavno podani strokovni odgovori na zastavljena vprašanja, zainteresiranost za iskanje skupne rešitve, bodo tudi v prihodnje ključni dejavniki za zavarovanje okolja iz katerega priteka voda v zajetje.

6. Viri

Izdelana gradiva za pripravo uredb o vodovarstvenih območjih

[1] Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Uradni list RS, št. 64/04, 5/06, 58/11 in 15/16)

[2] 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, 56/15, 65/20 in 35/23 – odl. US)

UKREPI ZA OHRANJANJE IN IZBOLJŠANJE STANJA OGROŽENIH ŽIVALSKIH VRST IN HABITATOV V VIPAVSKI DOLINI – PROJEKT VIPava – UREDITEV PREHODOV ZA VODNE ORGANIZME IN STRANSKIH ROKAVOV NA REKI VIPAVI

KATARINA KOŠIR[1], univ. dipl. biol., TOMAŽ REMŽGAR[1], univ. dipl. biol.,
NASTJA PAJK[1], univ. dipl. biol., dr. JANA LAGANIS[2], univ. dipl. biol.,
IZTOK KAVČIČ[3], univ. dipl. ing. kraj. arh.,
dr. NATAŠA SMOLAR-ŽVANUT[3], univ. dipl. biol.

[1]Zavod za ribištvo Slovenije
[2]Zavod Republike Slovenije za varstvo narave
[3]Direkcija Republike Slovenije za vode

POVZETEK

Reka Vipava je bila v preteklosti večkrat regulirana, nazadnje v 80. letih 20. stoletja. Posegi so bili izraziti predvsem v zgornjem toku reke, kjer so strugo izravnali, njene brežine obložili s kamenjem, zasuli nekatere dele stare struge in zgradili vrsto prečnih pregrad za uravnavanje pretoka vode. Z izvedenimi posegi se je spremenila podoba Vipavske doline in življenjski pogoji v reki ter obrečnem prostoru. Večina pregrad predstavlja oviro pri selitvah rib po toku navzgor, z izravnavo, utrditvijo bregov in zasutji starih delov struge pa so življenjsko okolje izgubile ribje mladice in številni manjši vodni in obvodni organizmi. Obenem so posegi povzročili zmanjšanje omočenosti obvodnega pasu.

V okviru kohezijskega projekta VIPava smo v zgornjem toku reke Vipave načrtovali in izvedli ureditev za izboljšanje statusa ogroženih živalskih vrst in vodnih habitatov v Vipavski dolini. Pri vasi Dolenje smo na območju nekdanjega meandra reke sonaravno uredili nov stranski rokav z razgibano strugo, izvedli posege za izboljšanje pretočnosti nekaterih stranskih rokavov reke, na projektnem območju pri vasi Brje izkopali dodatni mlaki ter na štirih pregradah v zgornjem toku reke Vipave uredili različne tipe prehodov za vodne organizme. Prehodi so bili izvedeni z namenom vzpostavitve vzdolžne povezanosti vodotoka in izboljšanja možnosti selitve rib po reki Vipavi. Omenjeni ukrepi so bili izvedeni z namenom izboljšanja stanja vidre (*Lutra lutra*) in varovanih vrst dvoživk, kot je laška žaba (*Rana latastei*).

Ključne besede:

reka Vipava, prehodi za ribe, sonaravne ureditve, rokav Brje, rokav Dolenje, Novakova mlinščica, projekt VIPava, Natura 2000, laška žaba (*Rana latastei*), vidra (*Lutra lutra*)

1. Reka Vipava

Reka Vipava je nižinski vodotok z majhnim padcem ter ovinkasto in mendrirajočo strugo. Zaradi svojega kraškega zaledja, ki obsega obsežna območja Trnovskega gozda, Komenskega krasa in Nanosa, predstavlja tipični kraški vodotok, v katerega se zlivajo hudourniški pritoki Bela, Hubelj, Branica z Rašo, Lijak, ind. (Anzeljc D. in sod., 2022). Med leti 1983 in 1986 je bila Vipava regulirana predvsem z namenom pridobitve kmetijskih zemljišč. Na mnogih odsekih so izravnali rečne meandre, tako da je bila struga Vipave skrajšana s 50 km na 47,7 km (Madjar in sod., 2016). Večino nastalih stranskih rokavov so popolnoma ali delno zasuli. V sklopu izravnave reke je bilo za ureditev nivelete regulirane struge in zagotavljanja stabilnosti dna, na odseku med mostom v Uhanjah in mostom na cesti Ljubljana–Nova Gorica (VGI 1984), zgrajenih več kamnitih stabilizacijskih pragov višine od 0,4 m do 2,4 m (VGB, 2020).

2. Vpliv pregrad na organizme

Pregrade so prečni vodni objekti, ki so v vodotoke umeščene z namenom uravnavanja pretoka vode, pridobivanja električne energije, preprečevanja poplav in spodjedanja struge, namakanja … Imajo izrazito negativne vplive na vodne organizme in ekosisteme, ker:

- preprečujejo selitve rib in drugih vodnih organizmov po strugi in tako krčijo njihov življenjski prostor ter onemogočajo njihovo razmnoževanje;
- ovirajo prenos sedimentov po strugi;
- spremenijo naravni režim vodnega toka in s tem tudi fizikalne lastnosti vode (temperaturo in vsebnost kisika v vodi …);
- so zaradi povečanega spodjedanja bregov in poglabljanja struge pod pregrado potrebna dodatna utrjevanja dna in bregov;
- utrditve in izravnave zmanjšujejo razgibnost struge in njeno primernost za življenje organizmov.

3. Projekt VIPava in izvedene ureditve

Projekt VIPava je kohezijski naravovarstveni projekt, ki je sofinanciran s strani Republike Slovenije in Evropskega sklada za regionalni razvoj. Njegov namen je ohranjati in izboljšati stanje ogroženih živalskih vrst in habitatov v Vipavski dolini. V okviru projekta smo v ta namen med drugim:

- preoblikovali štiri pregrade v zgornjem toku Vipave tako, da so prehodne za vodne organizme;
- uredili nov stranski rokav Vipave pri vasi Dolenje na območju nekdanjega meandra;
- izboljšali pretočnost stranskega rokava Vipave pri vasi Brje in Novakove mlinščice;
- uredili dve novi mlaki za dvoživke na območju poplavnega gozda pri vasi Brje.

Območje, v katerem smo izvajali ureditve, sodi v Natura 2000 posebno ohranitveno območje *Dolina Vipave*. Večina navedenih ukrepov je bila izvedena z namenom izboljšanja stanja vidre (*Lutra lutra*) in sicer preko izboljšanja stanja ribjih populacij, ukrepi pri vasi Brje pa so bili primarno namenjeni izboljšanju stanja dvoživk, predvsem laške žabe (*Rana latastei*). Ukrepi so poleg tega izboljšali tudi habitatne tipe in habitat številnih drugih varovanih in zavarovanih vrst, ki potrebujejo enako ali podobno življenjsko okolje. Take so na primer ribe, soška postrv (*Salmo marmoratus*), kapelj (*Cottus gobio*), grba (*Barbus plebejus*) in pohra (*Barbus balcanicus*), laški potočni piškur (*Lethenteron zanandreai*) ter želva močvirska sklednica (*Emys orbicularis*).

Območja omenjenih ureditvenih del so prikazana na Sliki 1.



Slika 1: Območja gradbenih del. (Vir: ARSO, Atlas okolja, DRSV, 2023)

3.1 Ureditve na območju nekdanjega okljuka Vipave pri vasi Brje

Ob regulaciji je nekdanji okljuk Vipave pri vasi Brje postal stranski rokav. Z leti se je struga rokava začela zasipavati, saj so visoke vode na začetnem delu rokava odlagale naplavine. Te so sčasoma povsem preprečile dotok vode v rokav ob srednjih in nizkih vodostajih. Za izboljšanje pretočnosti celotnega rokava in omočenosti območja smo takoj za obema vtokoma v stranski rokav, na odseku v skupni dolžini 180 m, izkopali in odstranili 1830 m^3 sedimentov. Normalni profil obeh rokavov se je izkopal v širini 2,0 m v dnu in z naklonoma brežin 1:1,5. Za preprečitev ponovnega zasipanja obeh rokavov (t.i. Rokav 1 in 2), sta bila na njunih začetkih zgrajena usedalnika z volumnoma 93 in 147 m^3, ki se bosta redno vzdrževala. Z ukrepi smo zagotovili ohranitev ugodnega habitata laške žabe na celotnem območju rokava. Laška žaba namreč živi v podrasti mokrotnih listnatih gozdov, spomladi pa za razmnoževanje potrebuje počasi tekoče in naravno ohranjene gozdne potoke. Obenem smo za

izboljšanje habitata laške žabe na območju izkopali tudi dve novi mlaki. Voda tu zastaja celo leto zaradi visokega nivoja talne vode.



Slika 2: Vtočna dela rokava po končanih ureditvenih delih in novourejeni mlaki (Vir: ZZRS, 2022 in 2023)

3.2 Ureditev stranskega rokava pri vasi Dolenje

Za povrnitev dela življenjskega prostora ribjih mladic, ki je bil uničen v preteklih regulacijah reke Vipave, smo v sklopu projekta izkopali nov stranski rokav na območju nekdanjega okljuka Vipave. Nov rokav ima številne elemente, ki ribjim mladicam služijo kot skrivališča in počasnejši tok vode kot je v matični strugi. S tem smo pripomogli k izboljšanju stanja populacij domorodnih vrst rib in vidre. Obenem bo ukrep izboljšal tudi stanje številnih drugih vrst živali, ki potrebujejo razgibano vodno okolje. Med njimi je tudi varovana vrsta kačjega pastirja: koščični škratec (*Coenagrion ornatum*).

Novourejeni rokav je dolg 175 m, z višinsko razliko med vtokom in izlivom v Vipavo 1,1 m. Normalni profil rokava ima dno široko 1,5 m in naklone brežin 1:2.

Rokav ima razgibano korito tako v vzdolžnem (različni padci struge) kot prečnem poteku (različna širina struge, od 0,85 m do 8 m). V začetnem delu rokava je zgrajen usedalnik za preprečevanje zaprojevanja rokava. V rokavu so tudi kamniti prag za dvig gladine na razširitvenem delu, polpragovi z namenom meandriranja toka, motilni kamni (»samice«) za popestritev tokovne slike ter »kosmati les« (ob brežino pritrjena drevesa) in drevesni panji kot skrivališča za ribe.



Slika 3: Stranski rokav po ureditvi in del rokava z vmeščenimi polpragovi in panji (Vir: ZZRS, 2021)

3.3 Izgradnja prodnega zadrževalnika na vtočnem delu Novakove mlinščice

Dotacija vode v Novakovo Mlinščico poteka preko obstoječega vtočnega objekta. Pred ureditvijo se je struga mlinščice pod vtočnim objektom pogosto zaprodila, kar je ogrožalo njeno pretočnost. Da bi preprečili nadaljnje zaprojevanje smo pod vtočnim objektom izvedli usedalnik volumna 185 m^3.



Slika 4: Nov usedalnik na Novakovi mlinščici (Vir: ZRSVN, 2021)

3.4 Preoblikovanje pregrad v zgornjem toku reke Vipave

V sklopu projekta smo preoblikovali štiri pregrade v zgornjem toku reke Vipave na način, da so prehodne za vodne organizme, predvsem za ribe.

Stopnje posameznih pregrad so bile pred gradbenimi deli od 1,4 do 2,4 m, merjeno med krono pregrade oziroma zgornjo vodo ter spodnjo vodo oziroma dnom tolmuna. Posledično so bile pregrade za večino rib, na primer manjše in talne, neprehodne.

Pregrade smo preoblikovali na tri načine. Dve pregradi smo preoblikovali v serijo pragov, eno v kotanjasto drčo, eni pregradi pa smo dogradili ribjo stezo.

Vse ureditve v vodi so bile zaradi zagotavljanja stabilnosti izvedene s kamnom v betonu, brežine so se utrdile s kamnom v suho nekaj nad niveleto sQs. Pri izvedbi serij pragov, se je srednji del izvedel v znižani obliki za možnost prehajanja rib tudi ob nizkih vodostajih. Z izvedenimi spremembami se je ohranila primarna vloga pregrad – vzdrževanje nivelete struge.



Slika 5: Pregrada, preoblikovana v serijo pragov, na pregradi dograjena ribja steza in pregrada, preoblikovana v kotanjasto drčo (Vir: ZZRS, 2022; ZRSVN, 2021; ZRSVN, 2021)

4. Ključni pogoji za načrtovanje ureditev

Projekt VIPava je naravovarstveni projekt, zato so bili za načrtovanje in izvajanje ureditev podani naslednji ključni pogoji:

- izvedba ureditev mora biti čim bolj sonaravna (uporaba naravnih materialov – les, skale; čim manj betoniranja ter uporabe skal; utrditev brežin s travo in potaknjenci);
- rokavi morajo biti pretočni, pregrade pa prehodne tudi v času nizkih vodostajev, tudi za talne ribe;
- ureditve morajo biti stabilne in trajne;
- obrežna vegetacija se mora ohraniti v čim večjem obsegu.

Zaradi omenjenih pogojev je projektant ureditve v stranskem rokavu pri vasi Brje in Dolenje načrtoval na način, ki ni zahteval utrjevanja brežin s skalami. Utrjevanje s tehniko kamna v suho je uporabil le pri urejanju obrežnega zavarovanja vtoka in

iztoka stranskega rokava v Dolenjah in pri izvedbi usedalnikov. Večina obrežnih zavarovanj se je izvedla izključno z vegetacijskim zavarovanjem (zasaditev s potaknjenci ali zatravitev) brežin. Izkop naplavin se je v rokavu Brje izvedel s premetom v strugi, tako da dodatni posegi v okolico struge (npr. posek drevja, ureditev začasne transportne poti) niso bili potrebni.



Slika 6: Ureditev usedalnika s kamnom v suho in utrditev brežin s potaknjenci. (EHO Projekt, 2020; ZZRS, 2021)

Zaradi pogostih visokovodnih dogodkov reke Vipave smo vse ureditve za zagotavljanje prehodnosti pregrad izvedli s kamnom v betonu, čez katerega je nasut prod. Med kamni smo ohranili globoke fuge, s čimer smo zagotovili skrivališča manjšim organizmom in ohranili bolj sonaraven videz ureditev.

Pri projektiranju in izvajanju ureditev smo posvečali posebno pozornost tudi ohranjanju obrežne vegetacije, saj je ta zelo pomembna za rečni ekosistem:

- Je življenjski prostor številnih vrst, med katerimi so tudi ogrožene in varovane vrste (žuželk, dvoživk, netopirjev, ptic itd.);
- Korenine in nizke veje predstavljajo skrivališče za ribe in ribje mladice;
- Koreninski sistemi stabilizirajo brežine in preprečujejo erozijo;
- Obrežna vegetacija preprečuje spiranje gnojil, škropiv in zemljine s kmetijskih površin v reko;
- Preprečuje poletno pregrevanje vode in s tem preprečuje pomanjkanje kisika v njej;
- Rastline s privzemom snovi pomagajo čistiti vodo;
- Ohranjena obrežna vegetacija preprečuje razširjanje invazivnih tujerodnih vrst rastlin;
- Vegetacija pomaga blažiti hitrost vetra in pozitivno vpliva na mikroklimatske razmere.

5. Rezultati vzorčenj

V sklopu projekta smo načrtovali vzorčenja pred in po izvedenih delih.

Tako smo leta 2021 izvedli popis laške žabe z metodo določevanja velikosti populacije s štetjem mrestov. Ugotovili smo, da je v letu 2021 v primerjavi s sezonami 2018 in 2019 prišlo do večkratnega povečanja števila odloženih mrestov na celotnem območju stranskega rokava, še posebej izrazito pa v novoizkopanih mlakah, kar nakazuje, da je imel njihov izkop izredno pozitiven učinek na številnost lokalne populacije laške žabe. Po obnovi začetnih delov rokava je bila opazna tudi povečana pretočnost skozi celoten rokav Brje. Izkop mlak je imel pozitiven vpliv tudi na močvirske sklednice, ki so se v mlaki naselile že nekaj mesecev po zaključku del.

Vzorčenje ribjih populacij v času priprave prispevka še ni bilo končano. Že po prvem vzorčenju pa smo ribe beležili po celotni dolžini prehodov (pragov, drče in ribje steze), kar nakazuje, da ribe uspešno premagujejo novo zgrajene objekte za prehajanje preko vodnih ovir.

Na območju zgrajenih prehodov smo našli naslednje vrste: laški piškur (*Lethenteron zanandrei*), potočna postrv (*Salmo trutta*), soška postrv (*Salmo marmoratus*), križanci med soško in potočno postrvjo, šarenka (*Oncorhynchus mykiss*), lipan (*Thymallus thymallus*), grba (*Barbus plebejus*), pohra (*Barbus balcanicus*) in kapelj (*Cottus gobio*).

Vzorčenje smo opravili tudi v stranskem rokavu pri vasi Dolenje. V njem smo našli mladice salmonidov različnih velikosti in večje število pisancev.

6. Zaključki

Monitoringi, opravljeni po zaključkih ureditvenih del, dajejo vzpodbudne rezultate in kažejo na to, da nam je v okviru projekta VIPava uspelo izboljšati življenjske pogoje za ciljne vrste projekta, hkrati pa tudi za nekatere druge, ki živijo v podobnih habitatih. Želimo si, da bi bili izvedeni posegi zgled za nadaljnje tovrstne projekte širjenja življenjskega prostora vodnih organizmov.

7. Viri

[1] Anzeljc D. in sod., 2022. Hidrološka študija Vipave. Projekt: Ukrepi za ohranjanje in izboljšanje stanja ogroženih živalskih vrst in habitatov v Vipavski dolini - VIPava; Ministrstvo za okolje in prostor Direkcija Republike Slovenije za vode, Ljubljana, november 2022, 296 str.

[2] Madjar M., Suhadolnik P., Šantl S., Vrhovec Š., Krivograd Klemenčič A., Smolar-Žvanut N. 2016. Vipava River Basin Adaptation Plan 2016 Part I & II, BeWater – Society Adapting to Global Change.

[3] VGB, 2021a. PID za ureditev rokava Brje 3874/18-B-PID; Vodnogospodarski Biro Maribor d.o.o., oktober 2020, dop. maj 2021.

[4] VGB, 2021b. PID za ureditev pregrad, rokava Dolenje in vtoka v Novakovo mlinščico 3874/18-P-PID; Vodnogospodarski Biro Maribor d.o.o., oktober 2021.

[5] VGB, 2020. PZI za ureditev pregrad, rokava Dolenje in vtoka v Novakovo mlinščico 3874/18-P-PZI; Vodnogospodarski Biro Maribor d.o.o., december 2020.

[6] VGI, 1984. PGD in PZI za regulacijo Vipave – odsek C km 34+426 do km 41+753; Vodnogospodarski inštitut Ljubljana, junij 1984.

VZPOSTAVLJAMO NARAVOTEKO SLOVENIJE

ROK HAVLIČEK, univ. dipl. inž. gozd.

Agencija Republike Slovenije za okolje

POVZETEK

Letošnji Svetovni dan voda je spodbujal, da postanemo »sprememba«, ki jo želimo videti v odnosu do vode, ravnanju z njo in njeni rabi. Kot opozorilo na pomen vodnih ekosistemov so Združeni narodi razglasili obdobje 2021–2030 za desetletje obnove vodnih ekosistemov in desetletje oceanov.

V Sloveniji od leta 2021 poteka projekt LIFE NarcIS, s katerim vzpostavljamo državni naravovarstveni informacijski sistem, ki bo na enem mestu nudil enostaven dostop do ažurnih in verodostojnih podatkov o biodiverziteti, naravovarstvenih dejavnostih in drugih podatkov, pomembnih za izvajanje varstva narave. Povezujemo obsežne količine podatkov iz različnih virov, razvijamo spletna orodja za njihovo pregledovanje in analizo ter komunikacijo med uporabniki in drugimi informacijskimi sistemi.

Zbiranje in povezovanje sedaj razpršenih podatkov vodi v pomembno zmanjšanje stroškov in večjo učinkovitost izvajanja naravovarstvene zakonodaje. NarcIS prispeva k boljšemu pregledu tudi nad podatki, ki so povezani z vodnimi ekosistemi.

Ključne besede:

Varstvo naravnega okolja, informacijski sistemi, digitalizacija, ohranjanje biotske raznovrstnosti in naravnih vrednot.

1. Nacionalni program varstva okolja v Sloveniji

Dne 5. marca 2020 je državni zbor sprejel Resolucijo o nacionalnem programu varstva okolja za obdobje 2020–2030 (v nadaljevanju: NPVO) z namenom uresničevanja vizije ohranjene narave in zdravega okolja v Sloveniji ter zunaj nje, ki zagotavljata kakovostno življenje sedanjim in prihodnjim generacijam. V NPVO so opredeljene številne usmeritve, cilji, naloge in ukrepi za deležnike na področju varstva okolja. Posebej velja izpostaviti strateško usmeritev varovanja, ohranjanja in izboljševanja naravnega kapitala Slovenije. Kot je zapisano v NPVO, je človekov obstoj odvisen od narave, saj zagotavlja osnovne pogoje za preživetje, kot so rodovitna tla, večnamenski gozdovi, produktivne površine in morja ter kakovostna voda in čist zrak. Te sestavine predstavljajo naravni kapital, ki s svojimi gradniki ustvarja tudi tokove, imenovane ekosistemske storitve, kot so oskrba z biomaso, vodo, vlakni, tvorbo tal, zatiranje

škodljivcev in bolezni ter uravnavanje podnebja. Zaradi zapletenosti naravnih sistemov in nepopravljivosti nekaterih sprememb v njih, je nadomeščanje naravnega kapitala z drugimi oblikami kapitala večinoma nemogoče ali pa povezano s tveganji. Tveganja in stroški, povezani s siromašenjem ekosistemov in njihovih storitev pa niso ustrezno upoštevani pri sprejemanju razvojnih odločitev.

1.1 Varstvo naravnega kapitala in naravnih vrednot

Del ukrepov za varovanje, ohranjanje in izboljševanje naravnega kapitala se nanaša na ohranjanje visoke stopnje biotske raznovrstnosti ter varovanje naravnih vrednot, ki predstavljata temelja Nacionalnega programa varstva narave (v nadaljevanju: NPVN). NPVO, zlasti pa NPVN, je strateški dokument Slovenije za uresničevanje svetovnih ciljev ohranjanja biotske raznovrstnosti (Aichijski cilji), skladno s 6. členom Konvencije o biološki raznovrstnosti. Ta člen določa, da morajo pogodbenice razviti državne strategije, načrte in programe za ohranjanje in trajnostno rabo biotske raznovrstnosti ali prilagoditi že veljavne strategije, načrte ali programe ter povezati ohranjanje in trajnostno rabo biotske raznovrstnosti v ustreznih sektorskih ali medsektorskih načrtih, programih in politikah.

1.2 Izboljšanje poznavanja in varstva biotske raznovrstnosti

V skladu z usmeritvami NPVO je ključno izboljšati poznavanje biotske raznovrstnosti ter znanje in ozaveščenost o njenem pomenu na vseh ravneh družbe za dosego ciljev ohranjanja biotske raznovrstnosti in varstva naravnih vrednot. Treba je okrepiti interdisciplinarno in medsektorsko sodelovanje ter uporabiti celosten pristop pri izvajanju mednarodnih, državnih in lokalnih strategij na področju biotske raznovrstnosti. Poleg tega je pomembna večja vključenost deležnikov na področju ohranjanja biotske raznovrstnosti v procese odločanja, še posebej na izvedbeni ravni. Pristojne upravne, strokovne in nadzorne organe je treba okrepiti za izvajanje nalog, zlasti na novih področjih, kot sta dostop do genskih virov in njihova raba ter obvladovanje invazivnih tujerodnih vrst. Za dosego teh ciljev je treba zagotoviti zadostna finančna sredstva ter odpraviti spodbude, ki škodujejo biotski raznovrstnosti (v skladu s 3. Aichijskim ciljem).

1.3 Spremljanje stanja biotske raznovrstnosti in naravnih vrednot

Za ugotavljanje stanja biotske raznovrstnosti in naravnih vrednot, spremljanje učinkovitosti izvedenih ukrepov, informiranje in ozaveščanje javnosti ter poročanje na mednarodni ravni (zlasti organom EU in pri mednarodnih konvencijah) so potrebni podatki o pojavljanju vrst, njihovih habitatov in habitatnih tipov ter stanju naravnih vrednot. Ti podatki so pomembni tudi za presojo skladnosti načrtov in programov ter projektov v upravnih postopkih (celovite) presoje vplivov na okolje. V zadnjih letih poteka le načrtno spremljanje (monitoring) nekaterih skupin: raki, hrošči, metulji, ribe, ptice, netopirji, velike zveri. Med usmeritvami NPVO je zapisano, da je treba nadgraditi sistem spremljanja stanja biotske raznovrstnosti in

naravnih vrednot tako, da bo zagotavljal ugotavljanje stanja, pritiskov in vzorcev sprememb za vse rastlinske in živalske vrste, zajete v omrežje Natura 2000 in izboljšati ter nadgraditi kazalnike stanja biotske raznovrstnosti in naravnih vrednot. Podatki o pojavljanju vrst in habitatnih tipov nastajajo pri načrtnem spremljanju (monitoringu) in raziskavah, ni pa vzpostavljen informacijski sistem zanje. Prav tako ni vzpostavljen celovit, javno dostopen in redno vzdrževan informacijski sistem za varstvo narave. Zato je eden od ključnih ciljev NPVO vzpostavitev takega sistema, ki bo služil kot državno vozlišče podatkov in informacij, ključnih za izvajanje in spremljanje stanja ter načrtovanje politike varstva narave. Sistem mora biti dostopen javnosti in redno vzdrževan. S tem v mislih je bil zasnovan projekt LIFE NarcIS, ki predstavlja ključen korak v smeri uresničevanja teh ciljev.

2. Upravljanje voda in varstvo narave

V Sloveniji varstvo narave ureja Zakon o ohranjanju narave (ZON-NPB2), ki določa varovanje biotske raznovrstnosti, naravnih vrednot, habitatov in ekosistemov. Upravljanje voda pa je urejeno z Zakonom o vodah (ZV-1), ki določa načela upravljanja voda, vključno z ohranjanjem naravnih procesov, naravnega ravnovesja vodnih in obvodnih ekosistemov ter varstvom naravnih vrednot in območij, varovanih po predpisih o ohranjanju narave.

Varstvo narave in upravljanje voda sta tesno povezana koncepta, ki igrata pomembno vlogo pri ohranjanju naravnega okolja in doseganju trajnostnega razvoja v Sloveniji. Njuna povezava izhaja iz dejstva, da so vodni habitati pomembni življenjski prostori za številne vrste rastlin in živali. Ohranjanje kakovosti voda je ključna za ohranitev ekološkega ravnovesja in biodiverzitete.

Z vzpostavitvijo ustrezne informacijske povezanosti se odpirajo nove številne priložnosti za sodelovanje. Sodobni informacijski sistemi omogočajo poleg zbiranja in analize podatkov v realnem času tudi izmenjavo znanja in izkušenj med različnimi strokovnjaki. S tem se lahko doseže bolj celovit pristop k upravljanju, ki upošteva okoljske, gospodarske in socialne vidike. Sodelovanje med različnimi deležniki, kot so javne institucije, nevladne organizacije, zasebni sektor in lokalna skupnost, je ključno za uspešno izvajanje ukrepov in doseganje zastavljenih strateških ciljev. Vzpostavitev primernih informacijskih sistemov pa zahteva ustrezno infrastrukturo, usposobljene strokovnjake ter finančna sredstva za njihovo vzdrževanje in nadgradnjo.

Vse doslej omenjeno se na en ali drug način navezuje na zbiranje podatkov, njihovo obdelavo, analiziranje, shranjevanje, upravljanje, deljenje in uporabo za strokovno in raziskovalno javnost in tudi za informiranje javnosti. S tem vstopamo na področje digitalizacije in spoznavamo možnosti, ki nam jih ta omogoča.

3. Digitalizacija in nove priložnosti

Razvoj digitalizacije omogoča vse bolj napredne in celovite metode zbiranja, obdelave, shranjevanja ter upravljanja podatkov. To vpliva na več ključnih vidikov varstva narave in prinaša številne nove priložnosti za izboljšanje delovanja in učinkovitosti.

Na splošno digitalizacija omogoča hitrejši dostop do ključnih podatkov, boljše razumevanje ekosistemov ter bolj celovito, povezano in učinkovito upravljanje naravnega okolja. V Sloveniji se že desetletja, celo stoletja zbirajo podatki o vrstah in izvajajo naravovarstveni postopki, vendar so informacije pogosto razdrobljene. Digitalizacija omogoča centralizacijo podatkov in informacij, kar olajšuje dostop in uporabo informacij s strani različnih akterjev. To omogoča boljše načrtovanje in izvajanje ukrepov za ohranjanje narave ter omogoča identifikacijo trendov, napovedovanje sprememb in sprejemanje odločitev, ki temeljijo na podlagi zanesljivih podatkov.

V preteklosti se področje informatike v večini naravovarstvenih organizacij ni zadostno razvijalo in ni bilo ustrezno vodeno. Pomanjkanje trajnih informacijskih odnosov med organizacijami znotraj in zunaj varstva narave ter delno informatizirani delovni procesi so privedli do neoptimalnih rezultatov in višjih stroškov. Zavedanje o pomenu kakovostne informatike v sodobni družbi kot ključnega dejavnika za uspešno delo v naravovarstvu je še vedno šibko. Vlaganja v informatiko na področju varstva narave so premajhna, še posebej glede ustreznih kadrov. Zaradi vsega tega zaostanek in nujni vložek na področju digitalizacije naravovarstva še vedno narašča.

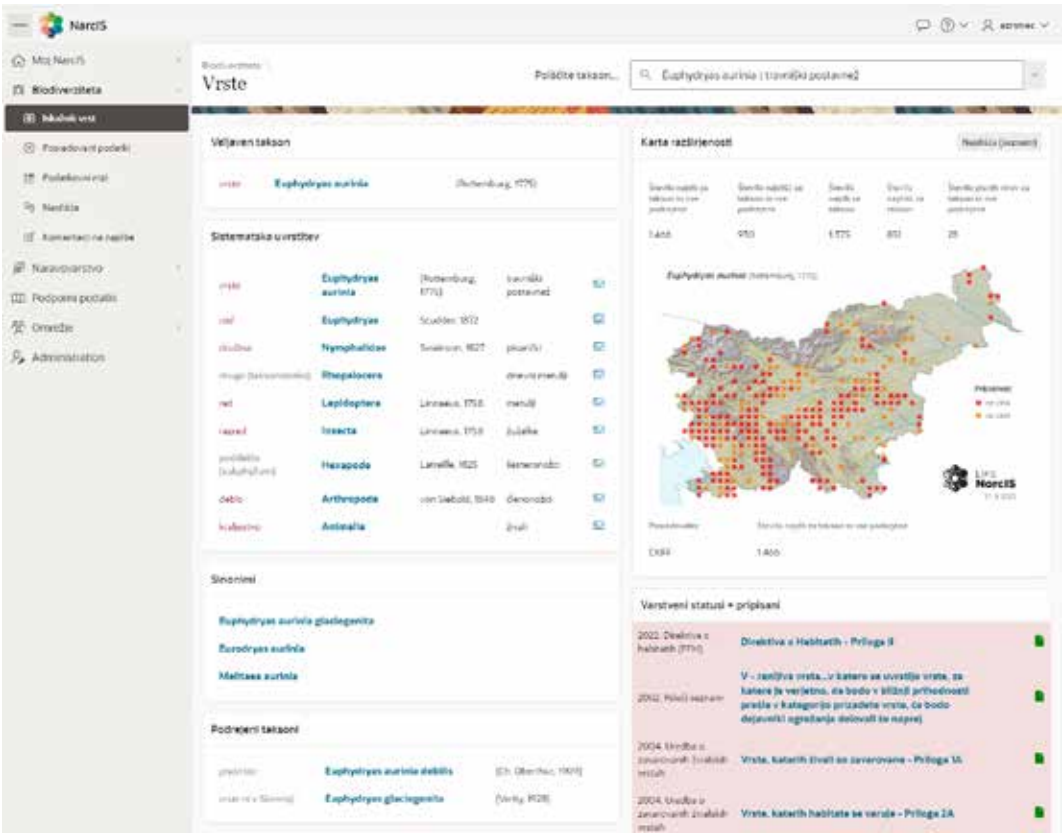
4. Naravoteka Slovenije v nastajanju

S projektom LIFE NarcIS naslavljamo omenjeno problematiko in hkrati postavljamo temelje, na katerih bomo lahko skupaj gradili Naravoteko Slovenije. Od januarja 2021 v Sloveniji poteka štiriletni projekt LIFE NarcIS, s katerim gradimo sodoben osrednji državni naravovarstveni informacijski sistem NarcIS. Zasnovan je kot centralna nacionalna vstopna točka in ključno vozlišče za podatke in informacije, pomembne za izvajanje, spremljanje in načrtovanje politike varstva narave. Hkrati predstavlja osnovo za nadaljnji razvoj horizontalnega povezovanja z drugimi sistemi na področju prostora, nepremičnin, okolja in voda.

V tem času je projektno partnerstvo vzpostavilo podatkovno skladišče, ki se deli na tri velike sklope: biodiverziteta, naravovarstvo, podporni podatki. Spremlja ga še četrti sklop, ki je vezan na omrežje uporabnikov in organizacij. Biodiverzitetni sklop obsega nacionalni taksonomski katalog in zbirko podatkov o najdbah vrst. Naravovarstveni sklop obsega registre varstvenih statusov vrst, območij in habitatnih tipov, zbirke podatkov iz postopkovnih dejavnosti (npr. odločbe, mnenja, smernice itd.) in iz nepostopkovnih dejavnosti (npr. izvajanje ukrepov kot je odstranjevanje invazivnih tujerodnih vrst, vzpostavljanje nadomestnih habitatov, renaturacija vodotokov itd.). Podporni podatki obsegajo podatkovne sloje, ki nastajajo v drugih sektorjih in jih naravovarstveniki potrebujejo pri svojem delu (npr. zemljiški kataster, vodna dovoljenja, vodna telesa, vodna zemljišča, vodovarstvena območja, dejanska raba itd.).

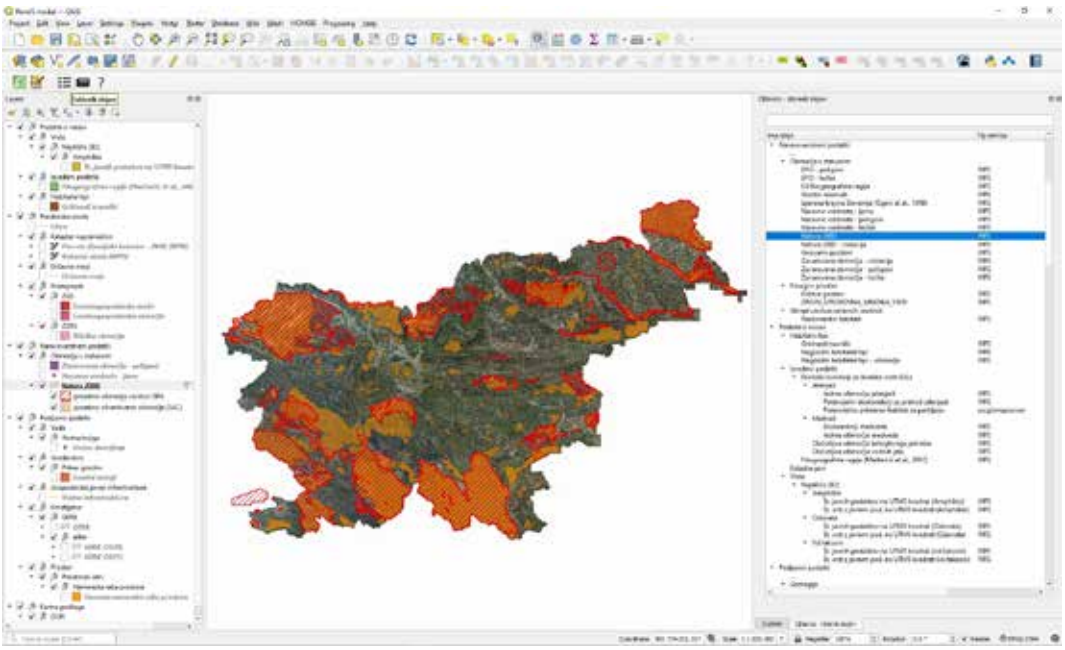
Sredi aprila 2023 smo uspešno lansirali prvo različico spletnega portala NarcIS in jo ponudili v testiranje prvemu krogu uporabnikov. Zaenkrat jim je na voljo nekaj več kot 300.000 združenih podatkov o najdbah vrst različnih posredovalcev,

vzpostavljen je taksonomski katalog za dobrih 13.000 vrst, ki je povezan z registrom statusov vrst in registrom statusov območij ter vpogled v zbirko programov, projektov, storitev in gradiv s področja naravovarstva. Nadaljujemo z urejanjem in povezovanjem obsežnih količin podatkov iz različnih virov ter razvijamo spletna orodja za pregledovanje, analizo in komunikacijo med uporabniki in drugimi informacijskimi sistemi.



Slika 1 Nastajajoči spletni portal NarcIS, verzija 1.0

Za naprednejše uporabnike smo razvili orodje, ki omogoča poleg pregledovanja podatkov tudi zahtevnejše prostorske analize, poizvedbe na ravni podatkov ter izdelavo po meri prilagojenih kart. V okviru programa QGIS smo ustvarili poseben vtičnik imenovan QNarcIS, ki vključuje ključne sloje za naravovarstveno delo. Na enem mestu smo zbrali več kot 120 zbirk podpornih podatkov iz javnih virov več kot petnajstih organizacij, pri čemer so sloji na voljo prek javnih spletnih servisov (WFS in WMS) in so opremljeni z ustrezno simbologijo, metapodatki ter prikazom merila. Vtičnik QNarcIS vključuje dodatne funkcionalnosti, ki povečujejo njegovo delovanje in uporabnost, kot so izbirnik slojev, pošiljanje poligona, obvestila, pomoč ter prijava v portal NarcIS. Izobraževanja programskega okolja QGIS s poudarkom na vtičniku QNarcIS so del projekta LIFE NarcIS in predstavljajo nov način dela za naravovarstvenike.



Slika 2 Vtičnik QNarcIS v razvoju

5. Povezana infrastruktura za zeleno digitalno preobrazbo

Vzporedno s projektom LIFE NarcIS se v okviru Načrta za okrevanje in odpornost izvaja še projekt Zeleni slovenski lokacijski okvir (SLO4D). Ministrstvo za naravne vire in prostor ter Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo skupaj s svojimi organi v sestavi vodita in vzdržujeta več kot sto zbirk podatkov na področju prostora, okolja, narave, voda in nepremičnin, ki vsebujejo podatke o lokaciji posameznega pojava ali objekta v prostoru. Sistemi še niso ustrezno medsebojno povezani in ne sledijo enotni podatkovni politiki, ki bi omogočila enostaven dostop do podatkov in spletnih storitev. Obstoječe stanje nepopolnih in nepovezanih prostorskih, zemljiških in okoljskih evidenc povzroča konflikte med razvojnimi potrebami ter varstvom okolja, narave in voda. Zato je nastala potreba po Strateškem načrtu za digitalizacijo prostora in okolja (eMOP), na katerem temelji projekt Zeleni slovenski lokacijski okvir (SLO4D), ki se uvršča v razvojno področje »Digitalna preobrazba« pod komponento »Digitalna preobrazba javnega sektorja in javne uprave« Načrta za okrevanje in odpornost (NOO). Projekt SLO4D izvaja Geodetska uprava v sodelovanju z Direktoratom za vode, Direkcijo Republike Slovenije za vode, Direktoratom za prostor in graditev, Direktoratom za okolje in Agencijo Republike Slovenije za okolje. Ključni cilj te naložbe je v obdobju 2021–2026 med seboj učinkovito povezati digitalno podatkovno infrastrukturo na področju prostora, okolja, nepremičnin, voda in narave, kamor sodi tudi NarcIS, da bi lahko zagotovili podporo prednostnim ukrepom, ki bodo v skladu z evropskim zelenim dogovorom pripomogli k izboljšanju okolja in zagotovili trajnostni razvoj. Slovenija se s tem pridružuje tudi drugim evropskim članicam, ki si v svojih trajnostnih strategijah prizadevajo za izboljšanje upravljanja s prostorom in okoljem ter s tem pomembno naslavljajo aktualno problematiko.

6. Zaključki

Projekt LIFE NarcIS predstavlja pomemben korak v smeri uresničevanja ciljev Nacionalnega programa varstva okolja v Sloveniji. Z vzpostavitvijo celovitega informacijskega sistema za varstvo narave ter povezavo med varstvom narave in upravljanjem voda se odpirajo številne nove priložnosti za izboljšanje poznavanja, ohranjanja biotske raznovrstnosti in varstva naravnih vrednot. S pomočjo digitalizacije lahko dosežemo bolj celovito upravljanje naravnega okolja, boljši dostop do podatkov, izboljšanje delovanja in učinkovitosti ter bolj zanesljive podlage za odločanje. S projektoma LIFE NarcIS in SLO4D pomembno prispevamo k uresničevanju vizije ohranjene narave in zdravega okolja v Sloveniji ter zagotavljanja kakovostnega življenja tako sedanjim kot prihodnjim generacijam.

7. Viri

[1] Resolucija o Nacionalnem programu varstva okolja za obdobje 2020–2030 (ReNPVO20–30). 2020. *Uradni list RS*, 31/20.

[2] Zakon o ohranjanju narave (ZON-UPB2). 2004, 2014, 2018, 2020. *Uradni list RS*, 96/04, 46/14, 31/18, 82/20.

[3] Zakon o vodah (ZV-1). 2002, 2008, 2012, 2013, 2014, 2015, 2020. *Uradni list RS*, 67/02, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15, 65/20.

[4] RUS, U. (21. 5. 2023). Celostne slike o stanju biotske pestrosti v Sloveniji nimamo. *Dnevnik*. https://www.dnevnik.si/1043024280/slovenija/celostne-slike-o-stanju-biotske-pestrosti-v-sloveniji-nimamo

[5] Geodetska uprava Republike Slovenije. (13. 4. 2023). *Uvodna konferenca projekta Zeleni slovenski lokacijski okvir (SLO4D)*. https://www.gov.si/novice/2023-04-13-uvodna-konferenca-projekta-zeleni-slovenski-lokacijski-okvir-slo4d/

[6] Svet EU. (17. 12. 2020). *Digitalizacija v korist okolja: Svet odobril sklepe*. https://www.consilium.europa.eu/sl/press/press-releases/2020/12/17/digitalisation-for-the-benefit-of-the-environment-council-approves-conclusions/

[7] Digitalno inovacijsko stičišče Slovenije. (27. 8. 2021). *Kako lahko digitalizacija prispeva k učinkovitejšem varstvu narave* [Video]. Vimeo. https://vimeo.com/593674959

[8] KOTARAC, M., 2019. Izdelava preliminarne analize uporabniških potreb in poslovnih procesov za vzpostavitev IS narava.

SLONIP – SLOVENSKA SPLETNA PLATFORMA ZA INTERAKTIVNO RAZISKOVANJE PODATKOV O IZOTOPSKI SESTAVI PADAVIN

dr. POLONA VREČA, mag. ALJAŽ PAVŠEK, dr. DAVID KOCMAN

Institut »Jožef Stefan«

POVZETEK

Poznavanje spreminjanja izotopske sestave (tj. $\delta^{2}H$, $\delta^{18}O$ in ^{3}H) padavin znotraj posameznega povodja omogoča razlikovanje izvora površinske in podzemne vode ter sledenje dinamičnih značilnosti vode znotraj posameznih vodnih teles. Prispevek predstavlja Slovensko mrežo opazovanj izotopske sestave padavin (SLONIP), raziskovalno platformo prosto dostopno na https://slonip.ijs.si/, ki deluje od aprila 2020. Platforma SLONIP vsebuje trenutno več kot 2500 podatkov o izotopski sestavi padavin z različnih lokacij, pridobljenih z raziskavami od leta 1981 dalje. Platforma ponuja tudi informacije o lokaciji vzorčenja, analizi podatkov in povezavah do ustreznih znanstvenih referenc. Podatki so predstavljeni v numerični in grafični obliki, vključno z mesečnimi, sezonskimi in letnimi povprečji ter lokalnimi meteornimi premicami. Programska skripta (napisana v programskem jeziku Python), ki je bila uporabljena za izračun rezultatov, je dostopna na spletnem portalu GitHub (https://github.com/nyuhanc/Isotopes-in-precipitation-statistics). Platforma zagotavlja pomembne informacije za geografsko, klimatološko in geološko raznolike regije, kot je Slovenija, in lahko pomaga izboljšati razumevanje kroženja vodne na lokalni in regionalni ravni.

Ključne besede:

padavine, izotopska sestava, kisik, vodik, devterijev presežek, tritij, lokalna meteorna premica (LMWL), podatkovna baza

1. Uvod

Voda je ključnega pomena za življenje in kroži skozi različne sfere Zemlje z izhlapevanjem, transpiracijo, kondenzacijo, padavinami, infiltracijo in odtokom, kar opišemo z vodnim krogom. Na naravno kroženje vode vplivajo tudi antropogene dejavnosti, npr. pridobivanje vode, vključno s črpanjem za oskrbo prebivalstva, kmetijstvo in industrijo, čiščenje vode, shranjevanje vode, distribucija in čiščenje odpadne vode. Poti vodnih molekul v vodnem krogu od padavin do površinskih in podzemnih vod ter naprej do oskrbe s pitno vodo lahko sledimo s pomočjo stabilnih (^{16}O, ^{17}O, ^{18}O, ^{1}H, ^{2}H) in radioaktivnih (^{3}H) izotopov, ki sestavljajo molekulo vodne (Vreča in sod., 2022, 2017, Vreča in Pavšek, 2022 in tam navedene reference). Padavine so sestavni del vodnega kroga in predstavljajo primarni vir površinskih in podzemnih voda. Izotopsko sestavo padavin, ki zajema spremljanje

razmerij stabilnih izotopov vodika (izraženo kot $\delta^{2}H$ v ‰) in kisika (izraženo kot $\delta^{18}O$ v ‰) ter koncentracije aktivnosti radioaktivnega izotopa vodika (tritija – ^{3}H, izražene v tritijevih enotah, T.U.), ter njihovo časovno in prostorsko porazdelitev, določajo geografske značilnosti področja (geografska širina, oddaljenost od oceanov, nadmorska višina), izvor in mešanje zračnih mas, temperatura, količina padavin, zračna vlaga, evaporacija in sezonske spremembe (Craig, 1961; Dansgard, 1964, Rozanski in sod., 1993, Schotterer in sod., 1996, Ingraham, 1998). Zato imajo padavine na določenem območju značilno izotopsko sestavo, ki nam v kombinaciji z drugimi informacijami o komponentah vodnega kroga omogoča poglobitev razumevanja kroženja vode na lokalni, regionalni in globalni ravni.

Razvoj analiznih tehnik in spoznanja o zakonitostih v izotopski sestavi padavin je Mednarodno agencijo za atomsko energijo (International Atomic Energy Agency – IAEA) v sodelovanju s Svetovno meteorološko organizacijo (World Meteorological Organization – WMO) spodbudilo k zbiranju podatkov o izotopski sestavi padavin po celem svetu. Tako je leta 1961 nastala svetovna mreža postaj (Schotterer in sod., 1996), ki so posredovale meteorološke (količina padavin, temperatura zraka in zračna vlaga) in izotopske podatke v IAEA bazo podatkov GNIP (Global Network of Isotopes in Precipitation). Sodelovanje v GNIP je prostovoljno (http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS_resources_gnip.html), podatki za daljše časovno obdobje (t.j. več kot 40 let) pa so redki. Od pričetka delovanja GNIP je bilo v mrežo vključenih 1296 različnih postaj, od tega jih je leta 1961 poročalo rezultate 260, novejši podatki pa so na voljo le za redke postaje (S. Terzer-Wassmuth, osebna komunikacija). Podatki so zbrani na medmrežju na IAEA portalu WISER (Water Isotope System for Data Analysis, Visualization and Electronic Retrieval, https://nucleus.iaea.org/wiser/index.aspx). Zbirka podatkov obsega več kot 130.000 izotopskih zapisov iz več kot 1000 postaj po vsem svetu in je neprecenljiv vir za raziskave kroženja vode, potrjevanje in izboljšanje modelov za napovedovanje podnebnih scenarijev ter druge aplikacije na regionalni in svetovni ravni. Glavno omejitev GNIP, ki deluje že več kot 60 let, je v preteklosti predstavljala počasnost zbiranja in objavljanja podatkov, pomanjkanje podatkov za specifično območje raziskav ter sklicevanje na IAEA tudi v primerih, kjer se zagotavljajo meteorološki in izotopski podatki v celoti na nivoju posamezne države. Na nacionalni ravni poročajo o mrežah opazovanj izotopske sestave padavin raziskovalci iz različnih držav (Vreča in sod., 2022), vendar je zanimivo, da so poleg GNIP le redke države (npr. Švica in Avstrija v Evropi) vzpostavile mreže postaj, kjer se izotopska sestava padavin spremlja dolgo časovno in redno mesečno, kjer poteka spremljanje na zvezni ravni in kjer so podatki dostopni preko nacionalnih potalov. Zato ostaja razpoložljivost podatkov o izotopski sestavi padavin omejena, razpoložljive baze podatkov pa nudijo le delno uporabniku prijazno vizualizacijo in analitične obdelave, ki so danes običajno na voljo v drugih okoljskih aplikacijah (npr. Balk in sod., 2011).

Podatki o izotopski sestavi padavin v Sloveniji so na voljo v GNIP le v manjši meri (Vreča in Pavšek, 2022). Od leta 1984 dalje jih je posredoval Institut „Jožef Stefan" (IJS) v sodelovanju z Institutom Rudjer Bošković (IRB) iz Zagreba in sicer do 2004, za Ljubljano in Zagreb. Za krajše obdobje opazovanj so dostopni tudi podatki

za Portorož in Kozino. Ideja, da bi po vzoru GNIP vzpostavili Slovensko mrežo opazovanj izotopske sestave padavin (v angleščini: SLOvenian Network of Isotopes of Precipitation – SLONIP), je bila prvič predstavljena leta 2006 na 2. Slovenskem geološkem kongresu. Sledilo je dolgo prehodno obdobje, ko so potekale različne aktivnosti, ki pa žal niso bile poenotene niti na nacionalnem niti na med inštitutskem nivoju (Vreča in Malenšek, 2016, Vreča in sod., 2017). V tem času so potekale tudi programske posodobitve GNIP.

Da bi premostili vrzel med GNIP in opazovanji v Sloveniji in izboljšali dostopnost podatkov, smo pričeli leta 2016 na Odseku za znanosti o okolju na IJS s pripravo gradiva za raziskovalno platformo SLONIP (https://slonip.ijs.si/), ki je zaživela 1. 4. 2020 in jo sedaj vzdržujemo in postopno dopolnjujemo. Glavni namen raziskovalne platforme je zbiranje obstoječih, dostopnih podatkov o izotopski sestavi padavin v Sloveniji, ki so bili pridobljeni v okviru raziskav na IJS ter s tem izboljšati dostopnost do podatkov znanstveno-raziskovalnim skupinam ter ostalim zainteresiranim uporabnikom. V nadaljevanju je na kratko predstavljena struktura raziskovalne platforme in njene glavne vsebine.

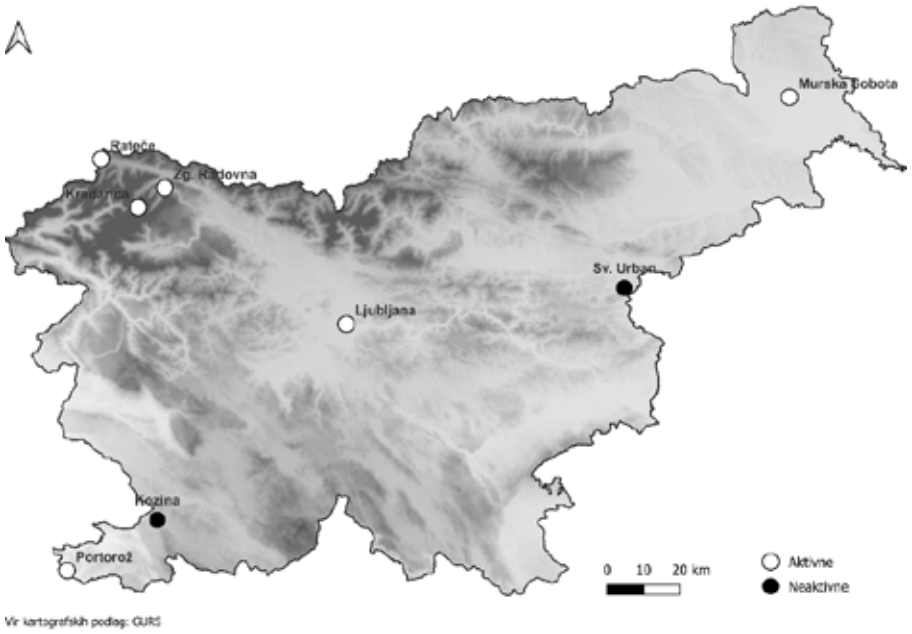
2. Predstavitev raziskovalne platforme SLONIP

Raziskovalna platforma SLONIP je na voljo v angleškem jeziku in je podrobneje predstavljena v prispevku Vreča in sod. (2022). Struktura platforme je preprosta in zajema 4 podstrani: Home, Stations, Data in References. Spletna platforma SLONIP ponuja uporabnikom:

- osnovne informacije o SLONIP vključno s pogoji uporabe (podstran Home, https://slonip.ijs.si/);
- informacije o SLONIP postajah, kjer poteka ali je potekalo spremljanje izotopske sestave padavin (podstran Stations, https://slonip.ijs.si/stations/, Slika 1) in so bili rezultati objavljeni v dostopnih virih, navedenih na podstrani References,
- https://slonip.ijs.si/references/;
- podatke v numerični in grafični obliki ter izračune povprečnih mesečnih, sezonskih in letnih vrednosti ter lokalnih meteornih premic (LMWL – Local Meteoric Water Line) vključno s pogoji uporabe podatkov, virom meteoroloških podatkov, pojasnili o uporabljenih metodah za obdelavo podatkov in seznamom metapodatkov (podstran Data, https://slonip.ijs.si/data/ – vsebina je dostopna po registraciji uporabnika);
- sezname referenčnih dokumentov, projektov, sodelujočih institucij in sorodnih spletnih strani (podstran References, https://slonip.ijs.si/references/).

Na spletni strani so grafično in numerično predstavljeni podatki za izotopsko sestavo kisika ($\delta^{18}O$), vodika ($\delta^{2}H$ v ‰) in tritija (^{3}H) ter devterijevega presežka *d*, ki

ga je v izotopsko hidrologijo vpeljal Dansgaard (1964; $d = \delta^2H - 8\,\delta^{18}O$). Numerični mesečni podatki o izotopski sestavi padavin, ki so vidni s pomikom po grafu, trenutno še niso dostopni v enostavni tabelarični obliki, posredujemo pa jih na zahtevo zainteresiranega uporabnika. Za vsako postajo je prikazan tudi klimatološki histogram najbližje ARSO postaje, za katere uporabljamo podatke iz meteorološkega portala ARSO (https://meteo.arso.gov.si/). Prostorska razporeditev postaj v SLONIP je prikazana na Sliki 1, osnovni podatki o postajah in število podatkov, ki so trenutno na voljo v SLONIP, pa so zbrani v Preglednici 1.



Slika 1 Prikaz postaj, predstavljenih na portalu SLONIP, kjer poteka (bele pike) ali je potekalo (črne pike) spremljanje izotopske sestave padavin.

Ker je za primerjavo podatkov iz različnih postaj pomembno, da le-te ovrednotimo na enak način, so na SLONIP predstavljeni izračuni, ki služijo nadalje za numerični in grafični prikaz mesečnih, sezonskih in letnih povprečij ter lokalnih meteornih premic (podstran Data; zavihki Stations data in pojasnilo v Evaluation of data ter Vreča in Pavšek, 2022). Ob tem je pomembno izpostaviti tudi izračune, ki upoštevajo mesečno količino padavin, ki v Sloveniji tekom leta ni enakomerno porazdeljena, kar lahko znatno vpliva na izračun povprečnih mesečnih, sezonskih in letnih vrednosti ter naklona in presečišča z ordinato posamezne LMWL. Razlike so hitro vidne tako v grafični kot numerični predstavitvi rezultatov. Kot primer je predstavljena v Preglednici 2 primerjava izračunanih lokalnih meteornih premic (LMWL) z uporabo različnih regresijskih metod (Vreča in Pavšek, 2022). Programska skripta (napisana v programskem jeziku Python), ki je bila uporabljena za izračun povprečij in LMWL, je dodatno opisana in dostopna na spletnem portalu GitHub (https://github.com/nyuhanc/Isotopes-in-precipitation-statistics).

Preglednica 1 Podatki o postajah in število podatkov, ki so trenutno na voljo v SLONIP

Št.	SLONIP ime postaje	Vrasta postaje	Podnebni tip po Köppen-Geigerjevi klasifikaciji[16]	Število izotopskih podatkov v SLONIP
1	Ljubljana	IJS	Cfb	1219
2	Portorož	Sinoptična ARSO	Cfa	482
3	Kozina	Padavinska ARS	Cfa	153
4	Kredarica	Sinoptična ARSO	ET	136
5	Zg. Radovna	Padavinska ARSO	Dfb	139
6	Rateče	Sinoptična ARSO	Dfb	127
7	Murska Sobota	Sinoptična ARSO	Cfb	119
8	Sv. Urban	Ostalo	Cfb	125

Preglednica 2 Primerjava lokalnih meteornih premic (LMWL) izračuvnanih z uporabo različnih regresijskih metod brez in z upoštevanjem količine padavin: MA – Major Axis Regression, RMA – Reduced Major Axis Regression, U – unweighted, W – weighted, n – število podatkov, uporabljenih za izračun. Za podrobnosti glej Vreča in Pavšek (2022).

Št.	**SLONIP ime postaje**	Vrasta refresijske metode			
			MA LMWL	RMA LMWL	*n*
1	Ljubljana	U	y = 8.17 (±0.06) x + 11.07 (±0.58)	y = 8.09 (±0.06) x + 10.38 (±0.58)	333
		W	y = 8.18 (±0.07) x + 11.39 (±0.61)	y = 8.09 (±0.07) x + 10.62 (±0.6)	
2	Portorož	U	y = 8.3 (±0.18) x + 10.21 (±1.22)	y = 8.07 (±0.18) x + 8.78 (±1.2)	118
		W	y = 8.37 (±0.2) x + 11.8 (±1.37)	y = 8.09 (±0.2) x + 9.99 (±1.34)	
3	Kozina	U	y = 7.92 (±0.31) x + 11.02 (±2.36)	y = 7.72 (±0.3) x + 9.57 (±2.31)	36
		W	y = 8.21 (±0.37) x + 13.61 (±2.92)	y = 7.93 (±0.36) x + 11.48 (±2.84)	
4	Kredarica	U	y = 8.25 (±0.17) x + 16.77 (±1.89)	y = 8.2 (±0.17) x + 16.21 (±1.88)	34
		W	y = 8.49 (±0.19) x + 19.71 (±2.11)	y = 8.42 (±0.19) x + 18.98 (±2.09)	
5	Zg. Radovna	U	y = 8.04 (±0.13) x + 11.29 (±1.18)	y = 8.01 (±0.13) x + 11.01 (±1.18)	35
		W	y = 8.02 (±0.13) x + 11.44 (±1.22)	y = 7.98 (±0.13) x + 11.13 (±1.21)	
6	Rateče	U	y = 8.16 (±0.13) x + 12.62 (±1.29)	y = 8.13 (±0.13) x + 12.33 (±1.29)	32
		W	y = 8.08 (±0.14) x + 12.02 (±1.37)	y = 8.04 (±0.14) x + 11.7 (±1.36)	
7	Murska Sobota	U	y = 8 (±0.16) x + 8.4 (±1.54)	y = 7.95 (±0.16) x + 7.98 (±1.54)	33
		W	y = 7.84 (±0.14) x + 7.63 (±1.29)	y = 7.81 (±0.14) x + 7.31 (±1.29)	
8	Sv. Urban	U	y = 7.78 (±0.18) x + 7.11 (±1.71)	y = 7.71 (±0.18) x + 6.54 (±1.69)	34
		W	y = 7.77 (±0.18) x + 7.78 (±1.73)	y = 7.71 (±0.18) x + 7.21 (±1.72)	

3. Zaključki

Pričujoči prispevek opisuje SLONIP, spletno interaktivno raziskovalno platformo, ki zbira obstoječe, dostopne podatke o izotopski sestavi padavin v Sloveniji, pridobljene v okviru raziskav na IJS od leta 1981 dalje, s čimer izboljšuje dostop do podatkov znanstvenoraziskovalnim skupinam in drugim zainteresiranim uporabnikom. Platforma je v skladu s podatkovnimi koncepti FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable), funkcionalnosti in orodja, ki so na voljo, pa so še posebej dragoceni za uporabnike, ki jih zanimajo podatki o izotopski sestavi padavin, vendar nimajo izkušenj z obdelavo, analizo in vizualizacijo podatkov.

Geografska lega Slovenije in razgiban relief na meji med Sredozemskim morjem, Alpami in Panonsko nižino pogojuje pestre meteorološke značilnosti, ki se časovno in prostorsko pod vplivom celinskega, subalpskega oziroma alpskega in submediteranskega podnebja zelo spreminjajo od zahoda proti vzhodu in od severa proti jugu (Dolinar et al., 2008). Geostatistično ovrednotenje obstoječe mreže opazovanj potrjuje dobro prostorsko razporeditev SLONIP postaj, vendar pa je zaradi geomorfološke razgibanosti terena zelo pomembno sodelovanje in izmenjava izotopskih podatkov s sosednjimi državami (Hatvani in sod., 2021).

V prihodnje bomo SLONIP dopolnjevali z novimi podatki, pridobljenimi na IJS, možna pa je tudi nadgradnja in dopolnitev s podatki drugih slovenskih institucij. Zelo dragocena pa bi bila nadgradnja sistema na nacionalnem nivoju, npr. v Slovenski portal izotopov v vodi (**S**loven**I**an **W**ater **I**sotopes **P**ortal – SIWIP), ki bi zagotavljal informacije o izotopski sestavi vode za vse komponente vodnega kroga (npr. padavine, sneg, površinske in podzemne vode, vode iz pipe in ustekleničene vode) vsem zainteresiranim deležnikom.

4. Zahvale

Raziskave izotopske sestave padavin potekajo trenutno v okviru ARIS nacionalnega raziskovalnega programa (P1-0143) in raziskovalnega projekta J6-3141, bilateralnega madžarsko-slovenskega sodelovanja (N1-0309) ter IAEA koordiniranih projektov F31006 in RER7013, v preteklosti pa so se izvajale v okviru številnih projektov navedenih na spletni strani SLONIP. Pomembno finančno podporo za nastanek spletne strani je predstavljal projekt bilateralnega madžarsko-slovenskega sodelovanja (N1-0054 in SSN118205), ki ga je sofinancirala ARRS. Avtorji se zahvaljujemo vsem sodelavcem, ki so v preteklih desetletjih kakorkoli pripomogli k nastajanju SLONIP portala, v obliki pomoči pri izvajanju vzorčenja, analiz ali pri obdelavi podatkov.

5. Viri

[1] https://slonip.ijs.si/ [dostop 26. maj 2023]

[2] https://github.com/nyuhanc/Isotopes-in-precipitation-statistics [dostop 26. maj 2023]

[3] VREČA, P., PAVŠEK, A., KOCMAN, D., 2022. SLONIP—A Slovenian Web-Based Interactive Research Platform on Water Isotopes in Precipitation. Water, 14, 2127.

[4] VREČA, P., KANDUČ, T., KOCMAN, D., LOJEN, S., ROBINSON, J. A., ŠTROK, M., 2017. Slovenska mreža opazovanj izotopske sestave padavin (SLONIP): pregled in možnost uporabe pri

upravljanju z vodnimi viri. V: GLOBEVNIK, L. (ur.), ŠIRCA, A. (ur.). Drugi slovenski kongres o vodah, Ljubljana, 225-234.

[5] VREČA, P., PAVŠEK, A., 2022. Slovenska mreža opazovanj izotopske sestave padavin (SLONIP) – predstavitev spletne strani https://slonip.ijs.si/. V: Kuhar, M. in sod. (ur.). Raziskave s področja geodezije in geofizike 2021, Ljubljana, 2022, 45-53.

[6] CRAIG, H., 1961. Isotopic Variations in Meteoric Waters. Science, 133, 1702–1703, doi:10.1126/science.133.3465.1702.

[7] DANSGAARD, W., 1964. Stable Isotopes in Precipitation. Tellus, 16, 436–468, doi:10.3402/tellusa.v16i4.8993.

[8] ROZANSKI, K., ARAGUÁS-ARAGUÁS, L., GONFIANTINI, R., 1993. Isotopic Patterns in Modern Global Precipitation. In Climate Change in Continental Isotopic Records; American Geophysical Union: Washington, DC, USA, 1–36.

[9] SCHOTTERER, U., OLDFIELD, F., FRÖHLICH, K., 1996. GNIP: Global Network for Isotopes in Precipitation; Läderach: Bern, ISBN 978-3-9521078-0-5.

[10] INGRAHAM, N.L., 1998. Isotopic variations in precipitation. V: Isotope tracers in catchment hydrology. KENDALL C., MCDONNELL J.J. (ur.), Elsevier, 87-118.

[11] http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS_resources_gnip.html [dostop 26. maj 2023]

[12] https://nucleus.iaea.org/wiser/index.aspx [dostop 26. maj 2023]

[13] BALK, T.; KUKKONEN, J.; KARATZAS, K.; BASSOUKOS, T.; EPITROPOU, V. A., 2011. European Open Access Chemical Weather Forecasting Portal. Atmospheric Environment, 45, 6917–6922, doi:10.1016/j.atmosenv.2010.09.058.

[14] VREČA, P., MALENŠEK, N., 2016. Slovenian Network of Isotopes in Precipitation (SLONIP) – a Review of Activities in the Period 1981–2015. Geologija, 59, 67–84, doi:10.5474/geologija.2016.004.

[15] https://meteo.arso.gov.si/ [dostop 25. maj 2023]

[16] KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F., 2006. World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated. Meteorol. Z., 15, 259–263, doi:10.1127/0941-2948/2006/0130.

[17] DOLINAR, M., FRANTAR, P., KURNIK, B., 2008. Značilnosti vodne bilance Slovenije v obdobju 1971- 2000. Mišičev vodarski dan 2008, 19-25.

[18] HATVANI, I. G., SZATMÁRI, G., KERN, Z., ERDÉLYI, D., VREČA, P., KANDUČ, T., CZUPPON, G., LOJEN, S., KOHÁN, B., 2021. Geostatistical evaluation of the design of the precipitation stable isotope monitoring network for Slovenia and Hungary. Environment International, 146, 106263-1-106263-14.

(NE)USPEHI VODNE POLITIKE SKOZI PRIZMO SISTEMA WISE – STANJE VODA V EVROPI IN SLOVENIJI

ANDREJ DRAKSLER, univ. dipl. geog., dr. LIDIJA GLOBEVNIK, univ. dipl. inž. grad.

TC VODE, European Topic Centre Biodiversity and Ecosystems (ETC BE)

POVZETEK

Kaj nam povedo uradni podatki, poročani s strani držav članic Evropske unije v osrednji vodni informacijski sistem za Evropo (WISE), o ekološkem, kemijskem in količinskem stanju voda? Z izpolnjevanjem zavez Vodne direktive (ang. Water Framework Directive – WFD) se je ekološko in kemijsko stanje evropskih površinskih voda v drugem poročevalskem obdobju izboljšalo, saj je se delež voda, ki so vsaj v dobrem stanju, povečal. A hkrati se je še občutneje povečal delež voda, ki niso dosegle vsaj dobrega stanja. V Sloveniji se je prav tako povečal delež voda v vsaj dobrem ekološkem stanju, nasproten signal pa daje kemijsko stanje: če je bilo v prvem poročevalskem obdobju 95% površinskih vodnih teles v dobrem kemijskem stanju, je po drugem obdobju v dobrem kemijskem stanju le 1% vodnih teles. Podroben pogled v evropske podatkovne baze kaže, da z večjim obsegom podatkov in analiziranih parametrov vemo več o stanju voda, a hkrati zaključki o (ne)uspehih izvajanja vodnih politik niso enoznačni. Prispevek analizira uradne podatke prvega in drugega poročevalskega obdobja Vodne direktive in primerja evropsko stanje voda s stanjem v Sloveniji.

Ključne besede:

Ekološko stanje, kemijsko stanje, količinsko stanje, WISE, WFD, vodna direktiva

1. Uvod

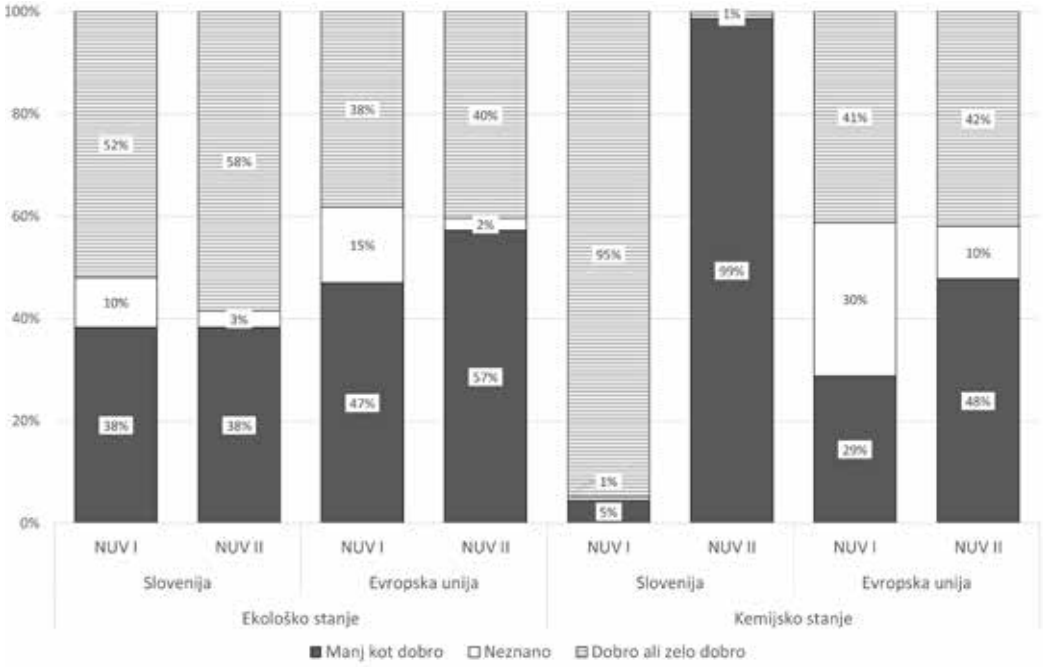
WISE (ang. Water Information System for Europe) oziroma vodni informacijski sistem za Evropo je skupni projekt Evropske komisije in Evropske okoljske agencije (ang. European Environment Agency – EEA) in je namenjen zbiranju, obdelavi, prikazu in posredovanju podatkov ter informacij o vodnem okolju. Razdeljen je na dve komponenti; sladkovodno (ang. WISE Freshwater) in morsko (ang. WISE Marine) (WISE, 2023). V WISE se stekajo podatkovni tokovi poročevalskih obveznosti evropskih držav, med drugim tudi podatki iz naslova Vodne direktive (ang. Water Framework Directive – WFD). Cilj Vodne direktive je doseči vsaj dobro stanje voda, kar države članice zasledujejo v okviru načrtov upravljanja voda (ang. River Basin Management Plan) v šestletnih ciklih. Prva dva cikla sta zajemala obdobji 2009–2015 in 2016–2021 in sta zaključena, tretji pa se nanaša na obdobje 2022–2027. Ta cikel še ni zaključen, ocene stanja voda vseh držav članic torej še niso na voljo.

Podatki o ocenah stanja voda vseh držav članic po Vodni direktivi so na voljo preko sistema WISE, natančneje preko WISE Freshwater (https://water.europa.eu/freshwater) portala. Ta je zasnovan kot vstopna točka za dostop do podatkov in informacij v povezavi okoljskim statusom in ocenami stanja po evropski (sladko) vodni politiki. Portal je namenjen različnim ciljnim skupinam uporabnikov, od laične javnosti do strokovnjakov in raziskovalcev (WISE Freshwater, 2023). Na portalu WISE Freshwater smo pridobili in nato analizirali podatke o stanju voda po prvih dveh ciklih Vodne direktive. Skladno z direktivo smo se osredotočili na naslednje vidike kakovosti voda: ekološko in kemijsko stanje površinskih voda ter kemijsko in količinsko stanje podzemnih voda. Primerjali smo rezultate na evropski ravni s stanjem voda v Sloveniji.

2. Ekološko in kemiojsko stanje površinskih voda

Na ravni Evropske unije je jasno vidno zmanjšanje števila vodnih teles, za katere ekološko stanje ni bilo ocenjeno (Slika 1). Hkrati je velik delež teh novo ocenjenih vodnih teles uvrščen v manj kot dobro ekološko stanje. Tako se je kljub povečanju deleža površinskih voda v vsaj dobrem stanju iz 38% na 40% vseh vodnih teles izkazalo, da v drugem ciklu direktive več kot polovica (57%) površinskih vodnih teles še ne dosega osnovnega cilja direktive. Podobno sliko kaže kemijsko stanje evropskih površinskih voda, kjer je porast vodnih teles, ki ne dosegajo dobrega stanja na račun prvič ocenjenih vodnih teles še višji. Hkrati je ostal delež voda v dobrem stanju skoraj nespremenjen, na dobrih 40%.

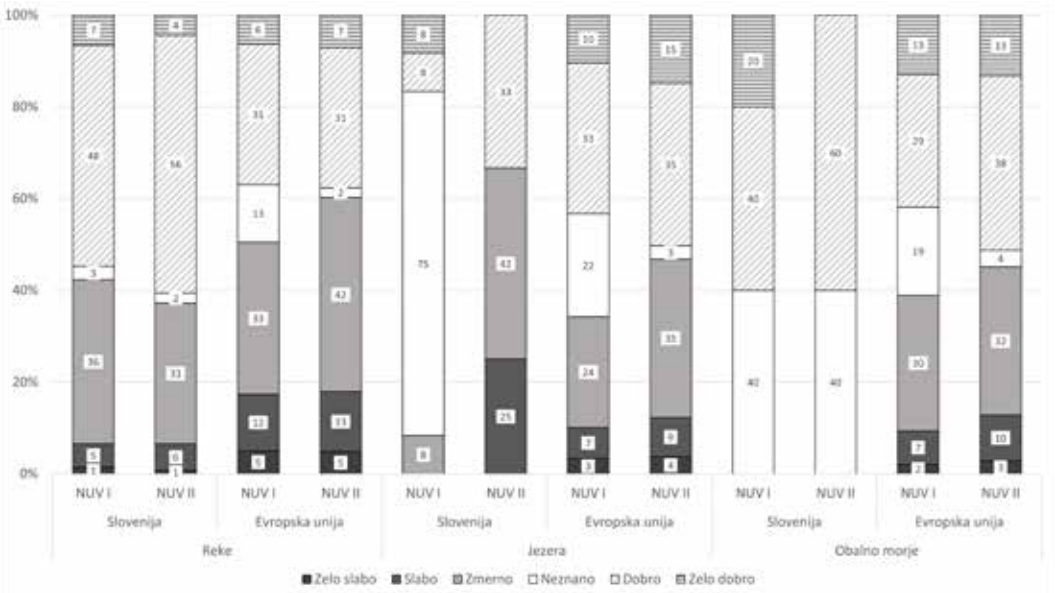
Ekološko stanje vseh površinskih vodnih teles v Sloveniji se je v drugem ciklu ni poslabšalo, saj je delež voda v manj kot dobrem stanju ostal enak (38%), je pa bilo na novo ocenjenih 10 vodnih teles, ki so vsa dosegla vsaj dobro stanje, kar Slovenijo z 58% vodnih teles v vsaj dobrem stanju uvršča na osmo mesto med 28 EU članicami, ki so poročale po Vodni direktivi. Več pozornosti zahteva kemijsko stanje površinskih voda v Sloveniji med prvim in drugim ciklom. Iz prvotnih 95% voda v vsaj dobrem stanju, se je slika povsem obrnila in rezultati kažejo, da kar 153 površinskih vodnih teles od 155 ni v dobrem stanju. Razlog za takšno spremembo je vključitev ocenjevanja kemijskega stanja površinskih voda glede na vsebnost živega srebra v ribah, kar v prvem ciklu ni bilo izvedeno. Za živo srebro je značilno prenašanje z atmosfersko depozicijo in je v Evropi splošno prisotno v organizmih v površinskih vodah v koncentracijah, ki presegajo okoljski standard (Kemijsko in ekološko …, 2023). Obenem velja omeniti, da so si ocene kemijskega stanja med državami zelo nasprotujoče: številne večinsko ocenjujejo dobro stanje, medtem ko je pet držav članic (Avstrija, Nemčija, Luksemburg, Malta, Švedska) ocenilo vsa površinska vodna telesa kot slaba. Slednje so uporabile podobno metodologijo (analizo živega srebra v bioti in ekstrapolacijo na vodna telesa), kot Slovenija. V državah, ki so uporabile drugačno metodologijo, so rezultati boljši, kar se odraža tudi na EU ravni.



Slika 1 Ekološko in kemijsko stanje površinskih vodnih teles v Evropi in Sloveniji: primerjava rezultatov prvega in drugega cikla vodne direktive. Vrednosti predstavljajo odstotek vodnih teles v kakovostni skupini.

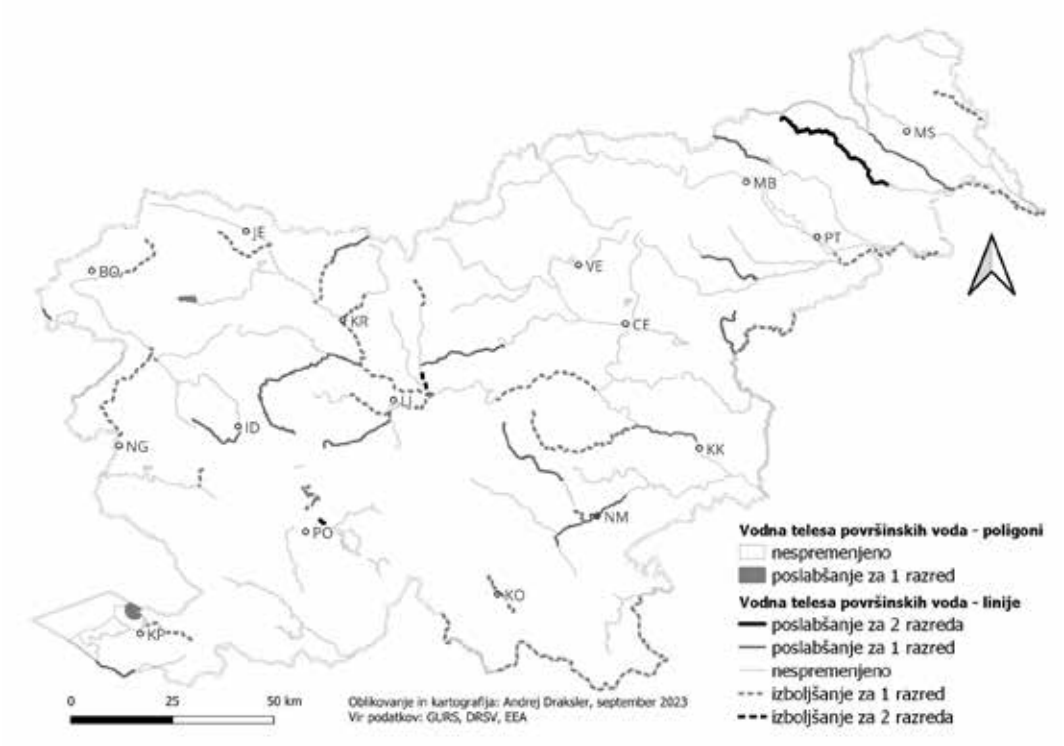
Ekološko stanje slovenskih rek (Slika 2) se načeloma izboljšuje, saj se je povečalo število rek, uvrščenih vsaj v razred dobrega stanja. Hkrati pa velja omeniti, da se je nekoliko zmanjšal delež rek v zelo dobrem stanju. V primerjavi s povprečjem Evropske unije so naše reke v boljšem ekološkem stanju, saj jih je v vsaj dobrem razredu 60% (višji delež imajo Finska, Romunija in Grčija), medtem ko jih v EU prav tolikšen delež ne dosega dobrega ekološkega stanja.

Slovenija v prvem ciklu Vodne direktive ni ocenila kar 75% jezer. V naslednjem ciklu je Slovenija ocenila stanje vseh jezer, vendar je ekološko stanje večine zgolj zmerno ali slabo, medtem ko je v EU polovica jezer v vsaj dobrem stanju. S 33% jezer v vsaj dobrem stanju je Slovenija na 11. mestu med EU državami. Na vodnih telesih slovenskega obalnega morja se je stanje spremenilo na slabše, saj nimamo več vodnih teles v zelo dobrem stanju (Slika 2, Slika 3).



Slika 2 Ekološko stanje tipov površinskih vodnih teles v Evropi in Sloveniji: primerjava prvega in drugega cikla. Vrednosti predstavljajo odstotek vodnih teles.

Slika 3 prikazuje vodna telesa površinskih voda v Sloveniji ter spremembe ekološkega stanja med prvim on drugim ciklom Vodne direktive. Za dva razreda se je izboljšalo ekološko stanje spodnjega toka Kamniške Bistrice (iz zelo slabega v zmerno stanje) in na več delih reke Save, Kolpe, Soče in Drave. Poslabšanje stanja za en razred je bilo ocenjeno na (Poljanski) Sori, delu Krke, Dragonje, Bohinjskem jezeru ter obalnem morju pri Ankaranu, medtem ko se je stanje v večjem delu Ščavnice poslabšalo za dva razreda (iz dobrega v slabo ekološko stanje). Izpostavljamo reke Ljubljanico, Muro in Tržiško Bistrico, kjer sosednji odseki kažejo nasprotne spremembe stanja med obema cikloma. 93 vodnih teles površinskih voda od skupaj 155 jih je ohranilo enako ekološko stanje, 16 vodnih teles pa je bilo ocenjenih samo v drugem ciklu.

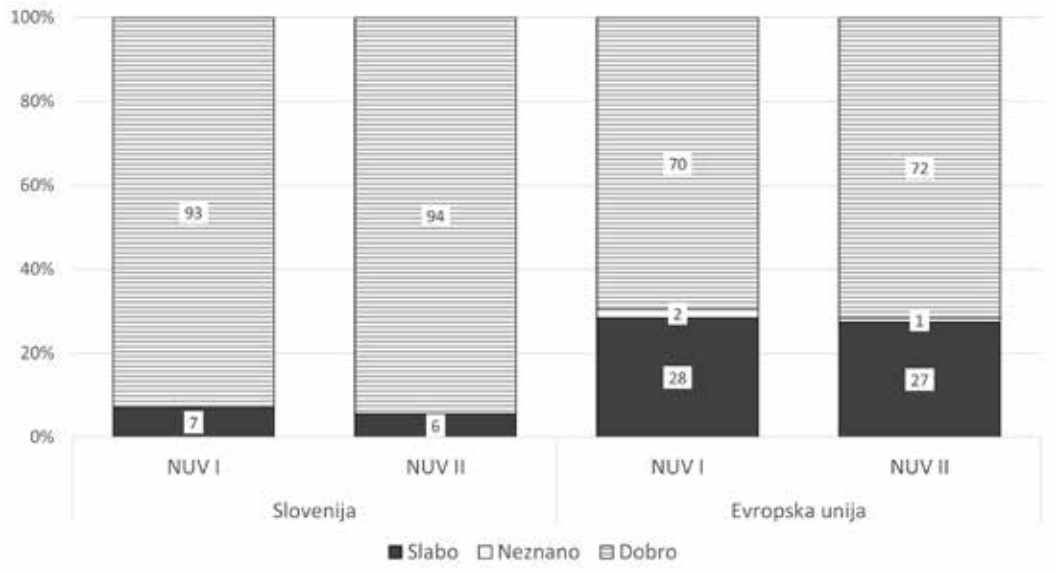


Slika 3 Spremembe ekološkega stanja površinskih vodnih teles v Sloveniji med prvim in drugim ciklom Vodne direktive.

3. Kemijsko in količinsko stanje podzemnih voda

Na področju podzemnih voda se zdi primerjava med stanjem v Evropski uniji in Slovenijo dokaj jasna z boljšim kemijskim stanjem podzemnih vodnih teles v Sloveniji, saj je v dobrem stanju preko 90% površin, medtem ko jih je v Evropski uniji v dobrem stanju okrog 70% (Slika 4). Vendar Slovenija po tem parametru ni v vrhu EU (na 9. mestu), kar 15 držav je vsaj 80% površine vodnih teles ocenila z dobrim kemijskim stanjem.

Količinsko stanje podzemnih vodnih teles v Sloveniji je bilo v obeh ciklih odlično, saj so bila vsa vodna telesa ocenjena z dobrim stanjem. Visok odstotek površin podzemnih vodnih teles (nad 80%) v dobrem stanju je tudi v EU in se je v drugem ciklusu še nekoliko izboljšal, na blizu 90%. Poleg Slovenije je še osem držav ocenilo vsa podzemna vodna telesa z dobrim količinskim stanjem.



Slika 4 Kemijsko stanje podzemnih vodnih teles v Evropi in Sloveniji: primerjava prvega in drugega cikla. Vrednosti predstavljajo odstotek površine vodnih teles.

4. Sklep o uspehih in izzivih

Po dveh poročevalskih obdobjih Vodne direktive lahko iz rezultatov ocen stanja, dostopnih preko Sistema WISE, potegnemo nekaj zaključkov, ki pa niso enoznačni. V drugem ciklu se je jasno zmanjšal delež vodnih teles, katerih stanje ni bilo ocenjeno. To nedvomno pomeni korak naprej k poznavanju dejanskega stanja voda in načelno pomikanje k izpolnitvi ciljev Vodne direktive ter doseganju vsaj dobrega stanja. Hkrati pa nam že nekoliko podrobnejši pogled nakaže odprte izzive, saj so bila prej neocenjena vodna telesa v drugem ciklu večinsko ocenjena z nezadostnim ekološkim in kemijskim stanjem.

Prav tako različni pristopi držav članic k ocenjevanju oziroma izbiri merjenih parametrov močno vplivajo na ocene stanja in posledično zelo različne rezultate, predvsem kemijskega stanja površinskih voda. To otežuje primerjalno analizo in ne kaže jasne slike stanja evropskih voda.

V Sloveniji se je povečal skupni delež površinskih vodnih teles v vsaj dobrem ekološkem stanju, izpostavljamo pa upad števila površinskih vodih teles, ki so v zelo dobrem stanju, v vseh tipih (na rekah, jezerih in obalnem morju).

Sodeč po podatkih iz sistema WISE, je na ravni Evropske unije najbolj ugodno količinsko stanje podzemnih voda, podobno stabilno in pozitivno sliko kaže njihovo kemijsko stanje. Vendar se v evropskem povprečju skrivajo jasne težave posameznih držav, na primer Malte in Cipra s količinskim stanjem. Prav tako so pomembne regionalne razlike in dinamike znotraj držav članic tako na površinskih kot podzemnih vodah, ki se pri splošnem pregledu stanja zabrišejo.

V prihodnjih ciklih Vodne direktive je nedvomno potrebno zasledovati cilj, da se s primerljivimi metodologijami in parametri spremlja ter oceni vsa vodna telesa, kar bo omogočilo boljše poznavanje dejanskega in načrtovanje ukrepov za ohranjanje vsaj dobrega ali izboljšanje stanja voda. Smo že globoko v tretjem ciklu Vodne direktive in večina držav članic EU je že (delno) poročala zadnje ocene stanja. Slovenija je ena od šestih držav, ki podatkov še niso poročale (Water Framework Directive, 2023).

5. Viri in literatura

[1] Kemijsko in ekološko stanje površinskih voda. ARSO okolje. Kazalci okolja. [online] Dostopno na: https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/kemijsko-ekolosko-stanje-povrsinskih-voda-0 [dostop 14. september 2023]

[2] Water Framework Directive. European Commision. [online] Dostopno na: https://environment.ec.europa.eu/topics/water/water-framework-directive_en [dostop 13. september 2023]

[3] WISE Freshwater. Water information system for Europe. [online] Dostopno na: https://water.europa.eu/freshwater [dostop 12. september 2023]

[4] WISE – Water information system for Europe. [online] Dostopno na: https://water.europa.eu/ [dostop 12. september 2023]

REVITALIZACIJA KOPALNIH VODA V URBANIH OBMOČJIH IN NJIHOVE KORISTI

LUKA SNOJ, univ. dipl. geog., dr. LIDIJA GLOBEVNIK, univ. dipl. inž. grad., GAŠPER ŠUBELJ, univ. dipl. geog., ANDREJ DRAKSLER, univ. dipl. geog.

TC VODE, European Topic Centre Biodiversity and Ecosystems (ETC BE)

POVZETEK

Polovica vseh Evropejcev, ki živi v urbanih območij ima dober dostop do kopalnih voda. Revitalizacija kopalnih voda v evropskih mestih ima številne neposredne in posredne socialno-ekonomske učinke. Avtorji prispevka ugotavljamo, da urbane kopalne vode pomembno prispevajo k izboljšanju javnega prostora in kakovosti življenja v mestih. Poleg socialno-ekonomskih koristi prinašajo tudi tako imenovane »nevidne« koristi za ljudi kot za ekosisteme. Revitalizacija urbanih kopalnih voda je kompleksen proces, ki prinaša številne izzive. Kljub pozitivnem trendu naraščanja števila kopalnih voda v mestih, se namreč številna evropska mesta soočajo z onesnaženostjo voda, upadanjem biotske raznovrstnosti in podnebnimi spremembami. Številne reke, jezera in deli morske obali v Evropi ostajajo neprimerni za kopanja zaradi previsokih ravni onesnaževal, ki predstavljajo tveganje za javno zdravje. Odpiranje novih kopalnih voda in vzdrževanje njihove kakovosti je strateškega pomena in v interesu širše javnosti.

Ključne besede:

Kopalne vode, revitalizacija, BWD, kopalna direktiva, kakovost življenja, javni prostor

1. Uvod

Prebivalci Evropskih mest so se stoletja kopali v rekah, jezerih in morjih znotraj urbanih območij. Začetki kopalniškega turizma segajo v sredino 19. stoletja, ko se je kultura kopanja razširila ob obalah Velike Britanije. Izgradnja železnic leta 1840 je pripomogla da je Blackpool v 19. stoletju postal prvo kopalno letovišče delavskega razreda na svetu (Brodie in Whitfield, 2014). Kasneje se je kultura kopanja razširila po vsej Evropi, na njen razvoj pa so vplivale razvijajoče se železniške mreže. Številna mesta so odprla javna kopališča ob jezerih, rekah in obalah.

Od začetka Industrijske revolucije, v 19. stoletju, se je geografska porazdelitev prebivalcev Evrope občutno spremenila. Evropa je postala ena najbolj naseljenih regij na svetu, z izjemno visokim deležem (75 %) urbanega prebivalstva (EEA, 2020).

Zaradi intenzivne urbanizacije, je bilo mnogo evropskih rek in jezer podvrženih degradaciji, hidromorfoloških spremembam in onesnaženju (EEA 2016). Varno kopanje v močno onesnaženih rekah in jezerih, tako ni bilo več mogoče predvsem zaradi velikih količin neočiščenih odpadnih voda, ki so se izlivala neposredno v jezera, reke in morja, ki ležijo znotraj urbanih območij ali v njihovem zaledju (ETC/ICM, 2023).

V zadnjih letih so številna evropska mesta dosegla pomemben napredek pri izboljšanju kakovosti uvode v morjih, rekah in jezerih. Izboljšanje kakovosti je predvsem posledica izgradnje kanalizacijskih omrežij ter umestitev novih čistilnih naprav kot tudi posodobitev obstoječih. V zadnjih desetletjih, je predvsem implementacija Vodne direktive (Direktiva 2000/60/ES) omogočile izboljšanje ekološkega in kemijskega stanja številnim urbanim vodnim telesom. Kopanje v urbanih središčih je postalo zopet mogoče - in priljubljeno (ETC/ICM, 2023).

Kopanje znotraj urbanih območij trenutno doživlja renesanso po vsej Evropi, saj čistejša morja, reke in jezera zopet omogočajo kopanje na mestih, kjer to še pred nekaj leti ni bilo varno. V luči podnebnih sprememb in že opaznega dviga temperatur, bodo potrebe po gosti mreži varnih kopalnih vodah zagotovo še večje saj bodo prebivalci evropskih mest, iskali osvežitev v vročih poletnih mesecih v bližini doma.

2. Kopalne vode v Evropi

Leta 2006 sta Evropski parlament in svet sprejela novo Direktivo (Direktiva 2006/7/ES) o upravljanju kakovosti kopalnih voda, ki upošteva aktualne znanstvene dokaze in kazalnike pri identifikaciji različnih zdravstvenih tveganj, ki jih lahko povzročijo neustrezne mikrobiološke razmere na kopalnih vodah (EEA, 2016). Prenovljena direktiva posveča velik poudarek prav celostnemu upravljanju kopalnih voda. Učinkovita implementacija takšnega upravljanja pa praviloma vodi k doseganju ustrezne kakovosti vode.

Države članice morajo vsako leto pred začetkom kopalne sezone pripraviti koledar monitoringa kopalnih voda. Direktiva 2006/7/ES predpisuje vzorčenje dveh parametrov (Intestinalni enterokoki in *Escherichia coli)*, ki sta pokazatelja stopnje mikrobiološke onesnaženosti oz. onesnaženja s fekalijami. Poleg rednega vzorčenja kopalnih voda celovito upravljanje kopalnih voda zajema tudi druge aktivnosti in ukrepe. Na kopalnih vodah se tako spremlja tudi možnost pojava drugih potencialnih nevarnosti in tveganj, kot so naprimer morski odpadki, cvetenje cianobakterij, makroalg in fitoplanktona. Če upravljalec kopalne vode oceni, da je zdravje uporabnikov kopalne vode zaradi takšnih in drugačnih dogodkov ogroženo, na to tudi javno opozori neposredno na kopalni vodi (npr. na informacijskih tablah) ter preko javnih občil (EEA, 2023).

Kopalne vode se, glede na štiriletni niz meritev z izračunom mejnih vrednosti 95. oziroma 90. percentila, razvrstijo v odlične, dobre, zadostne in slabe, pri čemer so za kopanje primerne le tiste kopalne vode, ki dosegajo vsaj zadostno stanje (EU, 2006). Kopalnim vodam, ki dosegajo slabo stanje, je treba s programom ukrepov

(npr. identifikacija vira onesnaženja, izboljšava kanalizacijskega omrežja, izgradnja čistilne naprave) zagotoviti vsaj zadostno kakovost vode najkasneje v petih letih, v nasprotnem primeru se takšne kopalne vode ne sme več uporabljati za namen kopanja (EC, 2006; ARSO, 2023b).

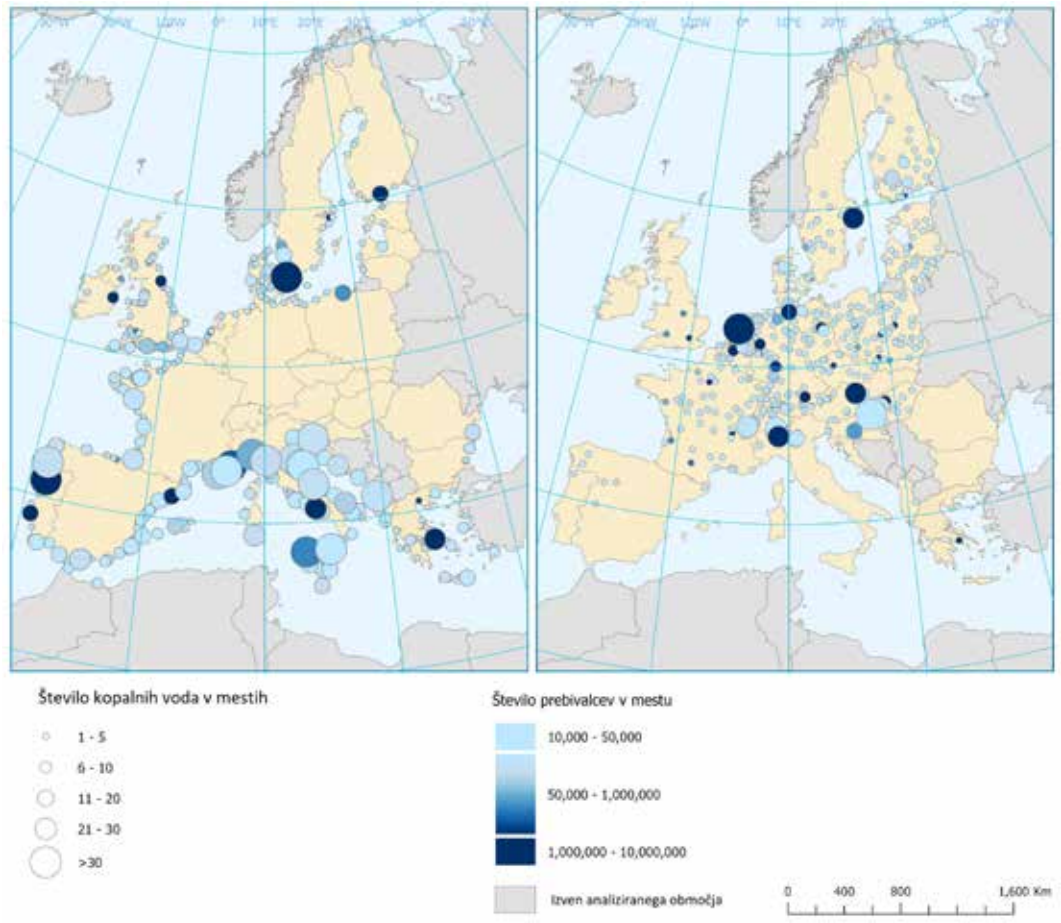
V letu 2022 je bilo v skladu z evropsko zakonodajo v Evropi vzorčenih skoraj 22 tisoč kopalnih voda. Od vseh kopalnih voda jih je skoraj 96 % ustrezalo minimalnim kakovostnim zahtevam Direktive 2006/7/ES (doseženo vsaj zadostno stanje), medtem ko je strožjim zahtevam (doseženo odlično stanje) ustrezalo 86 % kopalnih voda. Zadostna kakovost (minimalna kakovostna zahteva Direktive 2006/7/ES) na vseh kopalnih mestih je bila dosežena na Cipru, v Grčiji, Latviji, Luxembourgu, na Malti in v Sloveniji. Neustrezno oziroma slabo kakovostno stanje je bilo ugotovljeno na manj kot 1.5 % kopalnih voda (EEA, 2023).

3. Kopalne vode v evropskih mestih

Skoraj 4000 evropskih kopalnih voda se nahaja znotraj urbanih območij. Četrtina prebivalcev Evropske Unije lahko dostopa do kopalnih voda znotraj mesta kjer živijo. Regionalne razlike v številu kopališč, dostopnih mestnim prebivalcem v Evropski Uniji so tako precejšnje. Ta razlika je posledica porazdelitve prebivalstva, geografskih značilnosti, številu vodnih teles primernih za kopanje kot tudi ekonomski moči in učinkovitosti upravljanja s kopalnimi vodami. V Avstriji, na Danskem, v Estoniji, na Finskem, Malti, na Nizozemskem, Latviji in Švici lahko več kot 80 % ljudi, ki živijo v urbanih območjih, obišče kopališče v mestu kjer živi. Po drugi strani pa v Luxembourgu in Slovaškem nobena kopalna voda ni umeščena v urbano okolje. V Bolgariji, Luksemburgu, Romuniji, Slovaški in Sloveniji pa ima zgolj 10 % mestnega prebivalstva dober dostop do kopalnih voda (ETC/ICM, 2023).

Več kot 70 % vseh kopalnih voda, ki se nahajajo znotraj večjih evropskih mest (z več kot 100.000 prebivalci) se nahaja ob morju. Večina morskih urbanih kopalnih voda (67 %) se nahaja v 47 mestih ob Mediteranskem morju: v Grčiji (37 kopalnih voda v sedmih mestih), Franciji (280 kopalnih voda v devetih mestih), Italiji (343 kopalnih voda v 13 mestih in Španiji (192 kopalnih voda v 18 mestih) (Slika 1).

Večina sladkovodnih kopalnih voda, ki se nahajajo znotraj večjih mest (105 mest) se nahaja na jezerih. Na rekah se nahaja zgolj 39 kopalnih voda. Le te lahko najdemo v Budimpešti v Helsinkih, Parizu, Rigi, Dunaju in Vilni (ETC/ICM, 2023).



Slika 1 Število morskih (levo) in sladkovodnih (desno) kopalnih voda v mestih

Zagotavljanje ustrezne kakovosti kopalnih voda na jezerih je načeloma manj zahtevno kot zagotavljanje skladnosti rečnih kopalnih voda s predpisanimi kakovostnimi standardi. Večje reke, ki tečejo skozi urbana območja, imajo po navadi velika porečja, v katera se iztekajo odpadne vode in iztoki iz čistilnih naprav. Rečna kopališča v urbanih okoljih lahko tako obravnavamo kot simbol uspešnega upravljanja voda v celotnih porečjih in, če se nahajajo v mestnih središčih ali dolvodno od mest, predstavljajo primer dobre prakse učinkovitega čiščenja odpadnih voda znotraj aglomeracije same. V Parizu Essnu in Kopenhagnu je kopanje možno v središču mesta. Mestne oblasti razvile napredne sisteme za opozarjanje za nadzor mikrobiološkega tveganja za zdravje ljudi; v primeru preseženih vrednosti, se kopanje na kopalnih mestih kopanje začasno odsvetuje (Mälzer et al., 2016).

V Kopenhagnu (Danska) so odpadne vode iz kanalizacije in industrije več desetletij onesnaževale vodo v pristanišču. Od leta 1995 dalje so občinske oblasti posodobile kanalizacijsko infrastrukturo in čistilne naprave. Zgradile so tudi zbiralnike odpadne vode, ki so aktivirani, ko pride do preobremenitev kanalizacijske infrastrukture. Do izlivanja odpadnih voda v pristanišče pride tako le še ob izredno močnem deževju.

Prebivalci mesta se danes lahko kopajo na številnih uradnih kopališčih v pristanišču, kjer se meri kakovost vode. Kakovost vode je v pristanišču vzorčena avtomatsko; podatki so tako sproti beleženi v spletni sistem. V primeru, da je ugotovljena neustrezna kakovost vode, se kopališče nemudoma zapre (EEA, 2016).

3.1 Koristi kopalnih voda v urbanih območjih

Kopalne vode v mestih prinašajo številne koristi mestnim skupnostim. Poleg priložnosti za rekreacijo, osvežitev in sprostitev, ugodno vplivajo na duševno zdravje, umetniško inspiracijo in ekološko izobraževanje (Gibbons et al., 2014).

Nekatere koristi so neposredne in jih uživajo predvsem prebivalci mest, ki vodna telesa uporabljajo za plavanje in osvežitev kot tudi tisti, ki obiskujejo jezera, reke in obalna območja zaradi rekreacije in zdravja. Poleg neposrednih pa poznamo tudi posredne koristi; kopališki kraji pogosto privabljajo domačine in turisti. Kopališka dejavnost posredno podpira lokalno ekonomijo in dvigujejo cene nepremičnin v bližini. Posredne koristi pa lahko temeljijo tudi na neosebni uporabi.

Območja urbanih kopalnih voda pogostokrat predstavljajo tudi prostor za druženje. Vzpostavitev kopalnih voda v mestih ima poleg pozitivnih učinkov na zdravje kopalcev tudi visoko socialno vrednost in koristi (ETC/ICM, 2023). Koristi kopalnih voda lahko razdelimo v sledeče štiri kategorije (Kumar, 2010):

1. Neposredne koristi – so koristi ki jih prebivalcih urbanih območjih uživajo pri neposredni uporabi kopalne vode. Te vključujejo nove načine uporabe vode (npr. plavanje postane varno in mogoče); ali povečanje pogostosti plavanja s strani posameznika in posledice, ki se odražajo v izboljšanem zdravju in dobrem počutju.

2. Posredne koristi – izboljšana kakovost kopalne vode ugodno vpliva na biotsko pestrost in ekološko stanje vodnega telesa, kar posredno koristi prebivalcem urbanega območja. Kopalna voda ustrezne kvalitete zmanjšuje pritisk na vodne habitate in povečuje njihovo sposobnost zagotavljanja ekosistemskih storitev kot so regulacija kakovosti vode in vzdrževanje flore in favne.

3. Odprte možnosti – prebivalci urbanega območja cenijo izboljšanje kvalitete kopalne vode in možnost potencialne uporabe kopalne vode v prihodnosti, kljub temu da jo v sedanjosti ne koristijo za ta namen in od nje trenutno nimajo neposredne koristi.

4. Vrednost neuporabe – kopalne vode v urbanih območjih prinašajo koristi tudi urbanemu prebivalstvu, ki kopalnih vod kot takih ne uporabljajo, niti jih nimajo namena uporabljat. Tisti, ki se v kopalnih vodah ne kopajo, jih lahko vseeno osrečuje, da kopalno vodo za kopanje uporablja nekdo drug ali pa so zgolj ponosni, da so lokalni vodni viri v dobrem ekološkem stanju (ETC/ICM, 2023).

4. Kopalne vode v Sloveniji

Naravno okolje Slovenije na morskih in celinskih vodah nudi priložnosti rekreativnega kopanja lokalnemu prebivalstvu, obenem pa predstavlja nezanemarljiv turistični potencial. Država ima lastno zgodovino spremljanja kakovosti kopalnih voda, ki ga je v procesu vstopanja v Evropsko unijo uskladila z ravno tako razvijajočim se evropskim pravnim redom[1].

Na slovenskih rekah, jezerih in morju imamo 47 uradnih kopalnih voda, na katerih se že sicer običajno zbirajo kopalci v večjem številu in ustrezajo zakonsko določenim kriterijem za določitev naravnih kopalnih voda. V letu 2022 so vse Slovenske kopalne vode ustrezale minimalnim kakovostnim standardom. Zaradi onesnaženja v preteklih letih, ostaja zadostno stanje v kopališču Žusterna na morju ter v Primostku na Kolpi. Dobre kakovosti pa so kopalne vode na Nadiži, na Idrijci v Bači pri Modreju, na Krki in na nekaterih mestih na Kolpi. V razred odlično so uvrščene vse kopalne vode na Blejskem in Bohinjskem jezeru, na Soči, z izjemo ene na morju ter mestoma na Kolpi (ARSO, 2023a).

Kljub ugodnemu kopalnemu potencialu, naraščajočih potrebah po naravnih kopališčih in vse splošnemu kopalnemu trendu in širjenju kopalnih mrež, ki smo jim priča v Evropi, pa Slovenija že od leta 2011 v državni monitoring ni vključila novih kopalnih območij. Visok poletni obisk nekaterih potencialnih lokacij, ki pa niso vključene v državni monitoring, nakazuje na visok potencial razširitve obstoječega seznama uradnih kopalnih voda. Zakonsko določenemu kriteriju števila kopalcev (pričakuje se vsaj 300 kopalcev na dan trikrat v kopalni sezoni) ustrezajo neuradna kopalne mesta na Velenjskem jezeru, Rudniškem jezeru, bajerju pri Ribnem pri Bledu, jezeru Jasna, Bloškem jezeru, letnem kopališču na reki Sori, Podpeškem jezeru, Soboškem jezeru, Rakiškem jezeru, Iškem vintgarju, Savi Bohinjki in drugje.

Nekatere lokalne skupnosti oz. Nacionalni laboratoriji za zdravje, okolje in hrano, izvajajo mikrobiološke analize tudi na lokacijah, ki še niso uradne kopalne vode, z namenom ugotoviti obstoječe stanje voda oziroma z ukrepi zagotoviti izboljšanje le-te na potencialnih lokacijah. Ker zakonodaja določa, da kopalne vode določi vlada v okviru zakonodajnega postopka, je vključevanje novih kopalnih voda žal dolgotrajen postopek, ki ga vodi Ministrstvo za naravne vire in prostor.

4.1 Bo kopanje v Ljubljani spet kdaj mogoče?

Z izjemo obmorskih mestnih kopalnih voda (npr. Koper), Slovenija nima kopalnih voda, ki bi bile neposredno umeščene v urbano okolje. V primerjavi z nekaterimi evropskimi državami, ki imajo visok delež urbanih kopalnih voda (npr. Danska, Belgija in Francija), sta za Slovenijo značilna manjši delež urbanih aglomeracij in razpršena poselitev prebivalcev. Iz omenjenega lahko sklepamo, da so potrebne po takšnih vodah v Sloveniji manjše kot v večjih evropskih mestih, kjer imajo prebivalci omejen dostop do naravnega okolja in vodnih teles ustrezne kvalitete.

[1] Področje upravljanja kakovosti kopalnih voda tako urejajo Zakon o vodah, Pravilnik o podrobnejših kriterijih za ugotavljanje kopalnih voda in Uredba o upravljanju kakovosti kopalnih voda (ARSO, 2023b).

Prebivalci Ljubljane, so nekoč uživali v druženju in kopanju na mestnih območjih ob Ljubljanici. Najbolj priljubljeni kopališči sta bili Marijina kopel na Ljubljanici na Livadi (Slika 2) in Kolezijske kopeli ob Gradaščici. Po vzoru javnega kopališče na Dunaju, je bila sredi 19. stoletja v Koleziji zgrajena lesena kopel s kabinami. Leta 1923 je bila na Livadi so na kopališču uredili sprehajališča, pomole in kabine. Kopališče je obratovalo le v toplejšem delu leta (Turk et al., 2009).

Kopanje je bilo priljubljeno v središču Ljubljane, na Špici. Tam je bila brežina urejena s terasami, ki so omogočale sončenje, druženje in sproščanje. Zaradi širjenja mesta, hidromorfoloških sprememb, neurejene kanalizacije, širjenja odlagališč odpadkov in povečanja živinoreje v zaledju reke, se je kakovost vode v reki Ljubljanici dramatično poslabšala v 60' in 70' letih 20. stoletja.



Slika 2 Kopališče na Ljubljanici pri Livadi, sredina 20. stoletja (© Tjaša Grünfeld)

Mestna občina Ljubljana si že vrsto let prizadeva, da bi kakovost Ljubljanice izboljšali do te mere, da bi bila postala zopet varna za kopanje. Kljub obsežnim investicijam v izgradnjo in izboljšanje kanalizacijskega omrežja, pa Ljubljanica žal še vedno ne dosega kakovostnih standardov, predpisanih z Direktivo 2006/7/ES. Mesto, ki je bilo zelena prestolnica Evrope leta 2017, si prizadeva obnoviti in ponovno odpreti kopališča tam, kjer so nekoč že bila. Lahko to kar je uspelo Kopenhagnu, Dunaju in Budimpešti, uspe tudi Ljubljani?

5. Zaključki

Po desetletjih uspešnih pobud, spodbujenih z okolijsko zakonodajo, kot sta Kopalna in Vodna direktiv, smo izboljšali kakovost vode v številnih - a še zdaleč ne vseh - evropskih mestih. Ključni izzivi predstavljajo onesnaževanje urbanih območij z gorvodnih območij, prelivi iz kanalizacijskih sistemov po intenzivnem deževju,

spiranje gnojil s kmetijskih površin in onesnažil z urbanih površin, hidromorfološke spremembe, onesnaženost s hranili (predvsem zaradi vnosa dušika in fosforja), umetno oženje rečnih strug, odpadki v kopalnih vodah in pomanjkanje obrežne vegetacije (EEA, 2020).

Številne mestne vode po Evropi še vedno niso primerne za kopanje zaradi previsokih ravni mikrobiološkega onesnaženja, ki predstavljajo tveganje za javno zdravje. Nekatera mesta, vključno z Ljubljano, kljub izdatnim vložkom in naporom tako še niso uspela revitalizirati svojih zgodovinskih kopališč.

Revitalizacija kopalnih voda v mestih ima številne neposredne in posredne socialno-ekonomske učinke. Avtorji prispevka ugotavljamo, da urbane kopalne vode pomembno prispevajo k izboljšanju javnega prostora in kakovosti življenja v mestih ter poleg socio-ekonomskih koristi prinašajo tako imenovane "nevidne" koristi za ljudi kot za ekosisteme.

Številni mestni načrtovalci in prebivalci vse bolj prepoznavajo rekreacijske, estetske in duhovne vrednote kopališč ter priložnosti za prosti čas in druženje. Obstajajo tudi potencialno pomembne «nevidne» koristi mestnih kopališč, kot so inovativne prakse upravljanja z vodo in večja odpornost na podnebne spremembe.

Z izjemo nekaterih obmorskih mestnih kopalnih voda, Slovenija nima kopalnih voda, ki bi bile neposredno umeščene v urbano okolje. Zaradi relativno majhnih urbanih površin so potrebne po revitaliziranih kopalnih vodah v Sloveniji manjše kot v večjih evropskih mestih, kjer imajo prebivalci omejen dostop do naravnega okolja in vodnih teles ustrezne kvalitete.

Bolj kot revitalizaciji urbanih kopališč, ima Slovenija potencial, da v uradno mrežo kopalnih voda, vključi kopalna mesta, ki trenutno niso del uradnega državnega monitoringa. Mnogotera kopalna mesta, ki niso vključena v državni monitoring, namreč med poletno sezono obiščejo številni kopalci. Kljub visoki obiskanosti, pa ta območja niso vključena v državni monitoring in nimajo potrebne infrastrukture. Tovrstne kopalne vode niso vključene v sistem celostnega upravljanja s kopalnimi vodami, ter nimajo izdelane ocene potencialnih tveganj. Potencialno tveganje za kopalce je na takšnih mestih torej bistveno večje, kot na lokacijah, ki so vključene v uradno državno mrežo kopalnih voda in imajo izdelane in redno posodobljene kopalne profile. Ker seznam kopalnih voda določi vlada z Uredbo o upravljanju kakovosti kopalnih voda, je vključevanje novih kopalnih voda žal dolgotrajen postopek, ki ga vodi Ministrstvo za naravne vire in prostor.

6. Viri

[1] ARSO, 2023a. Poročilo o stanju kopalnih voda v Evropi in v Sloveniji v letu 2022 [online]. Ljubljana, Agencija Republiske Slovenije za okolje. Dostopno na: https://www.gov.si/novice/2023-06-09-porocilo-o-stanju-kopalnih-voda-v-evropi-in-v-sloveniji-v-letu-2022/ [dostop 12 Junij 2023].

[2] ARSO, 2023b, Kakovost kopalnih voda v Sloveniji - Poročilo za leto 2022. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. Dostopno na: https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/ARSO/PR/06-2023-kopalne-vode/Porocilo-Kopalne-vode-2022-koncno.pdf [dostop 29 Junij 2023].

[3] Brodie, A. and Whitfield, M., 2014, Blackpool's Seaside Heritage, English Heritage, United Kingdom.

[4] EU, 2000, Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy, OJ L 327, 22.12.2000, p. 1-73.

[5] EU, 2006, Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality and repealing Directive 76/160/EEC, OJ L 64, 4.3.2006.

[6] EEA, 2016, Rivers and lakes in European cities, EEA Report No 26/2016, European Environment Agency. Dostopno na: https://www.eea.europa.eu/publications/rivers-and-lakes-in-cities [dostop 5 April 2023].

[7] EEA, 2020, Bathing water management in Europe: successes and challenges, EEA Report No 11/2020, Publications Office, Luxembourg. Dostopno na: https://data.europa.eu/doi/10.2800/782802) [dostop 5 April 2023].

[8] EEA, 2023, European bathing water quality in 2022, Briefing no. 13/2023, European Environment Agency. Dostopno na: https://www.eea.europa.eu/publications/european-bathing-water-quality-in-2022 [dostop 10 April 2023].

[9] Gibbons, S., et al., 2014. The Amenity Value of English Nature: A Hedonic Price Approach. Environmental and Resource Economics 57(2), 175-196.

[10] Globevnik, L., Snoj, L., Šubelj, G., Draksler, A., McDonald, H., Thaler, T., St. John, R., 2022, Benefits of bathing waters in European cities. ETC/ICM Technical Report 04/2022: European Topic Centre on Inland, Coastal and Marine Waters, 45 pp. Dostopno na: https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-icm/products/etc-icm-reports/etc-icm-report-4-2022 [dostop 1 April 2023].

[11] Kumar, P., 2010. The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations, Earthscan, London; Washington, DC.

[12] Mälzer, H.-J., et al., 2016. Comparison of different model approaches for a hygiene early warning system at the lower Ruhr River, Germany. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 219(7), 671-680.

[13] Turk, P., et al., eds., 2009. The Ljubljanica--a river and its past, Narodoni Muzej Slovenije, Ljubljana.

SISTEM ZBIRANJA, PRIPRAVE IN DELJENJA PODATKOV O VODNEM OKOLJU V EVROPSKI UNIJI

GAŠPER ŠUBELJ, univ. dipl. geog., dr. LIDIJA GLOBEVNIK, univ. dipl. inž. grad.

TC VODE, European Topic Centre Biodiversity and Ecosystems (ETC BE)

POVZETEK

V zadnjih desetletjih je ozaveščanje o globalnem okolju in trajnostnem razvoju pripeljalo do potrebe po zanesljivih okoljskih podatkih na državni in mednarodni ravni. Okoljski podatki vključujejo informacije o pritiskih, stanju in vplivih na okolje ter so ključni za razumevanje in oblikovanje okoljskih politik. Ti podatki se običajno zbirajo in analizirajo na podlagi modela DPSIR, in sicer za reke, jezera, oceane in podzemne vode ter vodne ekosisteme ter vključujejo parametre kakovosti vode, kemijske in biološke parametre, hidrološke in fizikalne parametre ter vremenske in podnebne parametre.

Evropska agencija za okolje (EEA) in omrežje EIONET igrajo ključno vlogo pri zbiranju, obdelavi in deljenju okoljskih podatkov v Evropi. Podatki se zbirajo v skladu z zakonodajo EU, kot je direktiva o vodah. Komunikacijo med deležniki, prenos podatkov, kontrolo podatkov in konsolidacijo pa omogoča tehnična platforma Reportnet, ki je eden naprednejših sistemov zbiranja okoljskih podatkov v svetu. Podatki so za javno uporabo objavijo v sistemu Water Information System for Europe (WISE), ki združuje podatke EU o vodah, zbrane preko omrežja EIONET, vključno s prostorskimi podatki.

Zbiranje in uporaba okoljskih podatkov se nenehno razvija, vključno z uporabo sodobnih tehnologij, kot so satelitski podatki, za boljšo obdelavo in razumevanje okoljskih vprašanj.

Ključne besede:

okoljski podatki; podatkovni tokovi; EIONET; WISE

1. Okoljski podatki

Zaradi večjega zavedanja o globalnem okolju in pomenu trajnostnega razvoja države, nevladne organizacije, javnost ter gospodarstvo potrebujejo zanesljive in usklajene podatke o okolju (OECD, 2023). Okoljski podatki temeljijo na merjenju okoljskih parametrov. Običajno gre za pritiske (»P«), stanje (»S«) in vplive (»I«), kot so določeni v modelu DPSIR (angleško **D**rivers-**P**ressures-**S**tate-**I**mpacts-**R**esponses). Okoljske podatke običajno ustvarjajo institucije, ki izvajajo okoljsko zakonodajo ali okoljske

raziskave. Statistični uradi pa običajno ustvarjajo okoljske statistike, ki se prav tako štejejo za okoljske podatke. Podatki o družbeno-ekonomskih dejavnikih in drugi statistični podatki (pogosto »D« in »R« v modelu DPSIR) se ne štejejo za okoljske podatke, a so bistvena sestavina celovitih okoljskih ocen. Enako velja za geografske/prostorske podatke, ki sami po sebi niso okoljski podatki, vendar morajo biti na voljo za okoljske politike in pripravo informacij o okolju (EEA, 1999). V zadnjih dveh desetletjih okoljski podatki postajajo vse pomembnejši tudi za gospodarstvo. Vse podatke, ki so zbrani za potrebe okoljske zakonodaje, je tako treba šteti za okoljske podatke.

Glede na pomembnost tematik so najbolj zastopana področja zraka in podnebja, biotske raznovrstnosti, voda, gozdov, odpadkov in pretoka materiala ter okoljske politike same (Princeton University Library, 2023).

1.1 Podatki o vodnem okolju

Zbiranje in analiza specifičnih vrst podatkov o vodnem okolju sta ključna za informirano odločanje, učinkovito upravljanje okolja in zaščito vodnih virov ter ekosistemov. Kot taka sta pomembna za raziskovalce, politiko in upravljalce pri nadzoru kakovosti vode, zagotavljanju trajnostne rabe in odzivanju na okoljske izzive, kot so podnebne spremembe in onesnaževanje (Princeton University Library, 2023).

Podatki o vodnem okolju se nanašajo na informacije, zbrane in analizirane o različnih vidikih vodnih teles, kot so reke, jezera, oceani in podzemne vode, pa tudi o vodnih ekosistemih. Tematike je mogoče povzeti v naslednje kategorije (UNEP, 2023):

- parametri kakovosti (pH, raztopljeni kisik, motnost, itd.);
- parametri hranil (dušik, fosfor itd.);
- kemijski parametri (težke kovine, pesticidi, industrijske kemikalije itd.);
- biološki parametri (bakterije in patogeni, biomasa in biotska raznovrstnost itd.);
- hidrološki parametri (pretok, vodostaj itd.);
- fizikalni parametri (temperatura, količina sedimenta itd.);
- vremenski in podnebni parametri (tisti, ki vplivajo na vode in vodno okolje);
- prostorski parametri (georeferencirana merilna mesta, porečja in sloji drugih podatkov, ki se povezujejo s podatki o vodnem okolju);
- regulatorni podatki (standardi in mejne vrednosti, vodna dovoljenja itd.);
- zgodovinski podatki (za izdelavo ocene časovnih trendov);
- daljinsko zaznani podatki (surovo zajeti podatki npr. s satelitov, iz katerih je mogoče pridobiti nekatere tipe zgoraj navedenih izvedenih podatkov);

Voda in zbiranje podatkov o njej je eno od šestih področij okolja, ki jih pokriva Evropska agencija za okolje (angleška kratica EEA). V zadnji reorganizaciji se je področje voda vključilo v poglavje »narave«. Med mnogimi podatkovnimi tokovi EEA so posebej pomembni jedrni podatkovni tokovi, od katerih podatke o vodah prispevajo naslednji (EEA, 2023):

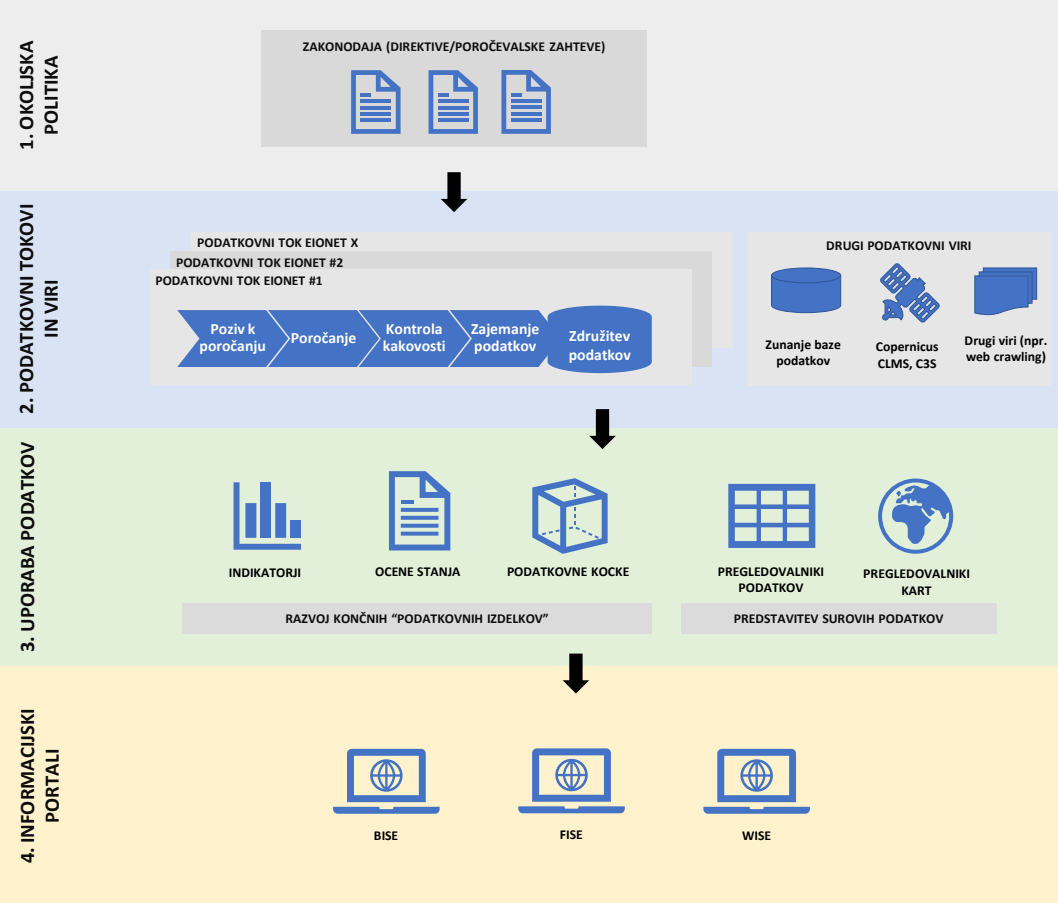
- Direktiva o kopalnih vodah: monitoring in klasifikacija kopalnih voda;
- WISE State of Environment: Biologija (podatkovni tok WISE-2);
- WISE State of Environment: Količina (podatkovni tok WISE-3);
- WISE State of Environment: Kakovost (podatkovni tok WISE-6);
- Vodna direktiva – Načrti za upravljanje s porečji in spremljajoči podatki;
- Direktiva o čiščenju odpadne komunalne vode: implementacija.

Iz pregleda jedrnih podatkovnih tokov je razbrati, da je velik del zbiranja okoljskih podatkov EU utemeljen na zakonodaji EU. Ta je vzpostavila celovit okvir za monitoring in zbiranje podatkov, z osrednjo direktivo o vodah ter podrejenimi direktivami. Direktiva o vodah državam narekuje vzpostavitev zaščite, monitoringa in ocenjevanja stanja na podlagi ekoloških, kemijskih in količinskih parametrov. Od tu prihaja večina sistematično zbiranih podatkov o vodah in vodnem okolju v Evropi. Njej podrejene so spremljajoče direktive o podzemnih vodah, prednostnih snoveh in nitratih, ki določajo mejne vrednosti parametrov kakovosti. Parametre »vodne industrije« (angleško »Water Industry Directives«) pa določajo uporabo, monitoring in poročanje podatkov o posameznih področjih uporabe vodnih virov: kopalna direktiva, direktiva o čiščenju odpadne komunalne vode in direktiva o pitni vodi. Zakonodajni okvir za upravljanje z morskim okoljem pa je okvirna direktiva o morski strategiji.

Zbiranje omenjenih podatkov je organizirano v okviru mreže EIONET (angleško »European Environment Information and Observation Network«), ki povezuje institucije in strokovnjake v EU, ki imajo mandat za zbiranje in upravljanje s podatki. To predvsem vključuje nacionalne okoljske agencije ter druge institucije, ki v okviru posamezne države zbirajo podatke po zakonskih zahtevah (EIONET, 2023).

2. Tehnične osnove podatkovnih tokov

Na ravni EU je za zbiranje, obdelavo, uporabo in deljenje podatkov, ki jih morajo zbrati in prispevati države članice, pristojna EEA oz. EIONET (EIONET, 2023). Medtem ko EEA združuje delovne skupine in strokovnjake, ki organizirajo zbiranje podatkov v imenu EU, je EU organizirana kot skupnost deležnikov s strani držav. Ravno tako EIONET vključuje standarde, tehnične platforme teh informacijske sisteme, ki omogočajo tehnično izvedbo zbiranje, priprave in deljenja podatkov. Shema podatkovnih tokov EIONET ter uporabe zbranih podatkov je prikazana na sliki 1.



Slika 1: Shema zbiranja, priprave in deljenja podatkov o vodnem okolju v Evropski uniji

Podatkovni tok je naziv za proces, ki vključuje pravne in tehnične korake za organizacijo zbiranja, priprave in deljenja podatkov. V okviru EIONET sledi naslednjim korakom:

1. **Poziv k poročanju podatkov.** Uradna komunikacija med EEA/EIONET in poročevalskimi institucijami držav članic; odvisno od zakonodajnih zahtev se izvaja enkrat letno ali na več let; EIONET ima vzpostavljene uradne komunikacijske kanale ter centralizirano »pomoč uporabnikom«, ki potrebujejo podporo pri sestavi in predaji podatkov.
2. **Poročanje podatkov.** Temelji na tehnični platformi Reportnet, ki gosti podatkovne modele, spremljajoče podatkovne slovarje (angleško Data Dictionary) ter dokumentacijo, ki tolmači standarde poročanja posameznim ravnem poročevalcev podatkov. Reportnet vključuje tudi sistem sistematske predaje podatkov preko spletnih vmesnikov, ki omogočajo nadzor uporabnikov in dostopa, določajo tip datotek in transformirajo oblike podatkov v ustrezne strukture.

3. **Kontrola kakovosti.** Vključuje vsebinsko-tehnične postopke preliminarnega preverjanja podatkov, ki jih predajajo države članice, in glede na to potrdi sprejem ali zahteva odpravo napak na strani poročevalcev (držav članic). Kontrola kakovosti poteka na več ravneh od avtomatske kontrole do naprednejših strokovnih kontrol, pri katerih sodelujejo tehnični (IT) in vsebinski (domena voda) strokovnjaki. Visoka raven kontrole kakovosti podatkov, ki jo zahteva EEA/EIONET, zagotavlja dobro združljivost velikih količin podatkov o evropskih vodah z minimalno količino (ročnega) dela.
4. **Zajemanje in združevanje podatkov.** Vključuje nalaganje uradno potrjenih in pregledanih podatkov s tehnične platforme Reportnet. Velike količine podatkov so harmonizirane glede na strukturo (tabelarni ali prostorski podatki vključno s tipi tabel in polji znotraj njih) ter vsebino, z nadaljnjo obdelavo podatkov pa so različne oblike združene v med seboj združljive zbirke podatkov (npr. podatki pripadajočih merilnih postaj s podatki o vodnem telesu; podatki o pripadajočih vodnih telesih pa s podatki o porečju).
5. **Objava podatkov.** Vključuje komunikacijo z institucijami EIONET in državami članicami v več korakih za potrebe uradne vsebinske potrditve končnih podatkov. Ravno tako je pomembna tehnična konsolidacija podatkov v za objavo primernih oblikah datotek, ki morajo biti vedno bolj prilagojene spletnemu prikazovanju in dinamičnemu brskanju znotraj posamezne zbirke podatkov (npr. pregledovanje merilnih mest in njihovih posameznih meritev na kartografskih pregledovalnikih, ki jih gosti EEA).

Zbrani in objavljeni podatki so namenjeni tako deljenju v uradni in združeni obliki končnim uporabnikom iz politike, javnosti in gospodarstva; kot uporabi znotraj EEA za ocene stanja okolja in preverjanje izvajanja omenjenih politik. EEA pri deljenju »surovih« podatkov skrbi za stalen razvoj informacijskih tehnologij, ki omogočajo posameznim uporabniškim skupinam prilagojene dostope. Medtem ko so bile zbirke podatkov pred leti objavljene v enotnih datotekah za pretakanje in uporabo na lokalnih računalnikih, je iste zbirke zdaj mogoče pregledovati v tabelarnih pregledovalnikih (npr. EEA Discodata) in kartografskih pregledovalnikih (EEA Spatial Data Infrastructure; EEA, 2023b), pri tem pa jih omejiti za nadaljnji pretok in obdelavo. V korak s časom gredo tudi poročila o ocenah okolja in izvajanju politik, saj so namesto nekdanjih statičnih dokumentov ta na voljo v spletnih in dinamičnih oblikah – vizualni prikaz na različnih prostorskih in časovnih ravneh s spremljevalnimi strokovnimi interpretacijami in možnostmi raziskovanja povezanih podatkovnih zbirk. Tak način združevanja podatkovnih virov in izdelkov zahteva vedno bolj kompleksne standardizacije, ki jim morajo slediti tudi tehnične in strokovne zmožnosti na straneh držav članic oz. institucij EIONET.

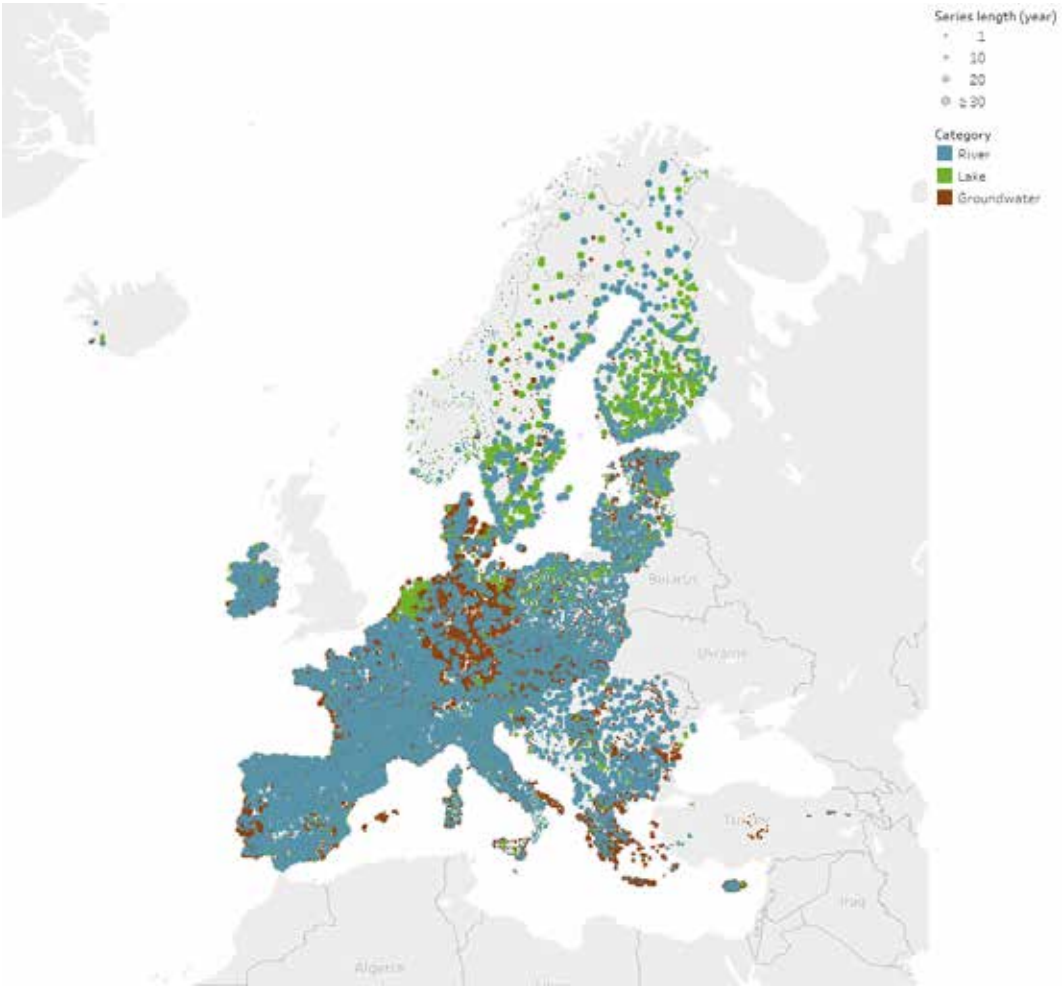
3. Pomembnejši podatkovni viri v sistemu WISE

Sistem »Water Information System for Europe« združuje podatke EU o vodah, zbrane preko podatkovnih tokov EIONET. Preglednica 1 prikazuje pomembnejše zbirke podatkov, ki so v glavnem poročani po vodni direktivi in izhjajočih direktivah; ali sistemu WISE »State of Environment«, ki zagotavlja poročanje pomožnih podatkov monitoringa.

Zbirka podatkov	Frekvenca obnove	Število tabel	Število vnosov	Entiteta	Format objave
Marine non-indigenous species in Europe's seas for MSFD D2	Letno	1	2041	Vrsta	XLSX
Waterbase – UWWTD: Urban Waste Water Treatment Directive – reported data	Na 2 leti	7	145681	Čistilna naprava, aglomeracija	MDB, CSV
Bathing Water Directive – Status of bathing water	Letno	29	22000	Kopalna voda	XLSX
Waterbase – Water Quantity	Letno	8	5354626	Merilno mesto, vodno telo	CSV, SQLite
Waterbase – Biology	Letno	4	65820	Merilno mesto	CSV, SQLite
Waterbase – Water Quality ICM	Letno	4	65008543	Merilno mesto, vodno telo	CSV, SQLite
Waterbase – Emissions	Letno	3	108739	Merilno mesto	CSV, SQLite
WISE Water Framework Directive Database	Na 6 let	33	8207515	Vodno telo	SQLite
WISE Water Accounts database for Europe	Na 6 let	7	1637188	Porečje	XLSX

Preglednica 1: Pomembnejše zbirke podatkov o vodah v sistemu WISE

Medtem ko je za vodno politiko EU najpomembnejši vir podatkov zbirka »WISE Water Framework Directive Database«, je količinsko največji vir zbirka podatkov o kakovosti »Waterbase – Water Quality ICM«, ki vsebuje vse poročane posamezne meritve za vsak merjeni parameter na merilno mesto v zadnjih desetletjih. Meritve potekajo na več kot 100 tisoč merilnih mestih držav članic EU in EIONET (Slika 2).



Slika 2: Mreža merilnih mest na rekah, jezerih in podzemnih vodah, uporabljenih za poročanje podatkov WISE SoE – Water Quality.

Razen tega so pomembni prostorski podatki, ki jih v omenjenem pravnem okvirju ravno tako zbira EEA preko omrežja EIONET. To so vektorski prostorski podatki o vodnih telesih, merilnih mestih in porečjih, vedno bolj pa se uporablja tudi rastrske in izvedene prostorske podatke programa COPERNICUS o vodah. Združevanje podatkovnih zbirk, ki vsebujejo podatke monitoringa na terenu ter tiste s satelitov, ima velik potencial za uporabo z naprednimi tehnikami obdelave podatkov (EEA, 2020).

4. Zaključki

Okoljski podatki, vključno s tistimi, povezanimi z vodnim okoljem, so ključni za razumevanje stanja okolja, trajnostnega razvoja ter oblikovanje učinkovitih politik za zaščito vodnih virov in ekosistemov. Evropska agencija za okolje in njen informacijski sistem Water Information System for Europe (WISE) igrajo ključno vlogo pri zbiranju, analizi in deljenju teh podatkov, s čimer omogočajo razumevanje

ter informirano odločanje tako na politični ravni kot tudi med raziskovalci in javnostjo.

Medtem ko EEA zagotavlja zbiranje in deljenje standardiziranih podatkov o vodah, je do zanesljivih zbirk podatkov še dolga pot, predvsem zaradi različnih interpretacij poročevalskih zahtev evropske zakonodaje; omejenih strokovnih in tehničnih zmožnosti institucij EIONET; finančnih virov; in pomanjkanja zavedanja o pomenu celovitih zbirk podatkov, ki naj prikazujejo obstoječe in prihodnje probleme, ne pa služijo promociji evropskih politik samih.

5. Viri

[1] EEA, 1999. *Environmental indicators typology and overview*. Copenhagen (EEA). Dostopno na: https://www.eea.europa.eu/publications/TEC25 [dostop 28. avust 2023]

[2] EEA, 2020. EEA-Eionet Strategy 2021-2030: delivering data and knowledge to achieve Europe's climate and environment ambitions. Dostopno na: https://www.eea.europa.eu/articles/eea-eionet-strategy-2021-2030 [dostop 30. avgust 2023]

[3] EEA, 2023. EIONET core data flows 2022. Dostono na: https://www.eea.europa.eu/publications/eionet-core-data-flows-2022 [dostop 28. avgust 2023]

[4] EEA, 2023b. EEA Spatial Data Catalogue. Dostopno na: https://sdi.eea.europa.eu/ [dostop 29. avgust 2023]

[5] EIONET, 2023. *The Concept of an European Environment Information and Observation Network*. Dostopno na: https://www.eionet.europa.eu/about/about-eionet [dostop 28. avgust 2023]

[6] OECD, 2023. *OECD environmental data and indicators [online]*. Dostopno na: https://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/data-and-indicators.htm [dostop 28. avgust 2023]

[7] Princeton University Library, 2023. *Environmental Economics – International Environmental Data Sources*. Dostopno na: https://libguides.princeton.edu/envirecon/InternationalData [dostop 28. avgust 2023]

[8] UNEP, 2023. *Managing Water Data – GEMS/Water Data Centre*. Dostopno na: https://www.unep.org/explore-topics/water/what-we-do/monitoring-water-quality/managing-water-data [dostop 29. avgust 2023]

PRESOJA IZJEM PO OKVIRNI VODNI DIREKTIVI

mag. SENKA ŠIFKOVIČ

1. Uvod

V okviru celovite presoje vplivov planov na okolje - CPVO in v okviru presoje vplivov posegov na okolje – PVO, se na podlagi Zakona o varstvu okolja (ZVO-2) presojajo tudi vplivi na vode, v primeru, da gre za zavarovano območje, pa se izvede tudi presoja sprejemljivosti po Zakonu o ohranjanju narave (ZON). Vendar poleg navedenih treh presoj obstaja tudi četrta »presoja dovolitev izjeme« glede posegov v vode, ki lahko poslabšajo stanje vodnega telesa. Gre za določilo sedmega odstavka 4. člena Okvirne vodne direktive, ko je možno ob določenih pogojih poslabšanje stanja vodnega telesa, zaradi „novih dejavnosti trajnostnega razvoja«. Torej gre za presojo dovolitve izjeme, ki je vsebinsko ločena od navedenih treh presoj vplivov na vode. Za dovolitve take izjeme morajo biti izpolnjeno določeni pogoji, med drugim tudi ta, da se »koristnih ciljev, katerim so namenjena preoblikovanja in spremembe vodnega telesa, zaradi razlogov, povezanih s tehnično izvedljivostjo ali nesorazmernimi stroški, ne da doseči na druge načine, ki so mnogo boljša okoljska možnost.«. V okviru nacionalne zakonodaje to ureja 56. člen Zakona o vodah (ZV-1), vendar pa na njegovi podlagi Vlada podrobnejših meril za ugotavljanje teh izjem nikoli ni sprejela in zatorej ni vzpostavljen potreben pravni okvir za izvajanje te presoje. Namen prispevka je osvetliti ta implementacijski deficit, predvsem v kontekstu zahtev Strategije EU za biotsko raznovrstnost do leta 2030 in naraščajočega pomena vodnih in obvodnih ekosistemov tako za ohranjanje in obnavljanje biotske raznovrstnosti, kot za blaženje podnebnih sprememb in prilagajanja nanje.

2. Pomanjkljivosti izvajanja predpisov o varstvu voda

Vode in posege v vode na ravni EU določajo Okvirna vodna direktiva,[1] Habitatna[2] (in Ptičja)[3] direktiva, Direktiva o presoji vplivov nekaterih načrtov in programov na okolje[4] in Direktiva o presojah posegov na okolje.[5] Ti predpisi so preneseni v slovenski pravni red v naslednje glavne zakone in njihove podzakonske predpise:

[1] Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2000/60/ES z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike, Uradni list EU L 327/1 z dne 22.12.2000.
[2] Direktiva Sveta 92/43/EGS z dne 21. maja 1992 o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst, Uradni list EU L 206/7 z dne 22.7.1992.
[3] Direktiva 2009/147/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 30. novembra 2009 o ohranjanju prosto živečih ptic, uradni list EU L 20/7 z dne 26.1.2010.
[4] Direktiva 2001/42/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 27. junija 2001 o presoji vplivov nekaterih načrtov in programov na okolje, Uradni list EU L 197/30z dne 21.7.2001.
[5] Direktiva 2011/92/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 13. decembra 2011 o presoji vplivov nekaterih javnih in zasebnih projektov na okolje, Uradni list EU L 26/1 z dne 28.1.2012 in Direktiva 2014/52/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16.4.2014 o spremembi Direktive 2011/92/EU o presoji vplivov nekaterih javnih in zasebnih projektov na okolje, Uradni list EU L 124/1 z dne 25.4.2014.

Zakon o vodah (ZV-1),[6] ki vsebuje zahteve Okvirne vodne direktive; Zakon o ohranjanju narave (ZON),[7] ki vsebuje zahteve Habitatne in Ptičje direktive in krovni Zakon o varstvu okolja (ZVO-2),[8] ki določa presoje vplivov po Direktivi o presoji nekaterih načrtov in programov na okolje in po Direktivi o presojah posegov na okolje ter določa splošna varstvena pravila.

Biodiverzitetna strategija EU[9] sicer ugotavlja, da je pravni okvir EU o vodah ambiciozen, vendar izvajanje zaostaja in ga je potrebno okrepiti. Predvsem je treba **okrepiti prizadevanja za obnovo sladkovodnih ekosistemov in naravnih funkcij rek** (točka 2.2.7. Obnova sladkovodnih ekosistemov). To zaostajanje izvajanja lahko pripišemo tudi deloma ločeni ureditvi varstvenih režimov enovitega vodnega telesa kot je npr. reka, ko se Okvirna vodna direktiva in nacionalni izvedbeni predpisi osredotočajo predvsem na ekološko in kemijsko stanje voda, Habitatna in Ptičja direktiva in njuni izvedbeni predpisi pa na varstvo biodiverzitete, na ravni implementacije pa se »izgubi« fokus na celovitost vodnega telesa in cilje navedenih direktiv. Nadalje pa tudi ni ustreznega razumevanja, da gre pri določanju izjem glede dejavnosti, ki lahko poslabšajo stanje vodnega telesa dejansko za posebno presojo vplivov na vode. Da bomo tudi v Sloveniji lahko učinkovito sledili tem ciljem, je potrebno osvetliti navedena sistemska problema razumevanja in izvajanja varstvenih režimov.

3. Varstvo vodnih ekosistemov je ločeno

V Sloveniji nimamo sistema, ki bi varoval sladkovodno vodno telo, kot je reka, celovito, v svojem celotnem vodnem toku s pripadajočim vodnimi in obvodnimi ekosistemi, pač pa vode v veliki meri razumevamo kot vodni naravni vir za naše potrebe in je tako varstvo v grobem orisu ločeno na:

- **varstvo predvsem ekološkega in kemijskega stanja vode, kar zagotavlja ZV-1**, cilji tega pa so ohranjanje dobrega stanja voda in drugih, z vodami povezanih ekosistemov, zagotavljanje varstva pred škodljivim delovanjem voda, ohranjanje in uravnavanje vodnih količin in spodbujanje trajnostne rabe voda, ki omogoča različne vrste rabe voda ob upoštevanju dolgoročnega varstva razpoložljivih vodnih virov in njihove kakovosti (voda kot naravni vir);
- **varstvo naravnih vrednot po ZON**, to so poleg redkega, dragocenega ali znamenitega naravnega pojava tudi drug vredni pojav, sestavina oziroma del žive ali nežive narave, naravno območje ali del naravnega območja, ekosistem, krajina ali oblikovana narava. Ekosistemi se varujejo preko

[6] Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15, 65/20, 35/23 – odl. US.

[7] Uradni list RS, št. 56/99, 31/00 – popr., 119/02, 41/04, 61/06 – ZDru-1, 8/10 – ZSKZ-B, 46/14, 21/18 – ZNOrg, 31/18, 82/20, 3/22 – ZDeb, 105/22 – ZZNŠPP, 18/23 – ZDU-1O .

[8] Uradni list RS, št. 44/22 in 18/23 – ZDU-1O.

[9] Sporočilo Komisije Evropskemu parlamentu, Svetu, Evropskemu ekonomsko-socialnemu odboru in Odboru regij. 2020. Strategija EU za biotsko raznovrstnost do leta 2030: Vračanje narave v naša življenja. Evropska komisija (COM(2020) 380, 20.5.2022).

habitatnih tipov, ekološko pomembnih območij in območij Natura 2000, ki jih vse določi vlada. Merila vrednotenja kvalitet za zavarovanje, ki so sicer stvar strokovnih ocen, so izjemnost, tipičnost, kompleksna povezanost, ohranjenost, redkost ter ekosistemska, znanstveno-raziskovalna ali pričevalna pomembnost.

Glede na navedeno, celovitost, sama notranja vrednost reke same po sebi, njen prosti tok in njeni vodni in obvodni ekosistemi tako niso enotno oziroma učinkovito varovani. Vsebina, ki se nanaša na te elemente je sicer v večji meri zajeta tako v načrtih upravljanja voda in upravljanja zavarovanih območij, predvsem pa v smernicah za prostorsko načrtovanje. Vprašanje pa je, koliko se to mehko pravo udejanji v praksi in koliko se njegovo udejanjanje nadzoruje.

4. Presoja posegov v vode

Glede na Direktivo o presoji vplivov nekaterih načrtov in programov na okolje, Direktivo o presojah posegov na okolje in Habitatno direktiva se presoje vplivov načrtovanja in dovoljevanja posegov v izvajajo v okviru treh presoj: **celovite presoja vplivov na okolje in/ali presoje vplivov na okolje po ZVO-2 in/ali presoje sprejemljivosti po ZON**. V okviru teh presoj se ocenjujejo vplivi načrtov in posegov na vode in biotsko raznovrstnost v skladu s podzakonskimi predpisi,[10] ki podrobneje določajo navedene presoje ter glede na ZV-1 in ZON, če ustrezajo kriterijem za izvedbo presoje**.**[11]

Vendar pa glede voda obstaja še četrta »presoja«. Gre za presojo dovolitve izjeme **po sedmem odstavku 4. člena Okvirne vodne direktive**, po kateri se lahko s posegom odstopa od zahteve po dobrem stanju stanja vode, kadar je nedoseganje dobrega stanja podzemne vode, dobrega ekološkega stanja oziroma dobrega ekološkega potenciala ali pri preprečevanju slabšanja stanja telesa površinske vode ali podzemne vode posledica novih preoblikovanj fizičnih značilnosti telesa površinske vode ali spremembe gladine teles podzemne vode, **ali je neuspešno preprečevanje poslabšanja stanja telesa površinske vode iz zelo dobrega v dobro posledica novih dejavnosti trajnostnega razvoja** in so izpolnjeni **vsi naslednji pogoji**:

a) storjeno je vse, kar je mogoče, da se ublažijo škodljivi vplivi na stanje vodnega telesa;

b) razlogi za te spremembe so posebej navedeni in razloženi v načrtu upravljanja povodja;

[10] Uredba o okoljskem poročilu in podrobnejšem postopku celovite presoje vplivov izvedbe planov na okolje, Uradni list RS, št. 73/05 in 44/22 – ZVO-2; Uredba o vsebini poročila o vplivih nameravanega posega na okolje in načinu njegove priprave, Uradni list RS, št. 36/09, 40/17, 44/22 – ZVO-2; Pravilnik o presoji sprejemljivosti vplivov izvedbe planov in posegov v naravo na varovana območja, Uradni list RS, št. 130/04, 53/06, 38/10, 3/11.

[11] Uredba o merilih za ocenjevanje verjetnosti pomembnejših vplivov izvedbe plana, programa, načrta ali drugega splošnega akta in njegovih sprememb na okolje v postopku celovite presoje vplivov na okolje (Uradni list RS, št. 9/09 in 44/22 – ZVO-2, Uredba o posegih v okolje, za katere je treba izvesti presojo vplivov na okolje, Uradni list RS, št. 51/14, 57/15, 26/17, 105/20, 44/22 – ZVO-2 in pravilnik pod predhodno opombo.

c) razlogi za preoblikovanja ali spremembe so **prevladujoč javni interes in/ali koristi**, ki jih imajo nova preoblikovanja ali spremembe **za zdravje ljudi, ohranjanje varnosti ljudi ali trajnostni razvoj**, so večje od koristi, ki jih ima doseganje ciljev preprečevanja poslabšanja stanja vodnih teles, njihovega varovanja, izboljševanja in obnavljanja za okolje in družbo;

d) **koristnih ciljev, katerim so namenjena preoblikovanja in spremembe vodnega telesa, se zaradi razlogov, povezanih s tehnično izvedljivostjo ali nesorazmernimi stroški, ne da doseči na druge načine, ki so mnogo boljša okoljska možnost**.

Navedeno ne pomeni samo, da se, v kolikor gre za naravno vrednoto, ob predvidenem poslabšanju stanja vodnega telesa s posegom, izvede postopek prevlade javne koristi po Habitatni direktivi oziroma ZON, pač pa, da se mora npr. za take posege trajnostnega razvoja izvesti tudi »ocena primernosti« posega s širše perspektive. To je, da se presodi (npr. za hidroelektrarno ali protipoplavni ukrep, če jih štejemo za dejavnost trajnostnega razvoja) ali se koristnih ciljev, ki jih želi doseči poseg, ne da doseči na drug način, ki je boljša okoljska možnost. Gre torej za strateški premislek. Vendar pa Okvirna vodna direktiva te presoje ne opredeljuje kot posebne presoje, ampak le kot pogoj, izpolnjevanje katerega pa je treba oceniti.

Določilo sedmega odstavka 4. člena Okvirne vodne direktive je **v slovenski pravni red preneseno v 56. členu ZV-1**, vendar bi na podlagi tega morala podrobnejše pogoje za določanje oziroma ugotavljanje teh izjem predpisati Vlada. Tako besedilo 56. člena je bilo določeno s spremembami Zakona o vodah v letu 2012,[12] **uredba pa še vedno ni sprejeta**. Zato lahko domnevamo, da se torej ta presoja dovolitve izjeme ne izvaja. Kljub temu, na podlagi same direktive brez take presoje ne bi smel biti načrtovan ali dovoljen noben poseg ali dejavnost, ki bi lahko poslabšal stanje vodnega telesa. V tem primeru bi se pri presoji uporabljala neposredno določila same direktive ter upošteval njen namen in cilji,[13] posebno skrbnost pa bi bilo potrebno posvetiti temu **ali gre res za dejavnost trajnostnega razvoja** in pa ali ciljev, ki jih ta dejavnost zasleduje, ni mogoče doseči na drug, okolju prijaznejši, način. Celo več, ne glede na to, da Okvirna vodna direktiva in posledično ZV-1 pri dovoljevanju posegov ne določata niti sodelovanja javnosti niti pravnega varstva, je **Sodišče EU odločilo**, da ima zakonito ustanovljena organizacija za varstvo okolja, ki deluje v skladu z zahtevami nacionalnega prava, možnost pred sodiščem izpodbijati odločbo o izdaji dovoljenja za projekt, ki bi bil lahko v nasprotju z obveznostjo preprečevanja poslabšanja stanja vodnih teles, kot je določena v členu 4 Okvirne vodne direktive.[14]

[12] ZV-1B, Uradni list RS št. 57/2012

[13] Podrobneje tudi v primeru Sodišča EU C-461/13, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland Proti Bundesrepublik Deutschland.

[14] Zadeva Case C-664/15 Protect Natur-, Arten- und Landschaftsschutz Umweltorganisation Proti Bezirkshauptmannschaft Gmünd.

5. Zaključek

Kot to velja za celotno področje varstva okolja in narave, obstaja tudi na področju varovanja voda implementacijski deficit. Samo varstvo voda je v splošnem razdeljeno med varstvom dobrega kemičnega in ekološkega stanja voda po Okvirni vodni direktivi in Zakonu o vodah (ZV-1) ter med varstvom (delov) voda kot naravnih vrednot. Celovito varstvo rek, kot izjemnih vodnih in obvodnih ekosistemov ni zagotovljeno. To je predvsem posledica antropocentričnega varstva okolja, ki vodo vidi predvsem kot naravni vir za različne potrebe družbe. Vendar moramo tudi vse konkretne potrebe družbe danes videti v kontekstu, za preživetje človeštva ključne, potrebe po ohranjeni in obnovljeni naravi in naravnem ravnovesju ter podnebju, ki bo zmožno vzdrževati človeško življenje. Pri zadovoljevanju teh ključnih potreb pa je narava naš največji zaveznik. Vodni in obvodni ekosistemi predstavljajo izredno bogastvo narave in imajo velik potencial za potrebno obnavljanje biodiverzitete. Varstvo in obnavljanje teh bi morali tako izvajati predvsem upoštevajoč cilje in duh tako Okvirne vodne direktive in Habitatne ter Ptičje direktive in v ospredje postaviti tudi strogo presojo dovoljevanja izjem po sedmem odstavku 4. člena Okvirne vodne direktive. Pri tem ne gre samo za sprejem ustrezne vladne uredbe po osmem odstavku 56. člena, ki že 10 let zamuja, temveč tudi za določitev pravice sodelovanja javnosti pri takem odločanju in omogočanju pravice do pravnega varstva nevladnim organizacijam, ki imajo status delovanja v javnem interesu na področju varstva okolja in ohranjanja narave v skladu s Konvencijo o dostopu do informacij, udeležbi javnosti pri odločanju in dostopu do pravnega varstva v okoljskih zadevah (Aarhuško konvencijo) in sodno prakso Sodišča EU.

VPLIVI RIBIŠTVA NA SLADKOVODNE EKOSISTEME

dr. ŽIGA OGORELEC

Nacionalni inštitut za biologijo

POVZETEK

Sladkovodno ribištvo zajema gojenje rib in upravljanje z vodami za namene športnega ribolova. Slednje ima pri nas dolgo zgodovino in je močno vplivalo na ribjo sestavo vodotokov. Kljub dobri nameri vestnih upravljalcev pa so vlaganja tujih vrst ali tujih (ribogojskih) populacij domače vrste, intervencijske premestitve rib v druge vodotoke, gojitveni potoki, kraparske vode in podobni pristopi žal pogosto trajno spremenili naravne vodne ekosisteme, poslabšali kvaliteto vode in prizadeli naše avtohtone vrste. Posledice takšnega upravljanja so običajno vidne šele čez mnoga leta, še več pa jih ostane prikritih očem. Primeri, kjer se je preteklo ravnanje jasno izkazalo za napačno so npr. vnos jezerske zlatovščice v Triglavska jezera, vlaganja (atlantske) potočne postrvi v Sočo in porečje Donave, vnos rdečeperke in ostriža v Cerkniško jezero in intenzivno vlaganje krapov v mnoga jezera. Koliko pa je bilo križanja geografsko izoliranih populacij, prenosov invazivnih vrst rib (sončni ostriž, psevdorazbora), nevretenčarjev (potujoča trikotničarka, kitajska brezzobka) ali bolezni (račja kuga) ter kakšne so ekološke posledice vseh teh ribiških manipulacijah rib med vodotoki pa še vedno ostaja slabo raziskano. Zato je vredno premisliti o vlaganju sterilnih rib ali rib iz lokalnih populacij, bolj konservativnem (zmanjšanem) upravljanju in predvsem omejitvi nepotrebnih prenosov rib med vodotoki. Medtem ko so pri športnem ribolovu oz. njegovemu upravljanju glavni problem (ireverzibilne) spremembe ribje sestave, je pri gojenju rib največji problem onesnaženje vodotokov. Zaradi prevelikega izlova svetovnih morij, vse večje potrebe po kvalitetnih proteinih ter zaradi nizke potrebe po krmi in prostoru je globalna proizvodnja v akvakulturi s strmem porastu. Evropa (in Slovenija) sicer zaostaja, vendar ima v strateških načrtih povečanje trajnostne akvakulture. Pri slednjem pa je potrebno upoštevati veliko dejavnikov. Uporaba polikulture, re-cirkulacijskih sistemov in podobnih pristopov lahko uspešno zmanjša pritiske na vodne ekosisteme.

Ključne besede:

športni ribolov, ribiško upravljanje, vlaganja rib, invazivne vrste, genetska čistost, ribogojstvo, organsko onesnaženje, trajnostna akvakultura, sonaravne rešitve

1. Negativni vplivi upravljanja z vodami za namene športnega ribolova

Invazivne vrste veljajo za enega največjih in predvsem najbolj ireverzibilnih groženj biodiverziteti. Ko se nove vrste ustalijo v določenem okolju jih je praktično nemogoče spet odstraniti, njihov vpliv na avtohtone vrste pa je stalen. Celinske vode so še posebno ranljive za tovrstne spremembe saj se je biodiverziteta posameznega jezera ali porečja/povodja lahko tisočletja razvijala pod posebnimi, izoliranimi pogoji in je zato manj odporna na nove prišleke od drugod.

Upravljanje z vodami, predvsem vlaganje novih vrst rib je marsikje spremenilo ribjo strukturo in s tem prehransko mrežo ter celoten vodni ekosistem posameznih vodnih teles. Negativni učinki takšnega ravnanja dolgo niso bili poznani ali pa so bili ignorirani, zato se je politika »poribljavanja« z avtohtonimi ali tujerodnimi vrstami v prejšnjem stoletju prijela po celotni Evropi in drugod ter ostaja pogosta praksa še danes. Veliko upravljalcev je z najboljšimi nameni hotelo »izboljšati« ribjo situacijo po večjih upadih populacije zaradi pretiranega izlova, naravnih in antropogenih katastrof ali drugih razlogov. Še več pa je bilo nepremišljenega ravnanja po principu »stock and see«, kjer so upravljalci vnesli nove ribje vrste in nato opazovali kako se bodo obnesle (Bain 1993). Problem pa je, da se nekaterih negativnih vplivov zelo dolgo ne zazna, zato se vlaganje rib nadaljuje.

Tako je npr. vnašanje potočne postrvi (*Salmo trutta*) v Sočo in njene pritoke potekalo od 1906 pa do srede 90ih (Crivelli et al. 2000). Pri tem pa je zaradi križanja skoraj dokončno izumrla domorodna soška postrv (*Salmo marmoratus*), ki pa je večja, geografsko bolj redka in ribolovno veliko bolj cenjena kot potočna postrv. Zdaj potekajo številni projekti, da bi izboljšali stanje soške postrvi. Koliko časa pa traja, da se spozna in preneha praksa, ki je lahko škodljiva za ekosistem, nima pa jasno vidnega vpliva na sam športni ribolov pa ostaja vprašanje. Vlaganje potočne postrvi je imelo negativne posledice tudi v Črno morskem povodju, čeprav je potočna postrv tam domorodna. Populacije iz ribogojnic so namreč bile atlantskega tipa (Salmo trutta trutta), ki pa so morfološko in genetsko drugačne od donavskega tipa postrvi (Salmo trutta fario), ki pa zaradi križanja prav tako težko še kje najdemo. Za šarenko (*Oncorhynchus mykiss*) se je izkazalo, da lahko sobiva z npr. soško postrvjo, poleg tega se z njo ne križa (Vincenzi et al. 2011). Vseeno pa tekmuje z njo za hrano in prostor (Ogorelec 2015), zato bi lahko imela vpliv na njeno številčnost znotraj populacije. Ker lahko predstavlja plenilca ali tekmeca za hrano tudi drugim vodnim organizmom, se zadnja leta vse bolj uvaja sistem vlaganja sterilnih osebkov tik pred ribolovno sezono, oz. t.i. »za pod trnek«.

Resen problem pa ne predstavljajo zgolj dolgotrajna vlaganja pač pa tudi enkratni vnosi tujerodnih vrst rib v nova okolja. Takšen primer je vnos jezerske zlatovščice (*Salvelinus umbla*; pred časom poimenovana kot *Salvelinus alpinus*) in pisanca (*Phoxinus phoxinus*) v nekatera Triglavska jezera (Brancelj 2002). Prinesene ribe so se uspešno razmnožile, kar je povzročilo upad velikih vrst zooplanktona in bentoških nevretenčarjev, kar je vodilo v povečano razrast alg (Brancelj 1999). Kaskadni vpliv rib na alge preko plenjenja zooplanktona je že dolgo poznan (Brooks in Dodson

1965) in je poleg antropogenih vnosov hranil (npr. slabo delujoče čistilne naprave koč) razlog za poslabšanje kvalitete vode in izgleda nekaterih pogosto obiskanih Triglavskih jezer. Npr. velike zaplate nitastih alg Dvojnega jezera zelo jasno nakazujejo na porušeno ravnovesje tega vodnega ekosistema. Vnos tujerodnih vrst pa je največkrat ireverzibilen proces, saj je njihova popolna odstranitev večinoma nemogoča. Zato tudi ni jasno, ali bodo tekom projekta Vrh Julijcev kljub velikim naporom in finančnim vložkom dokončno odstranili invazivne ribe iz Dvojnega jezera.



Slika 1 Dvojno jezero; poskusi odstranjevanja rib s kogoli, med tem ko nitaste alge preraščajo jezero (foto: Žiga Ogorelec)

Še večji vpliv na vodne ekosisteme pa lahko imajo krapi (*Cyprinus carpio*), ki se redno vlagajo v številna jezera. Poleg prehranjevanja z zooplanktonom v zgodnejših fazah razvoja, se odrasli osebki hranijo z vodnim rastlinjem in predvsem vodnimi nevretenčarji, ki jih izkopavajo iz sedimenta. S svojo aktivnostjo na več načinov pospešujejo rast alg: zmanjšujejo njihovo plenjenje s strani zooplanktona, zmanjšujejo kompeticijo vodnih rastlin za svetlobo in hranila ter povečujejo dostopnost hranil, saj s kaljenjem iz sedimenta nazaj v vodni stolpec sproščajo že usedene dušikove, fosforjeve in druge spojine. Velike koncentracije vloženih krapov zato pogosto vidno povečajo motnost vode, povečajo trofičnost jezera in poslabšajo življenjske pogoje ostalim vrstam rib in številnim drugim organizmom (Cook et al. 2005). Izvorno krap izhaja iz Kaspijskega, Aralskega in Črno-morskega povodja, se je pa že za časa srednjega veka vnašal v številne ribnike za namene prehrane ljudi (Kottelat in Freyhof 2007). V Sloveniji je zato že dolgo prisoten, ne moremo pa govoriti o domorodni vrsti v pravem pomenu (Slika 2).



Slika 2: Območje krapa kjer je bil naravno prisoten (rdeče) in območje kamor je bil prinesen (zeleno). Slika modificirana po Kottelat in Freyhof (2007).

Vlaganje v komercialne ribnike se izvaja za namene prehrane in predvsem športnega ribolova, bolj sporno pa je njegovo vlaganje v naravna jezera znotraj zaščitenih območij. Npr. v Cerkniško jezero se krapi v manjšem obsegu že dolgo vlagajo in njihova številčnost je večinoma ostajala majhna. Npr. leto 2020 pa je imelo visoke pozno spomladanske vode, kar je idealno za drst krapa. V začetku poletja 2021 mladi krapi na območju Zadnjega Kraja že dosegli masovno dominanco nad ostalimi ribami, a je nato njihova populacija močno upadla zaradi presihanja jezera (osebna opazovanja), zato njihova nadaljnja dinamika ni jasna.

Vsekakor pa v Cerkniškem jezeru že zdaj prevladujejo invazivne vrst rib. Čeprav sta rdečeperka (*Scardinius erythrophthalmus*) in ostriž (*Perca fluviatilis*) avtohtoni vrsti rib za Slovenijo, ju za časa Valvasorja v tem jezeru še ni bilo. Po principu »stock and see« so rdečeperko kot dodatni plen ščuki (*Esox lucius*) leta 1969 vložili v pritok Cerkniškega jezera, a so že po nekaj letih opazili, da se nenadzorovano širi, hkrati pa je njen učinek na populacijo ščuk vse prej kot pozitiven (Vovk 1978). Leta 1995 je v bil v jezeru opažen tudi ostriž, ni pa znano ali je bil zanešen namenoma ali po pomoti npr. z mladicami drugih rib. Obe vrsti sedaj dominirata v jezeru tako po številu kot po biomasi, medtem ko je delež ščuke bistveno manjši kot je bil nekoč (Ogorelec 2014).

Tabela 1: Primerjava deležev rib kmalu po vnosu rdečeperk v jezero in nekaj desetletji kasneje (tabela je narejena na podlagi podatkov (Ogorelec 2014)).

	Primerjava deležev rib	Ihtiološke raziskave 1968 – 1973 (Vovk, 1978)	Raziskava poletje 2013 (Ogorelec, 2014)
1	Ščuka	40,4 %	2,0%
2	Linj	21,8%	<1%
3	Klen	15,2%	/
4	Menek	8,0%	<1%
5	Rdečeperka	7,2%	42,6%
6	Kapelj	6,8%	/
7	Pisanec	0,6%	/
8	Ostriž	/	55,4%
9	Krap	/	<1%

Kljub vsemu pa je Cerkniško jezero relativno dobro ohranjeno v primerjavi z drugimi vodnimi telesi, kjer so ribiške družine želele ponuditi svojim članom in gostom čim več ribolovno zanimivih vrst rib. Tako ima zdaj že skoraj vsak malo večji ribnik celo paleto vnesenih, večinoma tujerodnih rib; od krapov, ploščičev (*Abramis brama*), amurjev (*Ctenopharyngodon idella*), sivih (*Hypophthalmichthys nobilis*) in srebrnih tolstolobikov (*Hypophthalmichthys molitrix*) pa do roparic kot so bolen (*Aspius aspius*), ščuka, smuč (Sander lucioperca) in som (*Silurus glanis*) ter seveda mnogih drugih. S prenosi rib med ribniki pa se med ciljnimi vrstami pogosto znajdejo tudi druge, tudi za ribiče trdovratne vrste kot so npr. rjavi somič (*Ameiurus nebolosus*), črni somič (*Ameiurus melas*), srebrni koreselj (*Carrassius gibelio*), psevdorazbora (*Pseudorasbora parva*) in sončni ostriž (*Lepomis gibbosus*). Slednjega najdemo v severozahodni Sloveniji že praktično v vsaki gramoznici, prisoten pa je tudi v Bohinjskem jezeru, kar posledično pomeni potencialno pojavljanje v celotnem porečju Save. Te vrste se hranijo z ikrami in mladicami drugih rib, zato lahko povsem izrinejo nekatere druge vrste. Posledično je močno ogrožena redka vrsta velika senčica (*Umbra krameri*), ki se pojavlja le v redkih mrtvicah, kjer sončnih ostrižev še ni prisotnih.

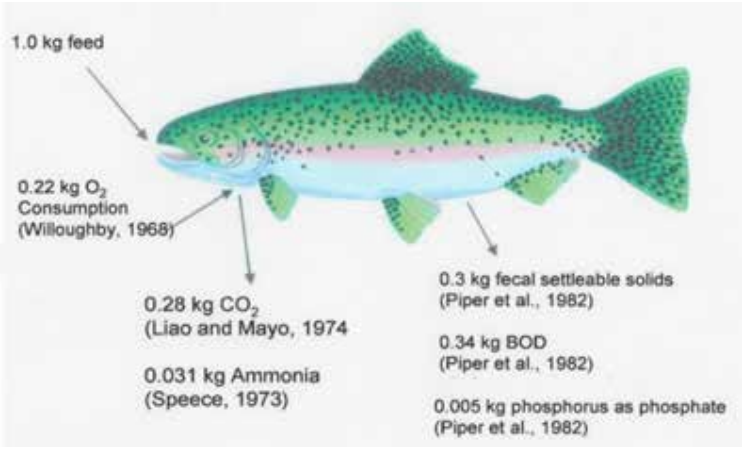
Nenamerni vnosi se ne dogajajo zgolj z vlaganjem drugje vzgojenih rib, pač pa tudi z zakonom določenimi interventnimi odlovi, kadar določena vodna telesa presihajo, se na njih izvaja gradbena dela ali podobno. Po zakonu je sicer potrebno vsako tujerodno vrsto usmrtiti, v praksi pa to ni vedno mogoče, saj so količine rib ogromne, hitro določevanje (še posebno majhnih osebkov) pa zahtevno, poleg tega pa so možni prenosi iker in ličink rib z vodo, vodnim rastlinjem in sedimentom. Odlovljene ribe, občasno pa tudi rake in školjke se prenese v »najbližji primerni vodotok«, čeprav ni čisto jasno kaj to pomeni. Potreben je razmislek, ali ne bi bilo bolje pustiti organizmov, da poginejo, če prenos ni mogoč v isti vodotok, pač pa jih je potrebno prestaviti v novo vodno telo. Mogoče to zveni ne-humano, vendar lahko prenos napačnih vrst pomeni veliko večjo ekološko katastrofo. Sprememba mentalitete pa je še bolj pomembna pri posameznikih. Npr. pri ribičih, ki se samoiniciativno odločijo naseliti novo vrsto v vodno telo. Podobno velja tudi za akvariste, ki svoje eksotične ljubljenčke izpustijo v lokalna vodna telesa po tem ko se jih naveličajo in so na ta način povzročili že veliko škode domorodnim vrstam.

Prenosi organizmov so žal pogosto povezani tudi z vnosom novih patogenov; od virusov, bakterij, plesni pa do večjih zajedavcev. Virusna hemoragična septikemija, herpes virusi krapov, bakterijski nefritis, eritrodermatitis krapov, saprolegnioza in mnoge druge bolezni tako prenašajo med vodnimi telesi. Tudi manipulacije gojitvenih voda so poleg drugih težav (spremenjena starostna in vrstna sestava teh vodotokov) lahko vir bolezni. Bolezni pa ne prizadenejo zgolj rib, ampak tudi druge organizme. Najbolj znana je račja kuga, ki že od 19. stoletja kosi rake po naših vodotokih. Smrtnost domorodnih rakov je praktično 100%, zato je kakršne koli prenose organizmov potrebno jemati zelo resno. Tujerodni raki kot je npr. signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*) so na kugo odporni, so pa prenašalci te bolezni. Zato so v Dravi in Muri ter večini njenih pritokov izrinili že vse domorodne rake. Med školjkami sta se potujoča trikotničarka (*Dreissena polymorpha*) in kitajska brezzobka

(*Sinanodonta woodiana*) uspeli razširiti v mnoga vodna telesa, njun prenos pa je možen že s slabo opranimi in posušenimi čolni ali ribiško opremo. Invazivne vrste pa so pogoste tudi pri drugih vodnih nevretenčarjih in vodnem rastlinju, a ostanejo prikrite očem večini opazovalcev, čeprav imajo lahko velik vpliv na kvaliteto vode, domorodne vrste in celotni ekosistem.

2. Negativni vplivi ribogojstva

Ob vseh naštetih negativnih vplivih napačnega športno-ribolovnega upravljanja se zdi vpliv ribogojstva neprimerljivo manjši, pa še vseeno niti slučajno ni zanemarljiv. Ribogojstvo je prav tako lahko vir invazivnih vrst in bolezni. Zaradi gojitve posamezne vrste je ta nevarnost za okolje sicer manjša, poleg tega pa se lahko dodatno zmanjša z varovalnimi pristopi kot je primerna izbira gojitvenih vrst in pravilna umestitev v prostor. V Sloveniji se v celinskih vodah goji predvsem krape in šarenke. Pri prvem je glavni problem sprememba habitata. Pri uporabi že obstoječih objektov (npr. jezer ali ribnikov) ali gradnji novih je potrebno paziti na potencialni odvzem življenjskega prostora drugim vrstam. Pri gojenju postrvi pa predstavlja največji problem obremenitev okolja z organskimi odpadki, saj je v gojitvene bazene potrebno redno vnašati večje količine krme, ki je večinoma živalskega izvora. Ker so bazeni prosto pretočni jih ta krma zapusti v obliki ribjih iztrebkov, drugih izločkov ali ne-konzumirane hrane. Posledično povečana organska obremenitev vodotoka dol vodno od ribogojnice lahko vodi v bolj motno vodo, pomanjkanje kisika, povečano trofičnost in spremenjeno vrstno sestavo biološke združbe (Varol and Balcı 2020, Muhammetoglu et al. 2022).



Slika 3: Pri hranjenju rib nastajajo različne snovi, ki se sproščajo v okolje. Slika modificirana po Weeks (2014)

Vseeno pa je v prihodnosti za pričakovati porast akvakulture in posledično iskanje rešitev za zmanjšanje njenega obremenjevanja okolja. Svetovna morja so namreč že pretirano izlovljena in ribolov ne more več slediti potrebam rastočega prebivalstva. V svetu je zato gojenje rib in drugih vodnih organizmov v strmem porastu, še posebno v Aziji. Akvakultura ima v primerjavi z gojenjem drugih domačih živali

(kopenskim vretenčarjev) veliko boljše izkoristke glede prostora in krme, zato je njen vpliv na okolje manjši kot proizvodnja drugega mesa. Povečanje trajnostne akvakulture je v strateških smernicah Evropske unije, ki čedalje več denarja namenja za njeno spodbujanje in raziskave. Načinov zmanjšanja vpliva na okolje je veliko, uvaja se lahko: re-cirkulacijske bazene z mikrobiološkimi filtri, rastlinojede namesto mesojedih rib, krmo z več rastlinskimi proteini, organizme nižjih trofičnih nivojev (alge), organizme, ki jih ni potrebno krmiti (školjke), polikulture (sobivanje več organizmov) in integrirane multitrofične akvakulture (kombiniranje organizmov različnih trofičnih nivojev, da se doseže čim večji izkoristek krme in prostora; Granada et al. 2016). Tovrstni pristopi bistveno zmanjšajo vnos hranil v okolje in s tem pritiske na vodne organizme in ekosisteme kot celoto.

3. Zaključki

Tako kot številne druge antropogene aktivnosti ima tudi ribištvo lahko negativne posledice za okolje. Žal so vodni ekosistemi bolj občutljivi kot kopenski tako na invazivne vrste kot tudi na onesnaženje. Zato se je v ribištvu z uvajanjem novih vrst rib povzročilo veliko večjo ekološko škodo kot npr. v lovstvu z uvajanjem novih lovnih vrst (damjakov, muflonov, itd.) v stabilne gozdne ekosisteme. Nadaljnja praksa vlaganja tujerodnih vrst rib v vodna telesa je vprašljiva, saj se ob tem lahko zanesejo tudi ne tarčne invazivne vrste in bolezni, ki močno vplivajo na vodne ekosisteme. V prihodnosti je pričakovati preusmeritev na poribljavanje s sterilnimi osebki (za pod trnek), na manj intenzivno lovnih mestih pa prepustitev naravnemu prirastu avtohtonih rib. Mogoče bo zato manj športno najbolj zanimivih vrst, a bo zato večja pestrost domorodnih rib, ki bodo prišle pod trnek oz. na krožnik. Spremembe lahko pričakujemo tudi v ribogojstvu. Kljub temu, da je akvakultura v primerjavi s tradicionalno pridelavo mesa bolj prostorsko in energetsko-snovno učinkovita, pa še vedno močno bremeni vodotoke z organskim onesnaževanjem. Zato mora biti večji poudarek na uporabi trajnostne akvakulture, ki uvaja mnoge sonaravne in tehnične rešitve za zmanjšanje pritiskov na okolje.

4. Viri

[1] BAIN, M. B., 1993. Assessing impacts of introduced aquatic species: Grass carp in large systems. Environmental Management 17 (2), 211–224

[2] BRANCELJ A., 2002. High-mountain Lakes in the Eastern Part of the Julian Alps. Ljubljana: ZRC SAZU.

[3] BRANCELJ A., 1999. The extinction of *Arctodiaptomus alpinus* (Copepoda) following the introduction of charr into a small alpine lake Dvojno Jezero (NW Slovenia). Aquatic Ecology 33 (4), 355–361.

[4] BROOKS J. L. AND DODSON S. I., 1965. Predation, body size, and composition of plankton. Science 150 (3692) 28–35.

[5] COOK G. D., WELCH B. E., SPENCER A. P. AND NICHOLS A. S., 2005. Restoration and Management of Lakes and Reservoirs. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press

[6] CRIVELLI A., BERREBI P., JESENSEK D. AND RUBIN J. F., 2000. The rehabilitation of the marble trout, *Salmo marmoratus* in the upper Soca River basin, Slovenia. Quaderni ETP 29 (January), 39–44.

[7] GRANADA L., SOUSA N., LOPES S. AND LEMOS M. F. L., 2016. Is integrated multitrophic aquaculture the solution to the sectors' major challenges? – a review. Reviews in Aquaculture 8 (3), 283–300.

[8] KOTTELAT M. AND FREYHOF J. J., 2007. Handbook of European freshwater fishes. Cornol: Publications Kottelat.

[9] MUHAMMETOGLU A., KOCER M. A. T. AND DURMAZ S., 2022. Evaluation of different management scenarios for trout farm effluents using dynamic water quality modeling. Environmental Monitoring and Assessment Springer International Publishing, 194 (4).

[10] OGORELEC Ž., 2014. Eksplozija rdečeperk in ostrižev v Cerkniškem jezeru. Ribič 86–87.

[11] OGORELEC Ž., 2015. Ekologija rib reke idrijce. University of Ljubljana.

[12] VAROL M. AND BALCI M., 2020. Characteristics of effluents from trout farms and their impact on water quality and benthic algal assemblages of the receiving stream. Environmental Pollution 266.

[13] VINCENZI S., CRIVELLI A. J., JESENSEK D., ROSSI G. AND DE LEO G. A., 2011. Innocent until proven guilty? Stable coexistence of alien rainbow trout and native marble trout in a Slovenian stream. Naturwissenschaften 98 (1), 57–66.

[14] VOVK J., 1978. Ihtiološke raziskave Cerkniškega jezera. In: Acta Carsologica. Ljubljana: Biblioteka SAZU

[15] WEEKS C., 2014. Designing a Flow Through Raceway System for Salmonids - Westers ' Design. 2014.



CELOVITE REŠITVE, INTERDISCIPLINARNOST IN SODELOVANJE V MEDNARODNEM PROSTORU

SKUPNO HIDROGEOGRAFSKO TERENSKO DELO ŠTUDENTOV GEOGRAFIJE TREH UNIVERZ

dr. PETER FRANTAR[1], MAG. FLORJANA ULAGA[1], ANDREJ DRAKSLER[2], MARJAN JARNJAK[3], dr. VALENTINA BREČKO GRUBAR[4], dr. GREGOR KOVAČIČ[4], dr. TAJAN TROBEC[5], ddr. ANA VOVK[6], DANIJEL DAVIDOVIČ[6]

[1]Agencija RS za okolje, KHG pri ZGS
[2]TC Vode, KHG pri ZGS
[3]Statistični urad RS, KHG pri ZGS
[4]Oddelek za geografijo, Fakulteta za humanistične študije UP, KHG pri ZGS
[5]Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta UL, KHG pri ZGS
[6]Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta UM, KHG pri ZGS

POVZETEK

Komisija za hidrogeografijo pri Zvezi geografov Slovenije in geografski oddelki treh slovenskih univerz od leta 2016 izvajamo skupno terensko delo. Priprava načrta in organizacija sta vsako leto zaupana drugi instituciji in terensko delo je izvedeno na različnih lokacijah, skupno pa je spoznavanje voda. Pomemben cilj je medsebojno spoznavanje in povezovanje študentov geografije, izmenjava informacij o študijskih programih, hkrati pa se študenti seznanijo z različnimi hidrogeografskimi vsebinami. Vedno je vključena predstavitev merilnih mest ter metod merjenja na državni hidrološki merilni mreži, kar izvajamo v sodelovanju z Agencijo RS za okolje. V prispevku predstavljamo lokacije in obravnavane hidrogeografske problematike dosedanjega terenskega dela ter cilje za nadaljnje aktivnosti.

Ključne besede: hidrogeografija, terensko delo, ozaveščanje, izobraževanje

1. Uvod

Skupno terensko delo študentov geografije treh slovenskih univerz; Univerze v Ljubljani, Univerze v Mariboru in Univerze na Primorskem, potekajo na pobudo Komisije za hidrogeografijo (v nadaljevanju KHG) pri Zvezi geografov Slovenije od leta 2016. Izbrane so bile kot najprimernejša oblika dodatnega izobraževanja in povezovanja študentov, učiteljev ter strokovnjakov.

Terensko delo izvedemo enkrat letno v času okoli Svetovnega dne voda (22. marec) in zaradi potrebnega prilagajanja termin določimo že v začetku študijskega leta. Lokacija se spreminja, saj je vsako leto za izvedbo zadolžen drug organizator, ki

izbere območje in lokacije terenskih predstavitev. Osrednji cilj terenskega dela je geografsko spoznavanje lastnosti površinskih in podzemnih voda ter z vodami povezanih dejavnosti, npr. oskrba s pitno vodo, zaščita vodnih virov, odvajanje odpadnih voda, poplavna ogroženost itd. Za študente je zelo zanimiva predstavitev hidrometrije in vodomernih postaj Agencije RS za okolje (v nadaljevanju ARSO). Ob izvajanju terenskega dela poskušamo zagotoviti tudi sodelovanje krajevnih institucij, ki vodne vire izkoriščajo ter z vodami ali vodnimi okolji upravljajo. S terenskim delom smo povezali tudi drugo aktivnost sodelovanja med univerzami in KHG, to je nameščanje oznak zabeleženih visokih voda.

2. Terensko delo v letu 2016

V letu 2016 smo v organizaciji KHG skupno terensko delo izvedli na Ljubljanskem barju. Na merilnem mestu za podzemne vode na Iškem vršaju smo spoznali zgradbo vodonosnika in lastnosti podtalnice, ogledali smo si vodomerno postajo na Iški v Iški vasi in nato izvire podtalnice na stiku Iškega vršaja z neprepustno barjansko ilovico, imenovane barjanska okna. S predstavitvami hidroloških lastnosti Ljubljanice in poplav na Ljubljanskem barju so sodelovali tudi študenti. Za zaključek smo se z ladjico odpeljali po Ljubljanici od Lip do Livad, kjer smo namestili oznako najvišje poplavne vode Ljubljanice (Slika 1).



Slika 1 V letu 2016 smo ob zaključku skupnega terenskega dela namestili oznako najvišje visoke vode Ljubljanice (foto: Arhiv KHG)

3. Terensko delo v letu 2017

V letu 2017 je organizacijo terenskega dela prevzel Oddelek za geografijo Fakultete za humanistične študije Univerze na Primorskem. Izpeljali smo ga v Mestni občini Koper. Ogledali smo si zajetje na izviru Rižane in črpališče, kjer upravljavec Rižanski vodovod pridobiva surovo vodo (Slika 2) in nato še prvo sodobno čistilno napravo z ultra filtracijo v Sloveniji, ki omogoča oskrbo z neoporečno pitno vodo v slovenski Istri. Na vodomerni postaji Dekani na Rižani nam je ekipa ARSO pokazala izvajanje meritev na slovenskih rekah, izmerili so pretok in preverili ustreznost pretočne krivulje. Na sprehodu po Naravnem rezervatu Škocjanski zatok smo spoznali upravljanje z vodo, ki je potrebno za ohranitev biotsko raznovrstnega sladkovodnega in brakičnega življenjskega okolja, terensko delo pa smo zaključili pri mareografski postaji Koper.



Slika 2 V letu 2017 smo si s strokovnim vodenjem ogledali zajetje na izviru Rižane (foto: A. Draksler)

4. Terensko delo v letu 2018

V letu **2018** je skupno terensko delo potekalo v porečju Dravinje, v organizaciji Oddelka za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Mariboru (Slika 3). V Razvojnem centru narave v Poljčanah smo spoznali prizadevanja za trajnostno upravljanje z Dravinjo in njenim obvodnim prostorom. Ogledali smo si vodomerno postajo Makole na Dravinji, kjer poteka sodobno radarsko merjenje pretoka, študenti so vzorčili vodo za analizo suspendiranih snovi v vodi, spoznali hudourniški značaj, poplave in regulacijske ureditve Dravinje, na bližnji učni poti pa smo določili lokacijo za postavitev oznake visokih voda. Naša naslednja točka

ogleda je bil nekdanji samostan Studenice, kjer je v neposredni bližini tudi kraški izvir. Upravljavec vodovoda s Komunale Rogaška Slatina nam je pojasnil dinamiko in lastnosti podzemnega toka z območja Boča, ogledali pa smo si tudi vodarno. Terensko delo smo zaključili z ogledom in predstavitvijo rastlinske čistilne naprave Podboč. Študenti so spoznali prednosti takšnega načina čiščenja odpadnih voda in sami ocenili učinkovitost s primerjavo vode na dotoku in iztoku iz čistilne naprave.



Slika 3 *Ogled učne poti ob Dravinji in določitev lokacije postavitve oznake visokih voda leta 2018 (foto: A. Draksler)*

5. Terensko delo v letu 2018

Leta 2019 smo terensko delo izvedli v organizaciji Oddelka za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Z ekipo ARSO smo se srečali na vodomerni postaji Šentjakob na Savi, ker smo si ogledali potek meritev pretoka in spoznali spremembe njenih pretočnih značilnosti (Slika 4). Sledil je obisk Javnega podjetja Vodovod-Kanalizacija-Snaga Ljubljana, kjer so nam predstavili sistem oskrbe s pitno vodo, sistem odvajanja odpadnih voda in zgradbo vodonosnika Ljubljanskega polja, ogledali smo si nadzorni center vodovodnega sistema v Klečah in enega od vodnjakov v neposredni bližini. Na komunalni čistilni napravi v Črnučah smo si ogledali postopek čiščenja komunalne odpadne vode na napravi manjših zmogljivosti, ki se nahaja v neposredni bližini stanovanjskih objektov. Pri premikanju po Ljubljanskem polju so študenti opazovali rabo zemljišč na vodovarstvenem območju črpališča v Klečah, pot k zadnji točki ogleda v Medvodah pa nas je vodila še čez severozahodni del polja. Za zaključek smo obiskali hidroelektrarno Medvode, kjer so nam izčrpno predstavili problematiko porabe in proizvodnje električne energije v Sloveniji,

nezadostno izrabo obnovljivih virov in delež energije, ki ga prispevajo hidroelektrarne na Savi, spustili smo se do nivoja turbine in se vzpeli na jez.



Slika 4 Terensko delo v letu 2019 je vključevalo opazovanje meritve pretoka Save pri Šentjakobu, ki so jo opravili sodelavci ARSO (foto: P. Frantar)

6. Terensko delo v letu 2022

V letih 2020 in 2021 terenskega dela nismo izvedli zaradi ukrepov povezanih s covid-19.

Komisija za hidrogeografijo je v letu 2022 organizirala izvedbo terenskega dela na območju Krško-Brežiškega polja. V sodelovanju z ARSO smo si ogledali meritev pretoka na Savi pri Čatežu, predstavljena je bila vodomerna postaja in njeno delovanje ter pomen za državne hidrološke analize (Slika 5). S pomočjo družbe Hidroelektrarne na spodnji Savi (HESS) smo izvedli ogled pregradnega objekta, generatorjev in turbin, predstavljen pa je bil tudi celoten projekt zajezbe za HE Brežice, od jezovne zgradbe, samega zajezitvenega jezera, drenaž ter vpliva na podzemno vodo in širše okolje. Na Krškem polju smo si ogledali vodomerno postajo za podzemne vode na lokaciji Žadovinek. Predstavljeno je bilo spremljanje količinskega stanja podzemnih voda na aluvialnih vodonosnikih in dvig gladine podzemne vode zaradi HE Brežice. S sodelovanjem študentov pa smo izvedli meritve na sami vrtini. V okviru akcije nameščanja oznak visokih voda smo v sodelovanju z Mestnim muzejem Krško in občino Krško predstavili oznako visoke vode Save v Krškem, ki je bila postavljena na Dan Save leta 2020.



Slika 5 Ogled vodomerne postaje Čatež na Savi v letu 2022 (foto: P. Frantar)

7. Terensko delo v letu 2023

V letu 2023 smo terensko delo po predlogu Oddelka za geografijo Fakultete za humanistične študije Univerze na Primorskem namenili spoznavanju slovenskega morja. Obiskali smo Krajinski park Strunjan, kjer nam je sodelavec Zavoda za varstvo kulturne dediščine Slovenije, območne enote Piran predstavil zgodovino in postopke pridelave soli. Na poti od Stjuže do klifa v Mesečevem zalivu smo predstavili geološko zgradbo, geomorfne procese ter lastnosti nizke in visoke obale (Slika 6). Terensko delo smo nadaljevali v Piranu z obiskom Akvarija Piran, s katerim upravlja Univerza na Primorskem, kjer so nam z vodenim ogledom predstavili življenje v slovenskem morju. Na fasadi stavbe Akvarija Piran je nameščena oznaka najvišje gladine morja, kjer smo študente opozorili na pomen ozaveščanja o poplavah. Za zaključek smo pri merilni lati za spremljanje višine morja pojasnili plimovanje in vpliv podnebnih sprememb na dvigajočo morsko gladino ter na piranski Punti globino in druge posebnosti slovenskega morja.



Slika 6 Udeleženci skupnega terenskega dela v letu 2023 na lokaciji za orientacijo nad Mesečevim zalivom (foto: F. Ulaga)

8. Zaključki

S skupnim terenskim delom imamo do sedaj zelo dobre izkušnje. Organizacija je sicer zahtevna in terja mnogo usklajevanja, omogoča pa veliko bolj izčrpno, poglobljeno in zanimivo spoznavanje hidrogeografskih lastnosti v pokrajini na konkretnih primerih. Vsakokratni koordinator namreč pripravi izbor lokacij ogledov, predstavitev in/ali terenskih predavanj na osnovi lastnega strokovnega poznavanja območja in v aktivnosti vključi tudi lokalne deležnike, strokovnjake, upravljavce, koncesionarje in druge.

Po odzivih študentov ter učiteljev se je tako izvajano terensko delo izkazale kot pozitivna izkušnja, zato jih bomo pod okriljem Komisije za hidrogeografijo pri Zvezi geografov Slovenije koordinirali tudi v prihodnje.

9. Viri

[1] Brečko Grubar, V., 2019. Skupno hidrogeografsko terensko delo študentov treh geografskih oddelkov. Geografski obzornik 66(1), 31–33.

[2] FB KHG – Komisija za hidrogeografijo, 2023: Facebook objave na internetni strani. Dostopno na: https://www.facebook.com/hidrogeografija [dostop 15. maj 2023].

HIDROGEOGRAFIJA V GEOGRAFSKEM IZOBRAŽEVANJU V SLOVENIJI

doc. dr. BORUT STOJILKOVIĆ

Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani

POVZETEK

Hidrogeografija je kot ena temeljnih geografskih smeri vključena tako v obče kot tudi v regionalnogeografske vsebine po celotni vertikali izobraževanja, vsebine o vodah pa se pojavljajo tudi pri drugih – predvsem naravoslovnih – predmetih. Namen pričujočega prispevka je preučiti, kje in v kolikšni meri se hidrogeografske vsebine pojavljajo na posamezni stopnji izobraževanja, na kaj se osredotočajo in kako se nadgrajujejo. Rezultati kažejo, da je glavnina vsebin v osnovni šoli skoncentrirana pri predmetih Spoznavanje okolja, Naravoslovje in tehnika ter regionalnogeografskih pregledih posameznih regij (svetovnih, evropskih in v Sloveniji) pri predmetu geografija, v splošnih gimnazijah v prvem letniku pri sistematični obravnavi občih značilnosti hidrogeografije in v višjih letnikih ponovno pri regionalnogeografski obravnavi regij, na univerzitetni ravni pa eksplicitno pri predmetih o hidrogeografiji in pa mestoma tudi pri drugih predmetih. Ugotovitve kažejo, da so omenjene vsebine ena od fundamentalnih prvih prepoznavanja, ločevanja in interpretacije pokrajine. Prav tako ugotovitve kažejo, da so tovrstne raziskave izjemnega pomena pred prihajajočo kurikularno prenovo, saj je potrebno vzpostaviti jasne vertikalne povezave in nadgradnje znotraj posameznih konceptov.

Ključne besede:

hidrogeografija, voda, učni načrt, izobraževanje, didaktika geografije

1. Uvod

Učne vsebine o vodah so sestavni del geografskega izobraževanja tekom celotne vertikale od predšolske vzgoje preko osnovne in srednje šole do študija geografije. Prav tako se bodisi ekscplicitno bodisi integrirano z drugimi vsebinami pojavljajo tudi pri drugih predmetih in ne le pri geografiji (tj. pri fiziki, biologiji itd.). Hidrogeografske vsebine pa so sistematično naslovljene in nadgrajevane pri predmetih, ki se osredotočajo na geografijo. Obravnava voda pri pouku je podkrepljena tudi s terenskim delom, ki je opredeljen v kurikularnih dokumentih. Učitelji lahko o posameznih učnih ciljih poučujejo tako kabinetno, lahko pa tekom terenskega dela ali strokovnih ekskurzij.

Pričujoč prispevek obravnava hidrogeografske vsebine na različnih stopnjah geografskega izobraževanja od primarne do terciarne ravni. Njegova cilja sta:

(i) pregledali umeščenost in količino vsebin o hidrogeografiji v trenutno veljavnih kurikularnih dokumentih za geografijo in

(ii) analizirati morebitno nadgrajevanje hidrogeografskih vsebin po izobraževalni vertikali.

2. Materiali in metode

Kurikularni dokumenti, ki smo jih pregledali za dosego prvega cilja so učni načrti za predmete, kjer je geografija sestavni ali temeljni del predmeta. To so učni načrti za Spoznavanje okolja (Kolar in ostali 2011) za prvo vzgojno-izobraževalno obdobje, Naravoslovje in tehnika (Vodopivec in ostali 2011) za četrti in peti razred, Naravoslovje (Skvarč in ostali 2011) za šesti in sedmi razred, Geografija (Kolnik in ostali 2011) za šesti razred in tretje vzgojno-izobraževalno obdobje ter Geografija (Polšak in ostali 2008) za splošne gimnazije. Za terciarno raven so bile pregledane spletne strani in predstavitveni zborniki oddelkov za geografijo Univerz v Ljubljani, Mariboru in na Primorskem (Fakulteta za humanistične študije 2023; Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani 2023; Filozofska fakulteta Univerze v Mariboru 2023). Uporabili smo metodo analize besedil (Vogrinc 2008).

3. Rezultati

Pri predmetu Spoznavanje okolja (Kolar in ostali 2011) v prvem vzgojno-izobraževalnem obdobju se učenci pri sklopu Prostor učijo o oceanih in širijo spoznanja o drugačnih pokrajinah; že v prvem razredu se učenci učijo o lastnostih trdih snovi in tekočin ter spreminjanju oblik snovi, v drugem o spreminjanju lastnosti snovi, v tretjem o temperaturi itd.; učijo se o živih bitjih in različnih življenjskih okoljih; pri sklopu Okoljska vzgoja pa se dotaknejo varovanja (tudi vodnega) okolja, onesnaževanja in preprečevanja tovrstnega početja. Pri usvajanju teh vsebin na različnih taksonomskih ravneh razvijajo tudi različne zmožnosti: opazovanje (opazovano narišejo ali napošeno, primerjajo, štejejo), razvrščanje z vključenimi zemljevidi in prikazi, urejanje, preverjanje, eksperimentiranje, analiziranje podatkov sklepanje (z diagrami, zemljevidi, načrti ter drugimi prikazi).

Naravoslovje in tehnika (Vodopivec in ostali 2011) za četrti in peti razred prav tako vključuje hidrogeografske vsebine. Poleg drugih, vezanih na različne spektre abiotskega in biotskega okolja, se vsebine o vodi vključuje v tematike o trdnih snoveh, kapljevinah in plinih v četrtem razredu, in o gostoti snovi, ohranjanju mase pri raztapljanju snovi, spremembah agregatnega stanja, kroženju vode, onesnaževanju in čiščenju voda, ter površinskih vodah in podtalnici. Specifični operativni cilji so tako (Vodopivec in ostali 2011):

- ugotoviti bistvene značilnosti prepustnih in neprepustnih snovi za vodo in zrak,
- opisati primere mešanja in ločevanja snovi v naravi,

- dokazati, da segrevanje in ohlajanje povzročata spremembe lastnosti snovi,
- utemeljiti, da gre v posodo tem več snovi, čim večjo prostornino ima posoda in čim bolj snov stlačimo ali zgostimo,
- dokazati, da se pri presipanju in prelivanju prostornina in masa snovi ohranjata ne glede na obliko posode,
- razložiti pojem gostote (snovi),
- poiskati različne načine, posode ali prostore za shranjevanje snovi v različnih agregatnih stanjih,
- opisati agregatna stanja vode in pojasniti njihove lastnosti,
- poiskati in opredeliti razlike med procesi zgoščevanja in izhlapevanja oz. izparevanja,
- razložiti procese, ki potekajo pri kroženju vode v naravi,
- ugotoviti razloge za stekanje tekoče vode proti morju,
- pojasniti razliko med površinskimi vodami in podtalnico,
- razložiti pomen podtalnice kot vira pitne vode,
- utemeljiti pomen vode za življenje in napovedati posledice omejenosti vodnih zalog,
- prepoznati in opisati onesnaževalce površinskih voda in podtalnice ter pojasniti posledice onesnaževanja,
- utemeljiti pomen varovanja vode,
- opredeliti pojme topilo, topljenec in raztopina,
- prikazati, da se v vodi lahko raztapljajo samo določene snovi, nekatere pa le v omejenih količinah.

Naravoslovje (Skvarč in ostali 2011) je obvezen predmet v šestem in sedmem razredu ter je predhodnik (fizične) geografije, biologije, kemije in fizike. Snovi, energija, živa narava in vplivi človeka na okolje so temeljni vsebinski sklopi tega predmeta. Vsebine o vodi in hidrogeografske vsebine se pojavljajo v vseh teh sklopih, eksplicitno pa so naslovljene predvsem v zadnjem sklopu, kjer učenci (Skvarč in ostali 2011):

- spoznajo, da se zaradi naravnih vzrokov (npr. poplave, vulkani) in človekovih dejavnosti lahko v vodi, zraku in tleh poveča vsebnost snovi (onesnaževalcev), ki škodljivo vplivajo na organizme in s tem rušijo naravno ravnovesje,
- spoznajo glavne vzroke onesnaževanja (površinskih voda, podtalnice, zraka in prsti), ključne onesnaževalce, posledice njihovega delovanja na organizme in okolje ter načine in ukrepe za zmanjševanje in preprečevanje onesnaževanja,

- spoznajo vplive različnih vrst prometa in komunikacij na okolje (onesnaževanje zraka, vode in prsti) in organizme (npr. hrup), ter ko obravnavajo raztopine in nežive dejavnike okolja (Skvarč in ostali 2011):
- spoznajo raztopine kot primere zmesi in razlikujejo med topilom in topljencem,
- spoznajo dejavnike, ki vplivajo na hitrost raztapljanja snovi,
- spoznajo pojma topnost snovi in nasičenost raztopine,
- razlikujejo med vrstami oziroma viri voda v naravi, glede na to, kaj je v njih raztopljeno (deževnica, studenčnica, podtalnica, morska voda, mineralna voda),
- razumejo pojem trdota vode in pomen mehčanja vode,
- razumejo povezavo med trdoto vode in penjenjem milnice,
- spoznajo, da neživi dejavniki okolja določajo bivalne razmere za živa bitja in vplivajo na njihov način življenja (na primer na vlažnih rastiščih uspevajo drugačne rastline kot v suhih),
- spoznajo, kako se je zaradi vpliva neživih dejavnikov spreminjala narava skozi dolga časovna obdobja (na primer oblikovanje zemeljskega površja),
- spoznajo, kako neživi dejavniki vplivajo na način življenja človeka (na primer bivališča, pridelava hrane).

Geografija se v osnovni šoli izvaja od šestega do devetega razreda. V šestem razredu učenci obravnavajo občegeografske vsebine, v višjih razredih pa je obravnava regionalnogeografska. V povezavi s hidrogeografijo v šestem razredu tako učenec (Kolnik in ostali 2011):

- uporablja različne načine zbiranja in prikazovanja geografskih informacij;
- se orientira na zemljevidu in giblje v pokrajini;
- spoznava osnovne zakonitosti in posledice oblike, položaja, zgradbe in gibanja Zemlje v vesolju;
- se usposablja za uporabo različnih vrst zemljevidov;
- spoznava celine in morja ter njihovo geografsko lego;
- razlikuje odgovorno in neodgovorno ravnanje s prostorom ter pridobiva izkušnje odgovornosti za prevzete obveznosti.

V višjih razredih pa je hidrogeografija vključena v regionalnogeografski perspektivi: v sedmem razredu pri obravnavi Evrope in Azije, v osmem pri obravnavi ostalih svetovnih megaregij, v devetem pa pri obravnavi Slovenije. Eksplicitni cilji, povezani s hidrogeografijo v učnem načrtu niso poimenovani, so pa te vsebine vedno vključene

v ciljih o opisovanju in primerjanju različnih regij z vidika naravnogegorafskih značilnosti (npr. za Evropo in Azijo: učenec primerja temeljne naravno- in družbenogeografske značilnosti Evrope in Azije). V sedmem razredu je specifičen poudarek namenjen Zalivskemu toku in Sredozemskemu morju, v osmem vlogi morij pri kolonizaciji, značilnostim rečnih omrežij in pomenu rek za življenje ter preskrbi z vodo, v devetem pa onesnaževanju vodnih virov v Sloveniji in naravnim nesrečam (Kolnik in ostali 2011).

V splošnih gimnazijah se hidrogeografske vsebine pojavljajo pri obravnavah vseh regij (tako evropskih kot svetovnih), eksplicitno pa je tej tematiki namenjen tematski sklop *Vodovje* v prvem letniku. Sklop obsega sedem ciljev ter tri priporočene dejavnosti (Polšak in sod. 2008), kjer dijaki:

- spoznavajo sestavo hidrosfere in razvijajo predstavo o razmerjih različnih voda v njej;
- razvijajo znanja in sposobnosti za različno klasificiranje voda (glede na agregatno stanje, stoječe: tekoče vode, vode na kopnem, razvrščanje po kakovosti (po razredih od I do IV) …
- grafično prikažejo kroženje vode v naravi;
- pokažejo pomembnejše reke, jezera, morja in druge hidrološke pojave na zemljevidu sveta, posameznih celin in Slovenije;
- spoznajo porečje in njegove elemente, jih vrednotijo z okoljskega vidika in pomena za človeka;
- zbirajo podatke o okoljskih problemih stoječih in tekočih voda, prepoznavajo in vrednotijo podatke ter ugotavljajo odnose med pojavi;
- na podlagi meril, ki jih sami izberejo, vrednotijo pomen voda (rek, morij, jezer …) za človeka
- obiščejo čistilno napravo;
- fotografirajo vodotok od zgornjega do spodnjega toka;
- merijo lastnosti vodotoka, vodne struge in vode same.

Hidrogeografija se na vseh treh oddelkih za geografijo v Sloveniji predava v okviru samostojnih predmetov in integrirano v druge predmete. V študijskih programih Oddelka za geografijo Univerze na Primorskem so hidrogeografske vsebine poleg matematično-geografskih, geomorfoloških in klimatogeografskih zastopane pri predmetu Uvod v fizično geografijo, ki je skupno ovrednoten s 6 ECTS in se izvaja kot temeljni predmet v prvem letniku (tam denimo obravnavajo pretočne krivulje in pretočne režime); tretjem letniku je v enaki vrednosti ECTS predmet Hidrogeografija in geografija morij, kjer hidrogeografske vsebine poglobijo. Hidrogeografske vsebine so obsežneje vključene tudi pri notranjeizbirnem predmetu Geologija krasa ter kraške jame in vode (6 ECTS). Na drugi stopnji se obširneje s hidrogeografskimi vsebinami

ukvarjajo predmeti Trajnostno upravljanje z vodnimi viri, Hidrologija in ekologija krasa ter Sodobni geografski procesi v Sredozemlju (vsi po 6 ECTS) (Fakulteta za humanistične študije 2023). Na Oddelku za geografijo Univerze v Ljubljani se hidrogeografske vsebine poleg pedo- in biogeografskih obravnavajo pri predmetu Fizična geografija II (7 ECTS) in pri predmetu Hidrogeografija (5 ECTS) v drugem letniku. Prvi predmet se izvaja tako v enopredmetnem študijskem programu kot tudi v dvopredmetnem v prvem letniku, drugi pa le v enopredmetnem v drugem letniku (Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani 2023). Študentje geografije Univerze v Mariboru se s hidrogeografskimi vsebinami na prvi stopnji srečujejo pri predmetu Hidrogeografija (4 ECTS) in pri izbirnem predmetu Celostno upravljanje z vodnimi viri (3 ECTS) (Filozofska fakulteta Univerze v Mariboru 2023). Na drugi stopnji pa se izvaja predmet Ekoremediacije (4 ECTS) (Ibid.). Na vseh treh oddelkih pa se hidrogeografske vsebine smiselno vključujejo tudi v druge predmete, predvsem v okoljske in regionalno-geografske.

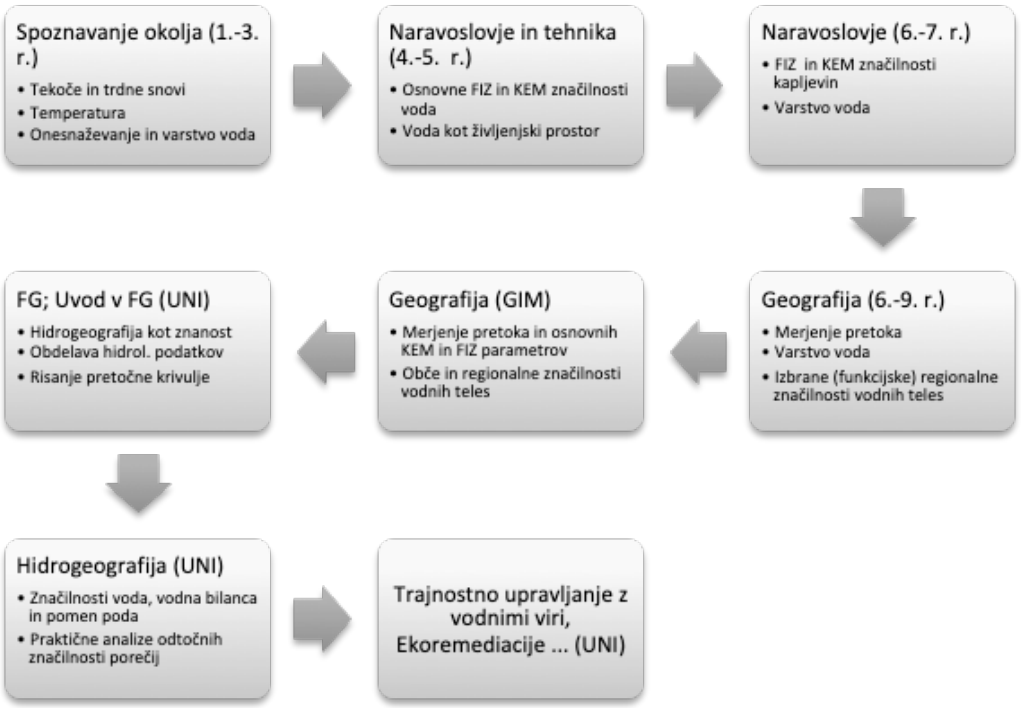
4. Analiza, diskusija in sklepi

Analiza kurikularnih dokumentov in spletnih strani univerzitetnih študijskih programov s področja geografije je pokazala, da so hidrogeografske vsebine integrali del celotne vertikale izobraževanja, pri čemer pa se fokus vsake starostne skupine spreminja.

Praviloma se vsebine nadgrajujejo, kar kažejo rezultati prvega in drugega vzgojno-izobraževalnega obdobja. Do prvega ponavljanja določenih vsebin (npr. zmesi) pride pri predmetih Naravoslovje in tehnika na razredni stopnji in Naravoslovje na predmetni stopnji. Konceptu občih vsebin sledi tudi Geografija v šestem razredu, v tretjem vzgojno-izobraževalnem obdobju pa se vidik obravnave iz splošnega spremeni na regionalnega. Vsebine o vodi so integrirane med druge regionalnogeografske vsebine, voda pa je vrednotena s funkcijskega vidika za človeka v preteklosti in sedanjosti, prav tako pa je poseben status namenjen onesnaževanju in varstvu vodnih virov.

Enako velja za splošno gimnazijsko izobraževanje, kjer je prvič koherentno in celostno tematiki o vodah posvečeno celotno poglavje, v višjih letnikih pa je obravnava zopet deljena na različne svetovne, evropske in slovenske pokrajine, kar smiselno postavlja vsebine iz prvega letnika v življenjski in realen kontekst.

Na univerzitetni ravni je na vseh treh oddelkih za geografijo predmetnik v dodiplomskih študijskih programih relativno sličen z vidika hidrogeografskih vsebin. Študentje jih usvajajo pri uvodih v (fizično) geografijo, predmetih poimenovanih Hidrogeografija, v višjih letnikih pa so nato od oddelka do oddelka vsebine še bolj specializirane, vezano tudi na kompetence in raziskovalne fokuse predavateljev ter potrebam določenih območij oz. regionalnim specifikam, kjer se oddelki nahajajo.



Slika 1 Vertikala hidrogeografskega izobraževanja s primeri nadgrajevanja vsebin

Sklenemo lahko, da je pomembni temi voda tekom celotne vertikale posvečene precej pozornosti (v primerjavi denimo s pedogeografijo ali zoogeografijo), so pa vsebine razpršene med različnimi predmeti. Slednje ni nujno slabo, saj tako učenci, dijaki in študentje določene vsebine večkrat ponovijo, nadgrajujejo in interdisciplinarno povezujejo. S tem krepijo zavedanje, da je voda temeljni vir življenja in ključna dobrina za obstoj. Vsekakor pa je pri prihajajočih kurikularnih prenovah potrebno izvesti obširnejše raziskave taksonomskega nadgrajevanja učnih ciljev, reducirati vsebine, kjer je to mogoče, da se omogoči prostor bolj poglobljeni obravnavi aktualnih razmer, povezanih tudi z vodami.

5. Viri

[1] Fakulteta za humanistične študije. (2023). Študijski programi [onlline]. Dostopno na: https://fhs.upr.si/ [dostop 14. september 2023]

[2] Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani. (2023). Študij [online]. Dostopno na: https://geo.ff.uni-lj.si/studij-na-oddelku-za-geografijo [dostop 14. september 2023]

[3] Filozofska fakulteta univerze v Mariboru. (2023). Študijski programi [online]. Dostopno na: https://ff.um.si/o-fakulteti/oddelki/oddelek-za-geografijo/ [dostop 14. september 2023]

[4] Kolar, M., Krnel, D. in Velkavrh, A., 2011. Učni načrt. Program osnovna šola. Spoznavanje okolja. Ljubljana: Ministrstvo za šolstvo in šport, Zavod RS za šolstvo.

[5] Kolnik, K., Otič, M., Cunder, K., Oršič, T. in Lilek, D., 2011. Učni načrt. Program osnovna šola. Geografija. Ljubljana: Ministrstvo za šolstvo in šport, Zavod RS za šolstvo.

[6] Polšak, A., Dragoš, A., Resnik Planinc, T. in Škof, U., 2008. Učni načrt. Geografija: gimnazija: splošna, klasična, ekonomska gimnazija. Ljubljana: Ministrstvo za šolstvo in šport, Zavod RS za šolstvo.

[7] Skvarč, M., Glažar, S.A., Marhl, M., Skribe Dimec, D., Zupan, A., Cvahte, M., Gričnik, K., Volčini, D., Sabolič, G., Šorgo, A., Vilhar, B., Zupančič, G., Gilčvert Berdnik, D. in Vičar, M., 2011. Učni načrt. Program osnovna šola. Naravoslovje. Ljubljana: Ministrstvo za šolstvo in šport, Zavod RS za šolstvo.

[8] Vodopivec, I., Papotnik, A., Gostinčar Blagotinšek, A., Skribe Dimec, D. in Balon, A., 2011. Učni načrt. Program osnovna šola. Naravoslovje in tehnika. Ljubljana: Ministrstvo za šolstvo in šport, Zavod RS za šolstvo.

[9] Vogrinc, J., 2008. Kvalitativno raziskovanje na pedagoškem področju. Ljubljana: Pedagoška fakulteta, Univerza v Ljubljani.

KRAŠKA REKA TEMENICA PRI TREBNJEM – IZOBRAŽEVALNI IN OZAVEŠČEVALNI POLIGON ZA SPOZNAVANJE VODNEGA IN OBVODNEGA PROSTORA

SARA MIKOLIČ, dr. TAJAN TROBEC, dr. BARBARA LAMPIČ,
dr. IRMA POTOČNIK SLAVIČ

Oddelk za geografijo, Filozofsak fakulteta, Univerza v Ljubljani

POVZETEK

Temenica je morda res manj raziskana in širši javnosti poznana reka, a zato na lokalni in regionalni ravni nič manj pomembna. Kot osrednji vodotok Dolenjskega podolja, najpomembnejši pritok Krke in hidrološka ter geomorfološka vrednota državnega pomena, je hkrati v svojem toku do Trebnjega tudi ena izmed redkih »neslavnih« voda (v slabem ekološkem stanju) pri nas. Nekdaj za lokalno prebivalstvo življenjsko pomembna reka, ki je med drugim gnala številne obrate na vodni pogon in na najrazličnejše načine povezovala ljudi ob njej, je danes pozabljena in zapuščena. Da bi reko spet približali prebivalcem, smo na Oddelku za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani v okviru projektnih aktivnosti razvili in izvedli osem delavnic za osnovnošolce na temo voda ter jih podkrepili z didaktičnim priročnikom za učitelje (naslov»Raziskovanje vodnega in obvodnega prostora«). Izdelali smo tudi aplikacijo v okolju ArcGIS StoryMaps z naslovom »Temenica – majhna reka velikih skrivnosti«, kjer vsakdo lahko spozna Temenico kot povezovalni element v pokrajini ter hkrati kot pomembno naravno in kulturno dediščino Trebnjega z okolico. Upamo, da smo na ta način vsaj malo prispevali k večji ozaveščenosti lokalnega prebivalstva (predvsem mladih) in morebitnih obiskovalcev o pomenu rek v pokrajini, kar je hkrati tudi predpogoj za uspešno trajnostno upravljanje z njimi.

Ključne besede:

Temenica, Trebnje, izobraževalne in ozaveščevalne vsebine o vodi, izobraževanje osnovnošolcev, ponikalnica, vodni in obvodni prostor, vodni viri, varovanje voda, upravljanje z vodami, ekološko stanje voda

1. Uvod

Temenica je osrednji vodotok Dolenjskega podolja, ki izvira v Posavskem hribovju in se v bližini Novega mesta kot Prečna izliva v Krko. Reka je razmeroma slabo poznana, pa čeprav gre za slikovito ponikalnico, ki predstavlja najpomembnejši pritok reke Krke, hkrati pa tudi za hidrološko in geomorfološko vrednoto državnega

pomena (Slika 1). Nanjo se tako z grenkim priokusom spomnimo le, ko pogledamo rezultate ocen ekološkega stanja vodotokov za obdobje 2014–2019 (ARSO, 2021), kjer se Temenica v svojem zgornjem toku pri Trebnjem, kot ena redkih, uvršča v slabo stanje, ali pa ob objavah o poginih rib in rakov, ki jih v poletnem času pogosto zasledimo predvsem v lokalnih medijih (Ribiška družina, 2016; Radio Krka, 2017).

V letih 2022 in 2023 je Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani kot podizvajalec, zadolžen za pripravo izobraževalnih in ozaveščevalnih vsebin, sodeloval pri projektu z naslovom »Oživitev življenja ob in v reki Temenici« (akronim: RUSALKA). Projekt Lokalne akcijske skupine (LAS) Suhe krajine, Temenice in Krke, ki ga je vodila Občina Trebnje, je vključeval več aktivnosti, od izgradnje parkirišča za avtodome na opuščenem območju ob reki, do izobraževanja in ozaveščanja o pomenu ohranjanja voda (Temenice) različnih ciljnih skupin.

Glavni namen izvajanja »mehkih« izobraževalno-ozaveščevalnih vsebin je bil predvsem podrobneje spoznati reko Temenico in značilnosti njenega obvodnega prostora, nato pa ta spoznanja na ustrezne načine posredovati različnim javnostim. Največji poudarek je bil na izobraževanju mladih o pomenu varovanja in rabe vodnih virov za ohranitev biotopov in blaženje podnebnih sprememb, kar je na občutljivem kraškem območju še toliko pomembnejše. Hkrati pa smo želeli povečati tudi ozaveščenost širše javnosti o pomenu naravne in kulturne dediščine reke Temenice ter spodbuditi aktivnejšo vlogo lokalnega prebivalstva pri varstvu okolja, ohranjanju narave in udejanjanju trajnostnega razvoja v praksi. Slednje je namreč eden ključnih mehkejših pristopov in predpogoj za uspešno upravljanje z vodnimi viri na lokalni ravni.



Slika 1 Temenica pri vodomerni postaji Rožni Vrh (foto: S. Mikolič, 2023).

2. Izvedene izobraževalne aktivnosti na območju LAS Suhe krajine, Temenice in Krke

Projektnih aktivnosti smo se lotili z različnimi oblikami **raziskovanja vodnega in obvodnega prostora** ter preučevanja odnosa prebivalstva do lokalnega vodotoka. Preko sodelovanja z občino smo »vstopili« v lokalni prostor, hkrati pa smo z njihovo pomočjo vzpostavili povezave z različnimi deležniki in zainteresiranimi posamezniki. Kot pedagoško-raziskovalna ustanova smo v raziskovanje na terenu **vključili tudi študente geografije**, katerim smo omogočili neposredno izkušnjo dela na terenu (na primer: preučevanje odnosa lokalnega prebivalstva in ključnih deležnikov do Temenice, evidentiranje elementov vodnega in obvodnega prostora, analiziranje kakovosti reke Temenice in njenih pritokov idr.) in javno predstavitev njihovih izsledkov za zainteresirano javnost.

V sklopu projekta smo izvedli številne izobraževalne dogodke in **ozaveščevalne delavnice**, pri čemer smo poseben poudarek dali prav dvigu zavesti o pomenu ohranjanja voda pri otrocih in mladostnikih, pa tudi ostalih občanih. Razvili smo štiri **izobraževalne delavnice za osnovnošolce**, v starosti od 10 do 14 let, pri katerih se šolarji podrobneje spoznajo s tematikami odgovorne rabe, čiščenja, odvajanja in ponovne uporabe vode, delovanja in povezanosti vodnega in obvodnega prostora ter onesnaževanja rečne vode (Slika 2).



Slika 2 Izvajanje izobraževalnih delavnic za osnovnošolce ob Temenici (foto: S. Mikolič, 2023).

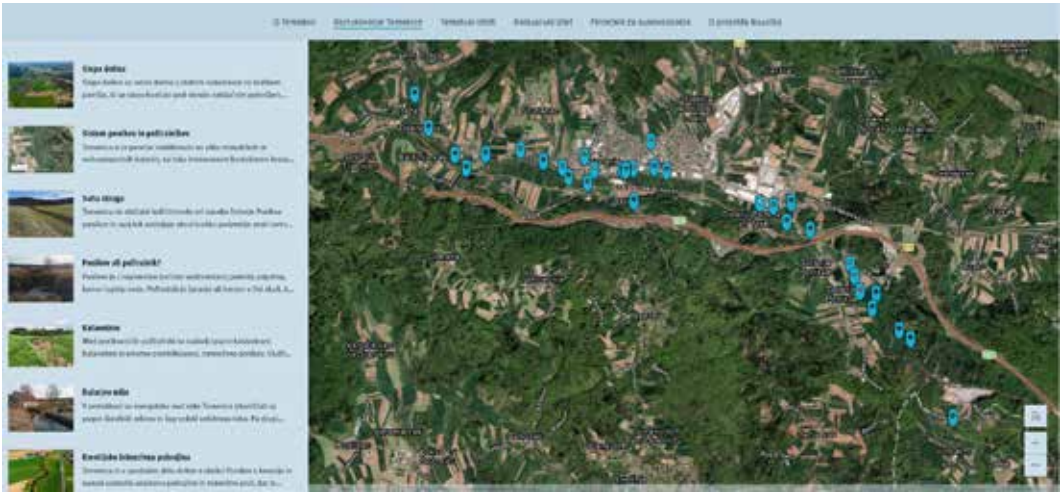
Iz pripravljenih učnih gradiv, ki smo jih preverili na osmih tematskih delavnicah z učenci na različnih šolah (štiri na OŠ Trebnje in po eno na OŠ Veliki Gaber, OŠ Žužemberk, OŠ Dolenjske Toplice in Podružnični šoli Krka), smo pripravili didaktični **priročnik za učitelje in prijatelje reke Temenice ter ostalih rek z naslovom** »**Raziskovanje vodnega in obvodnega prostora**« (Mikolič et al., 2023; Slika 3), ki je javno dostopen na povezavi: https://shorturl.at/vJRS1. Gradivo je podkrepljeno z namensko razvitimi didaktičnimi pripomočki in ilustracijami, ki osnovnošolce vabijo k raziskovanju vodnega in obvodnega prostora. Naša prizadevanja so šla v smeri spodbud k intenzivnejšemu interdisciplinarnemu povezovanju raziskovanja in spoznavanja lokalnega vodotoka. Vsebine tematskih delavnic smo povezali z značilnostmi reke Temenice in tako resnično spoznali to, do sedaj manj raziskano reko. Tematske delavnice pa so kljub navezavi na Temenico zasnovane na način, da so prenosljive in jih tako lahko ob manjših prilagoditvah izvedemo tudi na drugih vodotokih. Za zagotavljanje kontinuiranega prenosa okoljskih vsebin na mlade smo z opremo, gradivi in metodami izkustvenega učenja **v okviru posebne delavnice usposobili in opolnomočili tudi mentorje – osnovnošolske učitelje**.



Slika 3 Didaktični priročnik za učitelje (»Raziskovanje vodnega in obvodnega prostora«).

Oprijemljiv rezultat projekta je tudi vzpostavljena **aplikacija v okolju ArcGIS StoryMaps z naslovom »Temenica – majhna reka velikih skrivnosti«** (Slika 4). Slednja vsebuje preko 30 poučnih, okoljsko pomembnih ali drugače zanimivih oziroma privlačnih elementov šestkilometrskega odseka vodnega in obvodnega prostora Temenice pri Trebnjem, od Štefana do Ponikev. Namenjena je vsem obiskovalcem in omogoča podrobnejše spoznavanje različnih vsebin ter elementov izjemno raznolikega vodnega in obvodnega prostora ob Temenici, ki med drugim zajema: poplavno pokrajino z vlagoljubnim obrežnim rastlinstvom, kot tudi invazivnimi rastlinskimi vrstami; hidromorfološke elemente, kot so rečni zavoji,

mrtvi rokavi, ponikve, ponori ter suhe in slepe doline; antropogene posege v rečni strugi in pokrajini ob reki, kot so utrjene brežine, pragovi, jezovi, mlinščice in druga mlinarska dediščina, melioracijski jarki, kmetijsko intenzivna pokrajina, nekdanje kopališče in perišče, pa tudi komunalna čistilna naprava Trebnje in vodomerna postaja Rožni Vrh na Temenici. Aplikacija je javno dostopna na povezavi: https://shorturl.at/nKMT8. Do aplikacije se dostopa tudi preko QR kode na informativni tabli, ki je postavljena na novem postajališču za avtodome (Slika 5), ter letaka, ki vabita na tri tematske izlete ob Temenici s slogani »Spoznaj Temenico«, »Odgovorno ravnaj« ter »Občuduj vodni in obvodni prostor«.



Slika 4 Aplikacija v okolju ArcGIS StoryMaps (»Temenica – majhna reka velikih skrivnosti«).



Slika 5 Informativna tabla o reki Temenici na novem postajališču za avtodome v Trebnjem (foto: S. Mikolič, 2023).

3. Zaključki

Pri svojem delu ob Temenici v občini Trebnje smo lahko občutili, kako smo se ljudje s sodobnim načinom življenja odmaknili od naravnih sistemov in naravnih virov – tudi vodnih. Reka Temenica je bila nekoč pomemben povezovalni in identitetni element, danes pa anketni odgovori lokalnih prebivalcev in intervjuji z različnimi deležniki kažejo, da jo lokalno prebivalstvo dojema kot neurejeno, nedostopno in onesnaženo, zato se je vez z reko pretrgala, njihovo življenje pa se je od reke povsem oddaljilo.

Z izobraževanjem in različnimi oblikami ozaveščanja ob reki je le to mogoče spet približati ljudem, tako domačinom kot obiskovalcem. Ljudje morajo svoj vodotok začutiti, ga »vzeti za svojega« in tako kot skupnost participativno pristopiti k izboljšanju stanja okolja, spremembi ravnanja in rekam posledično vrniti njihov nekdanji pomen in sijaj, pri čemer Temenica ni izjema.

V ta namen smo na Oddelku za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani v okviru projekta »Oživitev življenja ob in v reki Temenici« (akronim: RUSALKA), ki se financira iz mehanizma LEADER/CLLD, razvili štiri delavnice za osnovnošolce na temo voda ter jih podkrepili z didaktičnim priročnikom za učitelje. Izdelali pa smo tudi aplikacijo v okolju ArcGIS StoryMaps o Temenici, kjer se vsakdo lahko pouči o njej kot o pomembni naravni in kulturni dediščini Trebnjega z okolico.

4. Viri

[1] ARSO, Ocena ekološkega stanja vodotokov za obdobje 2014–2019, 2021. Dostopno na: https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/ARSO/Vode/Stanje-voda/Ekolosko_stanje_reke_2014-19.pdf [dostop 8. junij 2023].

[2] MIKOLIČ, S., LAMPIČ, B., POTOČNIK SLAVIČ, I., TROBEC, T., 2023. Raziskovanje vodnega in obvodnega prostora. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo.

[3] Radio Krka, 2017. Na Temenici spet pogin rib brez jasnega vzroka. Dostopno na: https://radio-krka.si/clanek/novice/na-temenici-spet-pogin-rib-brez-jasnega-vzroka-539266 [dostop 5 maj 2023].

[4] Ribiška družina Novo mesto, 2016. Pogin rib v Temenici. Dostopno na: https://www.rdno-vomesto.si/splosno/pogin-rib-v-temenici/ [dostop 5 maj 2023].

RAZVOJ VODNO BILANČNEGA MODELA mGROWA V SLOVENIJI

dr. PETER FRANTAR[1], dr. MIŠO ANDJELOV[1],
dr. FRANK HERRMANN[2], prof. dr. FRANK WENDLAND[2]

[1]Agencija RS za okolje
[2]Forschungszentrum Jülich, Nemčija

POVZETEK

Vodno bilančni model mGROWA je bil na Agenciji za okolje vzpostavljen leta 2018. Nastal je v okviru skupnega projekta z nemškim raziskovalnim središčem FZ JÜLICH. Model mGROWA prinaša dnevne, mesečne, letne in obdobne rezultate vseh vodnobilančnih komponent v Sloveniji v 100 m natančnosti. Posebej za Slovenijo smo razvili snežni modul, ki omogoča tudi simulacijo vpliva snega na vodno bilanco. Rezultati modela so bili po projektu verificirani na podlagi pretokov vodomernih postaj. Zaradi robustnosti metodologije samega modela omogoča tudi analizo podnebnih scenarijev. Rezultati modela mGROWA so bili tako uporabljeni tudi za vrsto novih analiz vpliva podnebnih sprememb na vodni krog in prilagajanje na podnebne spremembe.

Ključne besede:

vodna bilanca, hidrologija, modeliranje, padavine, izhlapevanje, odtok, napajanje podzemne vode, načrtovanje

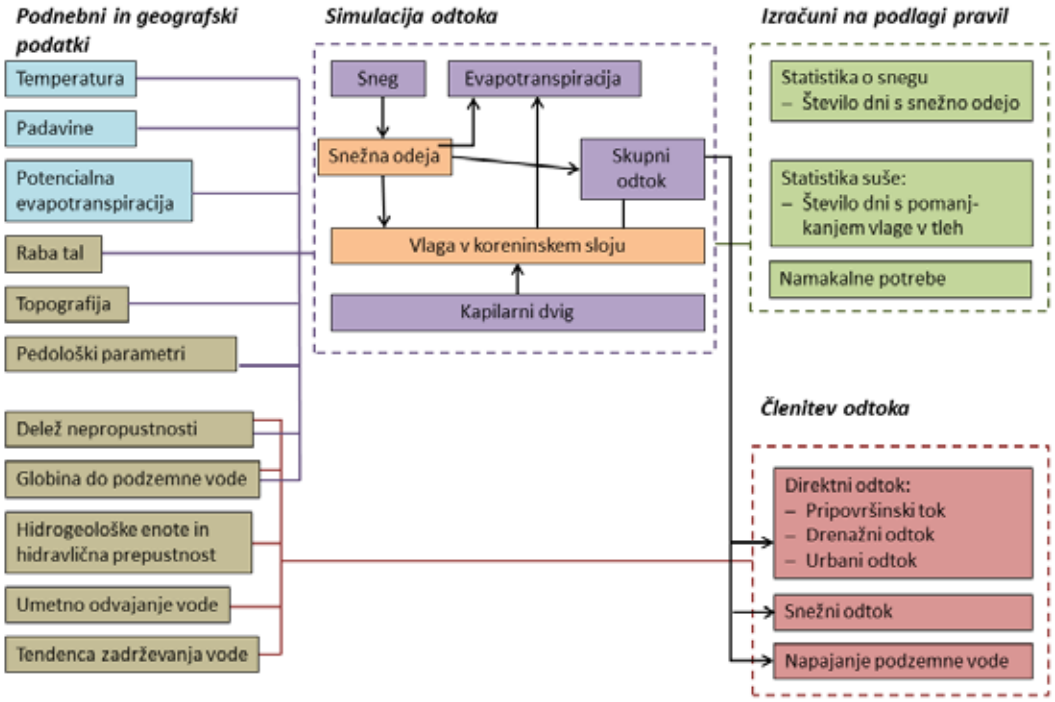
1. Uvod

Vodna bilanca je osnova za poznavanje vodnega okolja in uspešno trajnostno upravljanje z vodami. V Sloveniji je bilo izdelanih več obdobnih vodnih bilanc, ki so pokrile vse ozemlje (Kolbezen, 1998; Frantar ur., 2008 in drugi). V okviru projekta sodelovanja Agencije za okolje in Raziskovalnega centra Jülich v Nemčiji (FZJ) smo razvili nov model mGROWA (Frantar et al., 2018a; Frantar et al., 2018b),. ki se uporablja v več regijah po Evropi in Sredozemlju (Wendland, et al., 2013; Herrmann et al., 2013; Herrmann et al., 2015; Herrmann et al., 2016; Frantar et al., 2018a) in prestavlja nadgradnjo modela GROWA (Andjelov et. al., 2016). Vodnobilančni model mGROWA je regionalni model na območju vse celotne države Slovenije s 100 m prostorsko in dnevno oz. mesečno časovno natančnostjo. Model je verificiran na obdobju 1981–2010 s hidrološkimi podatki za količine skupnega odtoka ter napajanja podzemnih voda (Frantar et al., 2018b). Rezultati modela so uporabni za analize vodnobilančnih elementov, za ocene količinskega stanja v Sloveniji in so osnova za analize toka hranil z modeloma DENUZ in WEKU (Andjelov et.al., 2014; Andjelov et.al., 2015; Matoz et. al., 2020).

Model mGROWA je robusten vodno bilančni model, tako da omogoča tudi analize vpliva podnebnih sprememb na vodno bilanco Slovenije, kar smo izvedli v okviru projekta OPS21 za obdobje do leta 2100 (Bertalanič et al., 2018). Za oceno izbranih spremenljivk v prihodnosti smo kot vhodne podnebne podatke uporabili podatke regionalnih podnebnih modelov (poglavje Modelske simulacije podnebja). Ostale vhodne vrednosti hidroloških in drugih fizično-geografskih parametrov so ostale nespremenjene in so kot take privzete v modelu.

2. Metodologija

Vodno bilančni model mGROWA je deterministične rastrski model za celotno ozemlje Slovenije. V osnovi je postavljen kot rastrski modelski sistem v GIS okolju. Vrednosti vodnobilančnih elementov v modelu se izračunavajo na osnovi statičnih in dinamičnih vhodnih podatkov in poenostavljenih hidroloških procesov za vsako modelsko celico velikosti 100 m × 100 m v dnevnem časovnem koraku. Izhodni rezultati modela so na voljo na dnevni, mesečni, letni ali obdobni ravni.



Slika 1: Modelska shema vodnobilančnega modela mGROWA.

Osnovni "statični" podatki modela za izračun vodne bilance so geografski podatki o rabi tal, reliefu, kamninah, neprepustnih površinah, pedoloških značilnostih, globini podzemne vode, hidrogeoloških enotah in prepustnosti, odvodnjavanju, zastajanju vode. Glavni dinamični vhodni podatki pa so meteorološki podatki o padavinah, potencialnem izhlapevanju in temperaturi zraka (Herrmann et al., 2013; Herrmann et al., 2015; Frantar et al., 2018a; Frantar et al., 2018b).

Na osnovi dinamičnih meteoroloških podatkov in statičnih modelskih podatkov je v vsaki celici modelirana voda v tleh (prsti). Pedološki modul vode v tleh temelji na nemškem konceptu vodne bilance v tleh BOWAB. BOWAB je enodimenzionalen model hidro-pedoloških podmodelov v profilu tal. Profil tal je v modelu globok 150 cm in razdeljen na 30 cm plasti, v kateri predpostavljamo homogoeno pedološko strukturo. Vsak podmodel predstavlja del profila prsti (plast), analiza gibanja vode pa poteka na osnovi hidravličnih in pedoloških parametrov. Dejansko izhlapevanje v modulu BOWAB se izračunava glede na koeficiente rastlin, ki so dobljeni po literature oz. na osnovi testnih meritev. Ocena dejanskega izhlapevanja se ocenjuje za površine z rastlinsko odejo, posebne analize pa se izvedejo za območja urbanih površin in vodnih površin. Zaloga in izhlapevanje vode v tleh se tako izračunava različno za različne vrste razmer na sami lokaciji v celici v modelu (glede na statične podatkovne sloje).

Pomemben sloj vodne bilance v slovenskih podnebnih razmerah je sneg. V skupnem sodelovanju ARSO – FZJ smo tako razvili snežni modul. Ta pomembno nadgrajuje model mGROWA. V snežnem modulu se modelira proces nastajanja snežnih padavin, akumulacije, taljenja in sublimacije. Model izračunava vodo v novozapadlem snegu in trenutni snežni odeji. Skupni rezultat pedološkega in snežnega modula je količina vode v tleh in snegu ter spremembe teh količin.

Izhod iz pedološkega modula je skupni odtok. Količina skupnega odtoka se glede različne lokacijske značilnosti razdeli na več vrst odtoka izmed katerih je med pomembnejšimi napajanje podzemne vode. Za različne vrste rabe tal in hidro-pedo-geološke značilnosti tako določimo prevladujočo obliko odtoka. Napajanje podzemne vode v daljšem časovnem obdobju lahko enačimo z vrednostmi baznega odtoka.

2.1 Verifikacija modela

Verifikacija in evaluacija rezultatov modela vodne bilance mGROWA je bila izvedena na treh elementih odtoka. Modul za sneg je bil verificiran z dolgoročnim povprečnim letnim številom dni s snežno odejo za obdobje 1981 do 2010. Upoštevanih je bilo 419 obstoječih meteoroloških postaj, verifikacija pa je potekala s podatkom o prisotnosti ali odsotnosti snežne odeje. Na območju Alp, Dinaridov in Panonske kotline ni bilo opaziti pomembnih odstopanj med modelskimi in opazovalnimi podatki, manj homogeni rezultati pa so bili v delih Sredozemlja. Skupni odtok je bil prav tako verificiran za obdobje 1981–2010 s primerjavo dolgoročnih povprečnih mesečnih vrednosti s 77 lokacij pretoka rek. Na državni ravni je ugotovljeno zelo dobro ujemanje med merjenimi in simuliranimi podatki o odtoku, z rahlim nagnjenjem k podcenjevanju, kar kaže indeks PBIAS v višini 3 %. Ocena modelskih rezultatov napajanja podzemne vode je bila narejena na podlagi podatkov iz 62 postaj. Rezultati modela so bili primerjani z izračunanimi vrednostmi baznega odtoka po metodologiji Demuth-Wundt za obdobje 1981–2010. Na državni ravni modelski rezultati kažejo dobro ujemanje napajanja podzemne vode z rahlim podcenjevanjem (PBIAS = 9 %) (Frantar et al., 2018a).

3. Glavni rezultati modela mGROWA

Model mGROWA nudi veliko število različnih rezultatov elementov vodne bilance v Sloveniji. Predstavljamo glavne komponente uporabne v hidrologiji.

Qn – Skupni odtok je del padavin, ki doseže tla in ne izhlapi, se ne zadrži na rastlinah ali v tleh. Skupni odtok je del padavin, ki odteče površinsko ali podpovršinsko v vodotoke. Izračunamo ga iz enačbe bilance vodnega kroga:

$$Qn = P - ET + \Delta S$$

Qn predstavlja skupni odtok, *P* padavine, *ET* je dejansko izhlapevanje (realna evapotranspiracija, kar pomeni neposredno izhlapevanje iz vodnih površin ter transpiracijo preko rastlin), pa predstavlja spremembo zaloge vode (npr. v tleh, snegu).

Qrn – Napajanje podzemne vode je rezultat razdelitve skupnega odtoka na dve glavni komponenti, na površinski in podzemni del. Razdelitev skupnega odtoka poteka po različnih metodologijah za vsako celico glede na vrsto rabe tal in hidrogeološko podlago – torej glede na značilnosti lokacije. V Sloveniji prevladuje metodologija za trdne kamnine, sledi pa metodologija za aluvijalne ravnice. Zaradi dinamike napajanja se podatki agregirajo na mesečnem nivoju.

SWD – Primanjkljaj vode v tleh (SWD – Soil Water Deficit) se računa v dnevnem časovnem intervalu. Je pomemben kazalec suše v tleh. Kazalec SWD se izračuna na podlagi dejanske količine vode v tleh, točke venenja (najmanjše količine vlage potrebne, da rastlina ne oveni) in poljske kapacitete v dani celici (Strgar el al., 2018). Za izračun se uporablja naslednja enačba:

$$SWD = 100 - \left(\frac{\theta - \theta_{pwp}}{\theta_{fk} - \theta_{pwp}}\right) \times 100$$

Dejanska vsebnost vode (θ) v enem sloju v tleh teoretično ne more presegati poljske kapacitete θ_{fk}. Če je njej enaka, dobimo vrednost SWD = 0. Če dejanska vsebnost vode presega poljsko kapaciteto, pride do napajanja spodaj ležečega sloja tal. V primeru, ko je θ enaka točki venenja (θ_{pwp}), dobimo vrednost 100 (Tabela 1). Višja kot je vrednost SWD, manj vode imajo rastline na razpolago. Na osnovi analize podatkov ter opredelitve mejnih vrednosti SWD se uporablja za izračun kazalnikov pogostosti (ndswd) in trajanja suše (mdswd).

Tabela 1: primer vrednosti SWD in posledični odnos med dejansko vsebnostjo vode v tleh θ, točko venenja θ_{pwp} in poljsko kapaciteto tal θ_{pk}

SWD	
< 0	$\theta > \theta_{fk}$
0	$\theta = \theta_{fk}$
50	$\theta_{fk} > \theta > \theta_{pwp}$
100	$\theta = \theta_{pwp}$
> 100	$\theta < \theta_{pwp}$

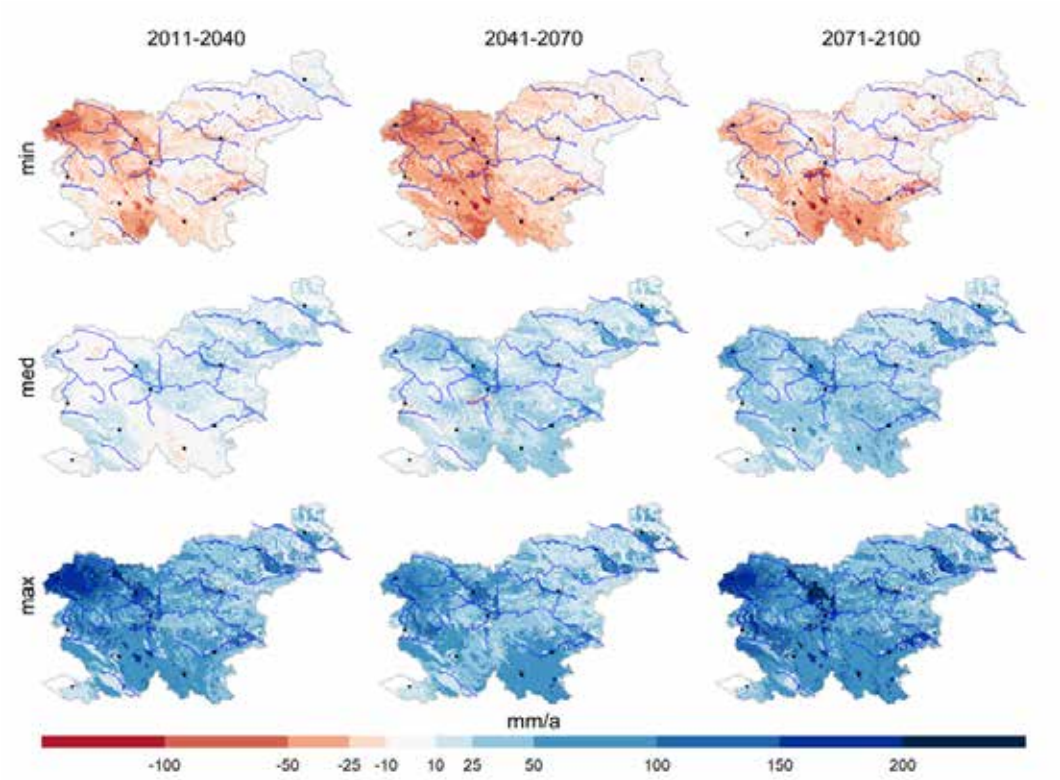
Pogostost suše je izražena v številu dni v določenem obdobju, ko indeks SWD presega določeno mejo (ndswd), trajanje suše pa kot največje število zaporednih dni suše v določenem obdobju, ko indeks SWD presega določeno mejo (mdswd). Intenziteto suše v tleh opredelimo na podlagi strokovne ocene s katero določimo vrednost kazalca SWD kot mejno vrednost. Vrednost kazalca nad mejno vrednostjo pomeni določeno stopnjo suše. Pri analizah načeloma uporabljamo več mej, najpogostejši pa sta 60 in 90. Meja SWD = 60 je kazalnik začetka suše in prvih znakov potrebe po namakanju, meja SWD = 90 pa je kazalnik izredno sušnih dni. Kazalnik pogostosti in trajanja suše omogoča analize za obdobje vegetacijske dobe od začetka aprila do konca septembra.

Snežna odeja v modelu mGROWA je izražena v dveh kazalcih. Podatki so rezultat snežnega modula v modelu mGROWA s katerim simuliramo snežne padavine na osnovi vhodnih podatkov o padavinah ter temperaturi zraka z dnevnim časovnim korakom. Snežno odejo običajno prikazujemo preko š**tevila dni s snežno odejo (ndsp)**, to so dnevi v izbrani sezoni ali letu, ko beležimo snežno odejo (v snegu je najmanj 0,1 mm vode). Drug kazalnik je **količina vode v novozapadlem snegu (spwe)**, ki nam pove količino vode novozapadlega snega v mm. Snežni modul omogoča tudi izračun količine zaloge vode v snežni odeji za izbrani časovni presek.

4. Podnebne spremembe ter kratkoročna vodno bilančna napoved

Model mGROWA je robusten bilančni model in omogoča tudi analizo vodne bilance v prihodnjem obdobju po podnebnih scenarijih (Bertalanič et al., 2018; Frantar et al., 2019). V okviru projekta OPS21 smo tako že opravili analize izbranih vodnobilančnih komponent: skupni odtok, napajanje podzemne vode, snega, primanjkljaja vode v tleh – suše, … Vsa poročila so javno dostopna na spletni strani projekta OPS21: https://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/change/.

V sodelovanju s FZ Jülich razvijamo tudi model za kratkoročno napoved vodne bilance. 5-dnevna napoved bo v prvi vrsti dala ocene količine vode v tleh, torej za oceno suše. Prognoza temelji na dnevnih podatkih o padavinah in potencialnem izhlapevanju, za prognozo pa se uporabi modelski rezultati nemškega meteorološkega modela DWD ICON D2. Trenutno poteka testno delovanje na FZ Jülich, vse rezultate modela pa si medsebojno izmenjujemo.



Slika 2: Primer analize vpliva podnebnih sprememb na napajanje podzemne vode do leta 2100 po podnebnem scenariju RCP4.5.

5. Sklep

Vodna bilanca je ključna za razumevanje vodnega okolja in trajnostno upravljanje z vodami. Na Agenciji za okolje smo v okviru projekta v sodelovanju z Raziskovalnim centrom Jülich v Nemčiji razvili model mGROWA, ki se uporablja tudi v več drugih regijah po Evropi in Sredozemlju. Model mGROWA je regionalni model za celotno državo Slovenijo z visoko prostorsko in časovno natančnostjo. Model je verificiran s hidrološkimi podatki za obdobje 1981-2010. Rezultati modela se uporabljajo za analize vodnobilančnih elementov in ocene količinskega stanja podzemnih voda v Sloveniji. Model temelji na geografskih, hidrogeoloških in meteoroloških podatkih ter uporablja pedološki modul za modeliranje vode v tleh. Vključuje tudi snežni modul, ki zajema nastajanje, taljenje in sublimacijo snega. Izhodni rezultati modela vključujejo skupni odtok, napajanje podzemne vode, primanjkljaj vode v tleh (suša) in podatke o snežni odeji. Model mGROWA omogoča tudi analizo vodne bilance v prihodnosti. Na podlagi podnebnih scenarijev, razvijamo tudi 5-dnevno kratkoročno napoved vodne bilance za Slovenijo.

6. Viri

[1] 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 Forschungs-zentrums Jülich, Reihe Energie & Umwelt, Energy & Environment Band,Vol. 339. Jülich, Germany.

[2] Andjelov M., Kunkel R., Uhan J., Wendland, F. 2014: Determination of nitrogen reduction levels necessary to reach groundwater quality targets in Slovenia. Journal of Environmental Sciences(China). 1. Sept. 2014, vol. 26, iss. 9, str. 1806-1817. ISSN 1001-0742. doi: 10.1016/j.jes.2014.06.027

[3] Andjelov M., Kunkel R., Susin J., Uhan J., Wendland F., 2015: Modelling and management of nitrate inputs into groundwater and surface water in Slovenia. 2nd International Interdisciplinary Conference on Land Use and Water Quality, 21-24 September 2015, Vienna

[4] Bertalanič, R., Dolinar, M., Draksler, A., Honzak, L., Kobold, M., Kozjek, K., Lokošek, N., Medved, A., Vertačnik, G., Vlahović, Ž., Žust, A., 2018. Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja. Sintezno poročilo – prvi del, Agencija RS za okolje. Ljubljana. Dostopno na: www.meteo. si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/OPS21_Porocilo.pdf (2.3.2021).

[5] Frantar, P., ur. 2008: Vodna bilanca Slovenije 1971 – 2000. MOP-ARSO. Ljubljana. Dostopno na: www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/vodna%20bilanca/vodna_bilanca.html (15.5.2023)

[6] Frantar, P., Herrmann, F., Andjelov, M., Dolinar, M., Bertalanič, R., Gartner, D., Sušnik, A., Gregorič, G., Petan, S., Miklavčič, J.G., Hitij, P., Jerman, J., Mikulič, Z., Medved, A., Bat, M., Ulaga, F., Jerovšek, J., Dvoršek, D., Cedilnik, J., Kobold, M., Uhan, J., Wendland, F. 2018a: mGROWA-Slovenia, Rezultati modela vodne bilance za Slovenijo -Water balance simulation results for the whole country of Slovenia. Zaključna predstavitev na Agenciji RS za okolje. Dostopno na: https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/hidro/watercycle/text/sl/projects/mGROWA-SI/Prezentacija_mGROWA_201801a.pdf (15/5/2023)

[7] Frantar, P., Herrmann, F., Andjelov, M., Draksler, A., Wendland, F. 2018b. Vodnobilančni model mGROWA--SI. 29. Mišičev vodarski dan. Dostopno na: www.mvd20.com (15.5.2023).

[8] Frantar, P., Draksler, A., Herrmann, F., Wendland, F. 2019. Climate change impact on groundwater recharge in Slovenia in the period 2011-2100. Published in: GÓMEZ HERNÁNDEZ, J. Jaime (ur.), ANDREO NAVARRO, Bartolomé (ur.). Groundwater management and governance : coping with uncertainty: proceedings of IAH2019, the 46th Annual Congress of the International Association of Hydrogeologists, Málaga (Spain), September 22-27, 2019. Ed. digital. Barcelona: Asociación Internacional de Hidrogeólogos - Grupo Español, 2019. Str. 172. ISBN 978-84-938046-3-3. http://www.iah2019.org/.

[9] Herrman, F., Chen, S., Heidt, L., Elbracht, J., Engel, N., Kunkel, R., Müller, U., Röhm, H., Vereecken, H., Wendland, F. ,2013: Zeitlich und räumlich hochaufgelöste flächendifferenzierte Simulation des Landschaftswasserhaushalts in Niedersachsen mit dem Model mGROWA. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 2013; 57: 206-224. DOI: 10.5675/HyWa_2013,5_2

[10] Herrmann, F., Keller, L., Kunkel, R., Vereecken, H., Wendland, F. 2015. Determination of spatially differentiated water balance components including groundwater recharge on the Federal State level – A case study using the mGROWA model in North Rhine-Westphalia (Germany). Journal of Hydrology: Regional Studies 2015; 4: 294–312.

[11] Herrmann, F., Kunkel, R., Ostermann, U., Vereecken, H., Wendland, F. 2016: Projected impact of climate change on irrigation needs and groundwater resources in the metropolitan area of Hamburg (Germany). Environmental Earth Sciences 2016; 75. DOI: 10.1007/s12665-016-5904-y

[12] Kolbezen, M., Pristov, J. 1998. Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. Hidrometeorološki zavod Slovenije. Ljubljana. Dostopno na: www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/vodotoki_bilanca.html (15.5.2023)

[13] Matoz, H., Nagode, P., Božič, P., Mihorko, P., Krivograd-Klemenčič, A., Štupnikar, N., Gabrijelčič, E., Zajc, M., Andjelov, M., Hebat, I., Sušin J., Verbič J., Bergant, J. 2020. *Poročilo Slovenije: na podlagi 10. člena Direktive Sveta 91/676/EEC, ki se nanaša na varstvo voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijskih virov za obdobje 2016-2019: (Council Directive no. 676 of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources)*. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, 2020. 57 str., ilustr.

[14] Wendland, F., Herrmann, F., Kunkel, R., Tetzlaff, B. 2013: System of GROWA models – History and application in Germany and abroad. Maribor, 24. Mišičev vodarski dan – Zbornik referatov.

SIMULTANE MERITVE GLADIN PODZEMNE VODE V SPODNJI SAVINJSKI DOLINI

DEJAN ŠRAM, dr. PETER FRANTAR, dr. MIŠO ANDJELOV, URBAN REJC

[1]Agencija RS za okolje

POVZETEK

Agencija RS za okolje (ARSO) ima na aluvialnih vodonosnikih Spodnje Savinjske doline vzpostavljeno redno merilno mrežo na 14 merilnih mestih za spremljanje količinskega stanja podzemne vode. Za poznavanje lokalnih značilnosti vodonosnikov pa imamo v širšem naboru merilnih mest tudi sekundarno mrežo, ki jo uporabljamo za podrobnejše spremljanje gladin ter skupaj z redno mrežo zagotavlja gostejšo mrežo meritev za natančnejše ugotavljanje stanja vodonosnika. V letih 2020 in 2021 smo izvedli raziskovalni monitoring gladin podzemne vode (simultane meritve) na dodatnih 28 merilnih mestih za pridobitev podrobnejših informacij o nihanju podzemne vode na obravnavam območju. Vzpostavljena sekundarna merilna mreža je bila opremljena s podatkovnimi zapisovalniki za meritev gladine in temperature podzemne vode.

Na podlagi pridobljenih meritev smo z razpoložljivimi podatki obeh mrež pridobili nove informacije o smeri toka podzemne vode ter o sezonskih nihanjih gladine ter oceni količinskega stanja podzemne vode v vodonosniku.

Ključne besede:

podzemna voda, simultane meritve, količinsko stanje podzemne vode

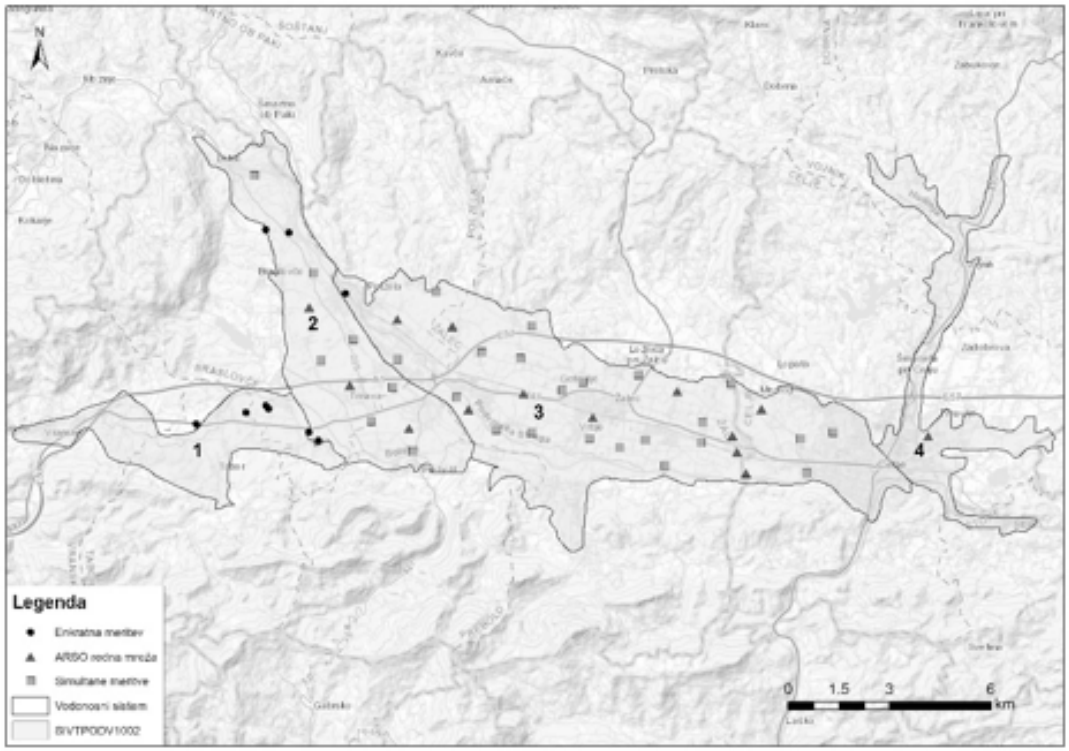
1. Uvod

Spodnja Savinjska dolina je prodna ravnina, ki se razteza med Letušem, Vranskim in Celjem (Slika 1). Hidrogeološko opredeljeno vodno telo podzemne vode »VTPODV1002 Savinjska kotlina« sestavljajo štirje vodonosni sistemi (aluvialni vodonosniki) in sicer Bolsko polje (Slika 1 – polje 1), Braslovško polje (Slika 1 – polje 2), Spodnjesavinjsko polje (Slika 1 – polje 3) in Hudinjsko polje (Slika 1 – polje 4), katere bomo v nadaljevanju imenovali aluvialni vodonosniki Spodnje Savinjske doline. Aluvialni vodonosniki Spodnje Savinjske doline so nastali v pliocenu in pleistocenu, s pogrezanjem ozemlja ob dveh večjih prelomih, Letuškem v smeri severozahod-jugovzhod in Celjskem prelomu v smeri vzhod-zahod[1]. Prav Letuški prelom je omogočil preboj reki Saviniji skozi ti. »Letuška vrata«, da je pričela z nanosom karbonatnega proda v nastalo kotanjo. Največje

debeline aluvialnih nanosov presegajo 50 m in se pojavljajo na območju med Preboldom in Žalcem.

Napajanje aluvialnih vodonosnikov je neposredno preko padavin oz. iz hribovitega napajalnega zaledja. V precej manjši meri vodonosnike napajajo površinski vodotoki, kot so Bolska, Ložnica in Hudinja, medtem ko Savinja večino časa zaradi precej poglobljene struge v zadnjih desetljetjih večinoma drenira podzemno vodo.

Za boljše razumevanje odnosa med površinsko in podzemno vodo, smeri toka podzemne vode in bilančno oceno količin podzemne vode v aluvialnih vodonosnikih Spodnje Savinjske doline, smo v obdobju 1. 5. 2020 – 1. 12. 2021 izvedli raziskovalni monitoring gladin podzemne vode (simultane meritve) podzemne vode, kjer smo poleg redne merilne mreže (14 lokacij) agencije namestili dodatnih 28 merilcev gladine in temperature podzemne vode v objekte sekundarne mreže (Slika 1)[2].

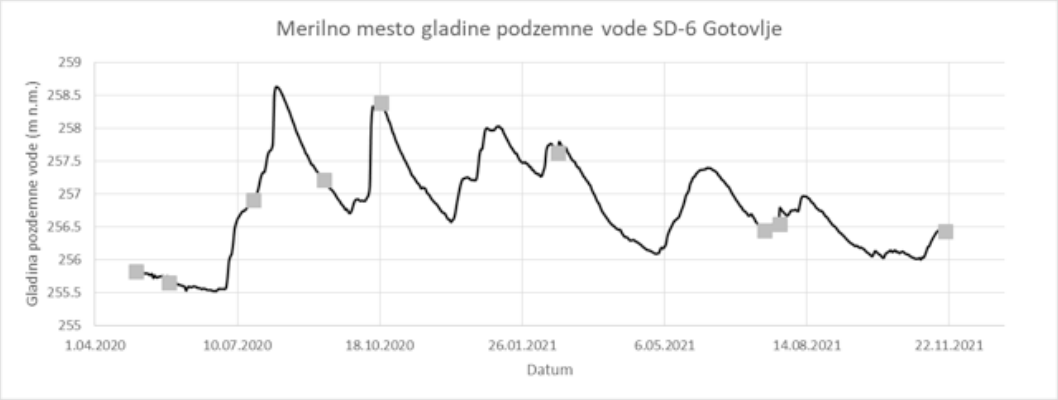


Slika 1: Redna in sekundarna merilna mreža gladine podzemne vode v aluvialnem vodonosniku Spodnje Savinjske doline.

2. Izvedba simultanih meritev

S simultanimi meritvami smo močno izboljšali prostorsko ločljivost merilne mreže. Povprečna gostota merilne mreže državnega monitoringa na območju Spodnje Savinjske doline je namreč okoli 7 km^2/merilno mesto. S sekundarno merilno mrežo smo pogostili merilno mrežo na okoli 2,3 km^2/merilno mesto. Kakovost podatkov v času izvedbe simultanih meritev smo izvajali z rednimi kontrolnimi meritvami na dva meseca (Slika 2), s čimer so se preverili avtomatski zapisi gladin podzemne

vode, hkrati pa smo prenesli podatke iz merilcev in po potrebi izvedli servis leteh. Za zagotovitev točnih in zanesljivih podatkov smo na celotni sekundarni mreži izvedli geodetski posnetek ustij vrtin, s čimer smo pridobili posodobljene koordinate merilnih mest in točen odčitek nulte kote meritev gladin podzemne vode.



Slika 2: Nihanje gladine podzemne vode (črna linija) in kontrolne meritve (sivi kvadrati) na merilnem mestu SD-6 Gotovlje.

3. Glavne ugotovitve simultanih meritev ter terenskih analiz

Dosedanje raziskave in konceptualni modeli so upoštevali reko Savinjo kot hidravlično mejo s katero je podzemna voda v neposrednem stiku – privzeta je bila interakcija v obe smeri tj. podzemna voda napaja in drenira reko Savinjo. V času izvedbe meritev gladin podzemne vode na sekundarni mreži pa so podatki prav zaradi večje gostote meritev nakazali, da je gladina podzemne vode višje od reke Savinje, še posebej na odseku med Polzelo in Šempetrom. Z namenom terenske potrditve rezultatov meritev in izboljšanja modelskih podatkov smo v času nizkega vodostaja poleti 2022 izvedli tudi terenski ogled in hidrogeološko kartiranje reke Savinje in njenih bregov od Celja do Letuša.

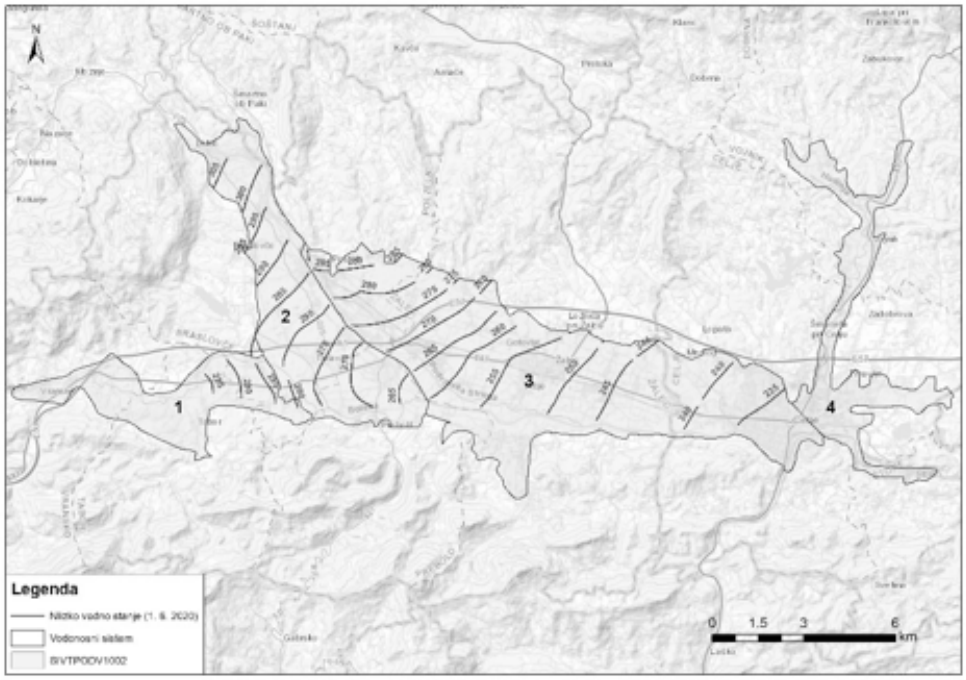
Dno reke Savinje na odseku med Letušem in Celjem večinoma predstavlja neprepustna oligocenska glina (sivica)[1], ki pa jo Savinja zaradi svojega hudorniškega značaja konstatno erodira in se tako skozi čas struga Savinje poglablja.

Na podlagi izvedenega kartiranja so bila določena mesta, kjer je Savinja bistveno nižje od nivoja podzemne vode in tako ne more napajati podzemne vode, kot jo je morebiti lahko v preteklosti. Na odseku pri Polzeli so bili evidentirani izviri, ki se pojavijo na stiku med neprepustno podlago in aluvialnim vodosnikom vsaj 0,5 m nad nizkim vodostajem reke Savinje (Slika 3). Na območju Griž je bil razgaljen profil, kjer je Savinja vrezala strugo okoli 2 m v sivico in je precej nižje od gladine podzemne vode na bregovih (Slika 4).

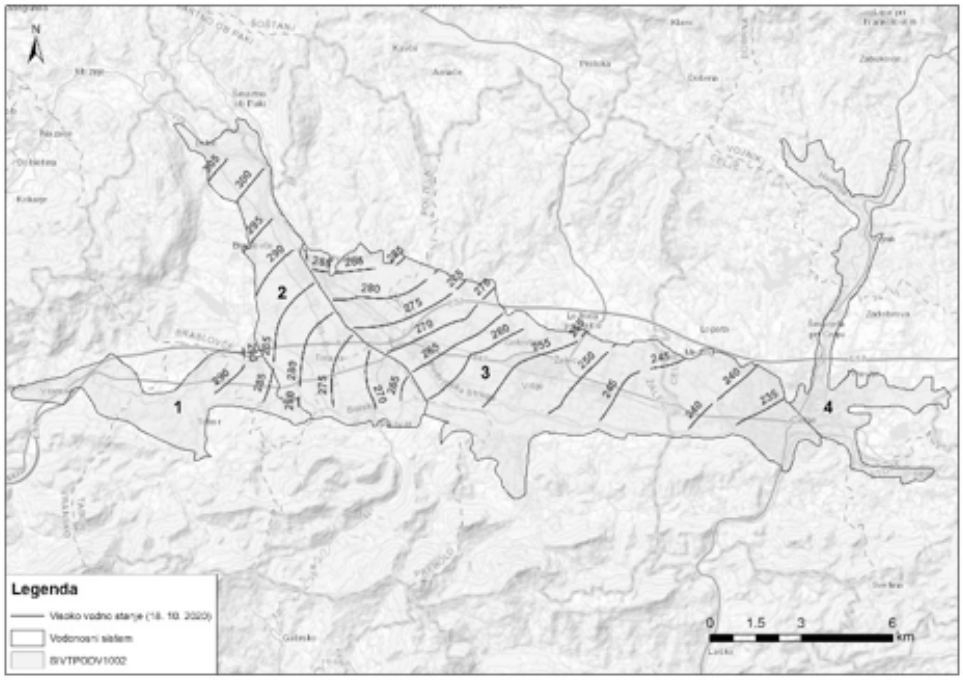


Slika 4: Vrezana struga Savinje v sivico pri Grižah (28. 7. 2022).

V času izvedenih simultanih meritev so bile najnižje gladine podzemne vode izmerjene dne 1. 6. 2020 (Slika 5) in najvišje dne 18. 10. 2020 (Slika 6).



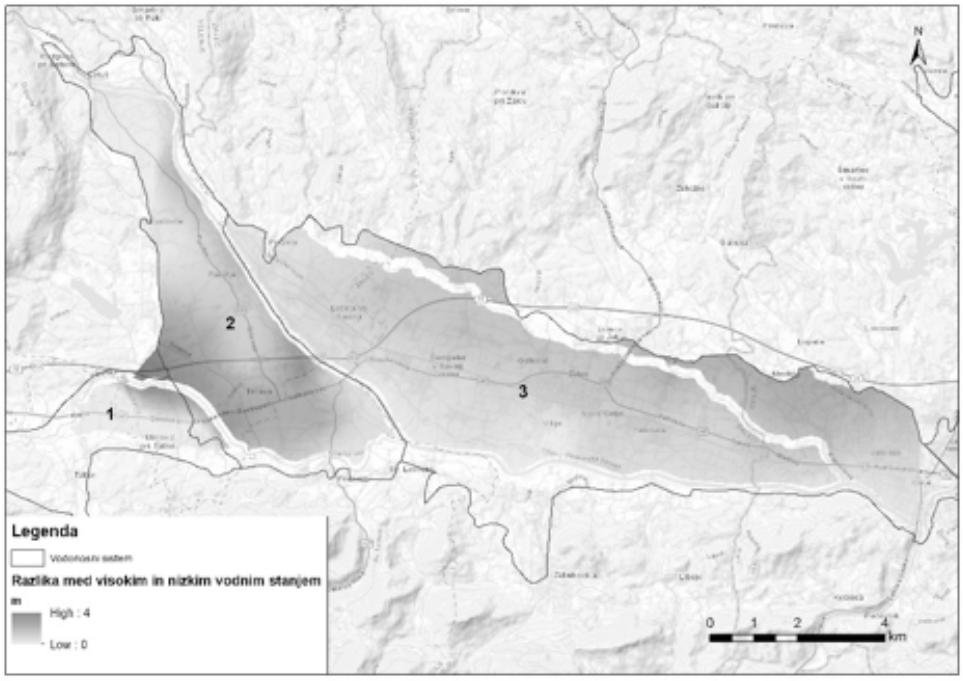
Slika 5: Nizko stanje gladin podzemne vode na dan 01. 06. 2020.



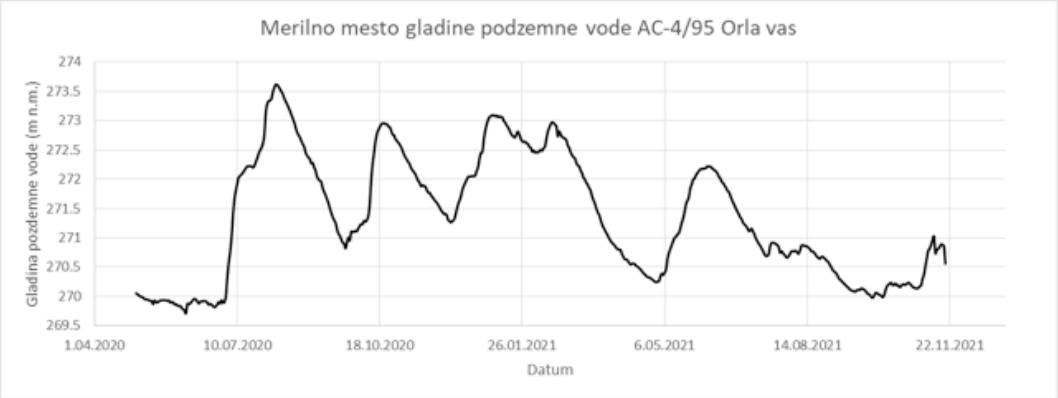
Slika 6: Visoko stanje gladin podzemne vode na dan 18. 10. 2020.

Z gostejšo merilno mrežo smo izdelali bolj natančne karte gladin podzemne vode, ki bolje opišejo smer in samo gladino podzemne vode. Največje spremembe so opazne prav v neposredni bližini reke Savinje, kjer so hidroizohipse na osnovi merjenih podatkov gostejše mreže pokazale, da niso neposredno povezane z višino reke Savinje. Te ugotovitve smo potrdili s hidrogeološkim kartiranjem v času nizkega vodstaja površinskih in podzemnih vod poleti 2022.

Na celotnem obravnavanem območju izdelave kart gladin podzemne vode je razlika med najvišjo in najnižjo gladino podzemne vode v času simultanih meritev znašala 4 m, v povprečju pa 1 m. Največje izmerjeno nihanje med visokim in nizkim vodostajem je prisotno na južnem delu Braslovškega polja (Slika 1 in Slika 7 - polje 2) in sicer na merilnem mestu AC-4/95 Orla vas, ki znaša slabe 4 m (Slika 8).



Slika 7: Razlka med visokim (18. 10. 2020) in nizkim (1.6. 2020) vodstajem podzemne vode.



Slika 8: Nihanje gladine podzemne na merilnem mestu AC-4/95 Orla vas.

4. Zaključki

V preteklosti so se simultane meritve izvajale le na določen datum z enkratnimi meritvami, kjer se je poskusilo ujeti ali izjemno nizko, oziroma izjemno visoko gladino podzemne vode. S pomočjo dostopne in sodobne merilne opreme je mogoče spremljati gladine podzemne vode v daljšem časovnem obodobju in na dovolj gosti merilni mreži z zveznimi meritvami, kar pripomore k boljšim in zanesljivejšim rezultatom.

Na območju aluvialnih vodonosnikov Spodnje Savinjske doline smo s pomočjo dodatnih zveznih meritev simultane merilne mreže in hidrogeološkega kartiranja pridobili nove informacije o lokalnih razmerah v vodonosniku.

Kot glavno ugotovitev izpostavljamo, da v nasprotju z dosedanjimi prepričanji, reka Savinja nastopa kot drenaža za podzemno vodo. Višina gladine podzemne vode na območju med Letušem in Šempetrom na levem in desnem bregu je neodvisna od reke Savinje, vodonosnika sta praktično ločena med seboj in tako odvisna le od padavin kot glavnega vira napajanja in napajanja v zaledju.

5. Viri

[1] Buser, S. (1979) Osnovna geološka karta 1 : 100 000 - Tolmač lista Celje. Ljubljana: Geološki zavod Ljubljana, p. 72. Dostopno na: https://ogk100.geo-zs.si/.

[2] Frantar, P. et al. (2022) Higher spatial resolution of groundwater levels in the Lower Savinja River Valley, Slovenia, in period 2020 - 2021, na IAH CEG conference, Rogaška Slatina, p. 64.

HIDROGEOLOŠKI MODELSKI SISTEM AGENCIJE RS ZA OKOLJE

DEJAN ŠRAM, dr. PETRA SOUVENT, dr. PETER FRANTAR, dr. SAŠO PETAN

Agencija RS za okolje

POVZETEK

Na Agenciji RS za okolje (ARSO) od leta 2022 poteka razvojni projekt »Hidrogeološki modelski sistem Agencije RS za okolje (HGMS ARSO)«. V projektu razvijamo dinamične numerične modele toka podzemne vode večjih aluvialnih vodonosnikov v Sloveniji, preko katerih bo omogočeno napredno in uporabniku prijazno spremljanje ter ocenjevanje stanja podzemnih voda. HGMS ARSO izboljšuje oceno vodne bilance aluvialnih vodonosnikov na primer izračun količin podzemne vode in napoved nihanja gladin v podporo vrednotenju suše v vodonosnikih, podeljevanja vodnih pravic in podobno. Zagotavlja podporo pri odkrivanju izvora onesnaženja ali sledenju onesnaženja v vodonosnikih. V modelih bo postavljena tudi osnova za modeliranje temperature vode v vodonosnikih. V sklopu projekta sta bila do sedaj izdelana dinamična numerična modela za Spodnjo Savinjsko dolino in Apaško polje. Preliminarni rezultati slednjega so predstavljeni v prispevku.

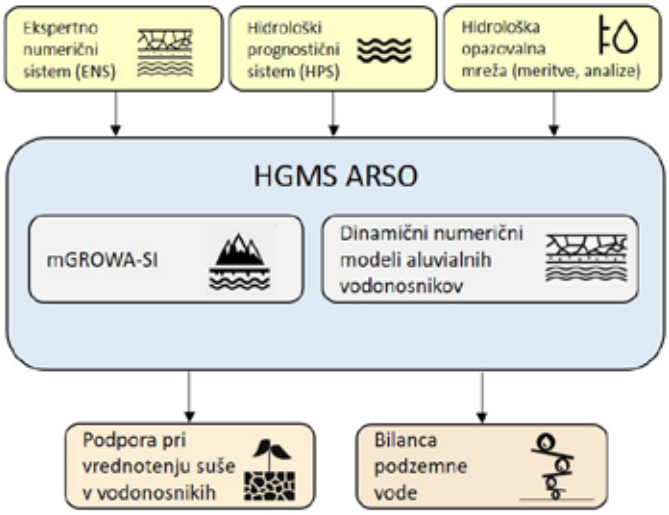
Ključne besede:

aluvialni vodonosnik, podzemna voda, modeliranje, FEFLOW

1. Uvod

Dobro poznavanje hidrologije in hidrogeologije je ključno za trajnostno upravljanje in varovanje vodnih virov (Direktiva, 2000; Vlada RS, 2016a, Vlada RS 2016b). ARSO ima na tem področju številna znanja in izkušnje, ki jih uporablja pri spremljanju in ocenjevanju stanja površinskih in podzemnih voda. Vendar pa je področje podzemnih voda v informacijskem smislu razdrobljeno, kar otežuje optimalno obravnavo in oceno stanja.

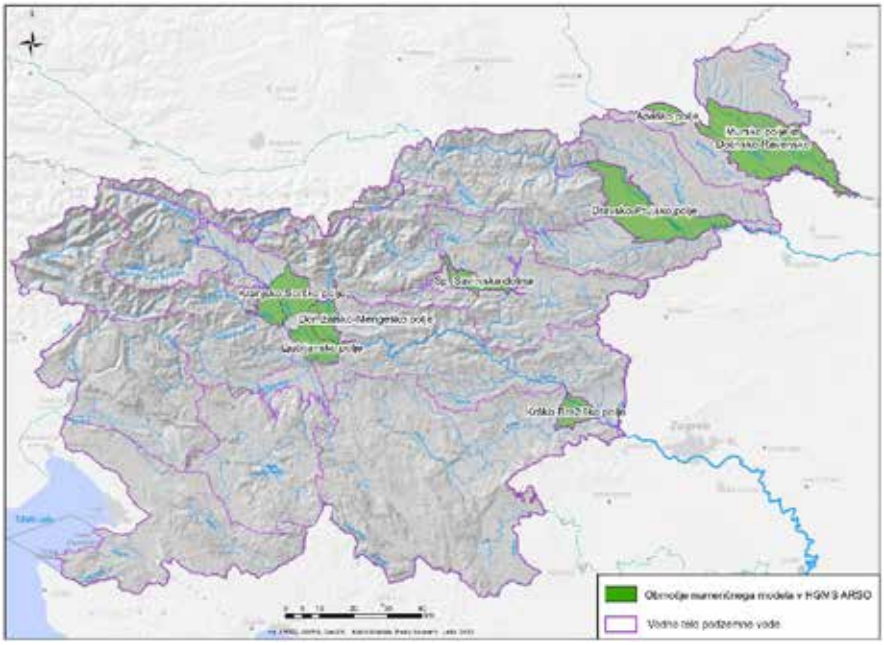
Z namenom vzpostavitve enovitega pristopa k spremljanju in ocenjevanju stanja podzemnih voda se združuje vse obstoječe hidrogeološke gradnike in jih povezuje v enoten hidrogeološki modelski sistem (HGMS ARSO). Ta bo omogočal napredno in učinkovito spremljanje ter oceno stanja podzemnih voda. HGMS ARSO bo tako združil osnovne meritve hidroloških parametrov površinskih in podzemnih voda, analize ter modele (Slika 1). Modelski sistem bo uporabnikom omogočal podporo za učinkovito in uspešno izvajanje nalog s področja podzemnih voda, rezultati pa bodo uporabni za operativne, raziskovalne in upravljavske namene.



Slika 1 Koncept Hidrogeološkega modelskega sistema Agencije RS za okolje.

2. Hidrogeološki modelski sistem

Temelj HGMS ARSO bodo regionalni dinamični numerični modeli toka podzemne vode na vseh večjih aluvialnih ravnicah (Slika 2). Izdelani bodo za vodonosnike na Murskem polju in Dolinsko Ravenskem, Apaškem polju, Dravskem in Ptujskem polju, Krškem in Brežiškem polju, Ljubljanskem polju, Kranjsko-Sorškem polju, Domžalsko-Mengeškem polju in Spodnji Savinjski dolini.



Slika 2 Območja aluvialnih vodonosnikov, za katere bodo izdelani dinamični numerični modeli.

Kot izhodišče za izdelavo dinamičnih modelov se bodo uporabili obstoječi, stacionarni regionalni numerični modeli toka podzemne vode, ki so bili razviti v sistemu ENS (Souvent in sod., 2014) v sklopu projekta BOBER (Sluga in Kočevar, 2013), ter drugi primerni viri, v kolikor numerični modeli še niso bili izdelani. Modeli bodo delova

li samodejno, s prilagajanjem časovnega obdobja simulacij in samodejnim zagonom, ko bodo na voljo vsi potrebni vhodni podatki. Ti se bodo samodejno črpali iz drugih modelov (vodnobilančni model mGROWA-SI – napajanje podzemne vode) in sistemov (hidrološki prognostični sistem-nihanje površinskih voda) ter ARSO podatkovnih zbirk (podatki hidrološke mreže površinskih in podzemnih voda).

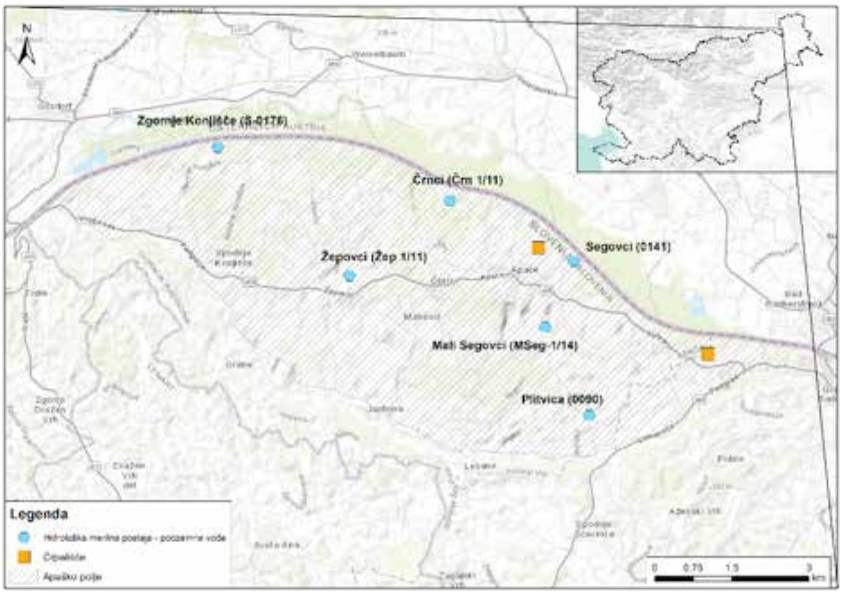
Sistem bo izboljšal oceno vodne balance aluvialnih vodonosnikov. Obenem bo možna tudi podpora pri zaznavanju izvora onesnaženja ter sledenju onesnaženja v vodonosnikih, vzpostavljena pa bo tudi osnova za modeliranje temperature vode.

2.1 Preliminarni modelski rezultati za dinamičen model aluvialnega vodonosnika Apaško polje

Za izdelavo dinamičnih numeričnih modelov v sklopu projekta HGMS smo uporabili programsko opremo ArcGIS, FEFLOW in programski jezik Python. Obdobje kalibracije in validacije je med 1. 1. 2016 in 31. 12. 2020. Pri konceptualnem modelu in kasneje pri samem modeliranju so upoštevani in uporabljeni naslednji ključni gradniki:

- neprepustna podlaga aluvialnega vodonosnika;
- napajanje podzemne vode, ocenjeno z modelom mGROWA-SI;
- dnevno nihanje gladin površinskih vodotokov;
- dnevni odvzemi podzemne vode gospodarskih javnih služb in
- dnevno nihanje gladin podzemne vode na merilnih mestih državnega monitoringa.

V dinamičnem modelu za Apaško polje (Slika 3) je koeficient prepustnosti umerjen med 9×10^{-3} do $8{,}1 \times 10^{-5}$ m/s, s povprečno vrednostjo $4{,}18 \times 10^{-3}$ m/s, poroznost je umerjena med 0,1 in 0,25, s povprečno vrednostjo 0,12. Debelina omočenega sloja znaša od 0,5 m do 7 m, globina do podzemne vode pa je od 0 do 10 m.



Slika 3: Območje izdelave dinamičnega numeričnega modela za Apaško polje z merilnimi mesti gladin podzemne vode.

Ujemanje merjenih in simuliranih gladin je prikazano na primeru merilnega mesta Mali Segovci MSeg-1/14 (Sliki 3 in 4), Črnci Črn-1/11 (Sliki 3 in 5) in Plitvica (0090) (Sliki 3 in 6).



Slika 4: Primerjava med merjeno (siva linija) in simulirano (črna črtkana linija) gladino podzemne vode na merilnem mestu Mali Segovci MSeg-1/14.



Slika 5: Primerjava med merjeno (siva linija) in simulirano (črna črtkana linija) gladino podzemne vode na merilnem mestu Črnci Črn-1/11.



Slika 6: Primerjava med merjeno (siva linija) in simulirano (črna črtkana linija) gladino podzemne vode na merilnem mestu Plitvica (0090).

Rezultati dinamičnega numeričnega modela toka podzemne vode kažejo zelo dobro ujemanje med simuliranimi in merjenimi vrednostmi na merilnih mestih v bližini reke Mure, kot so Segovci (0141), Črnci (Črn 1/11) in Zgornje Konjišče (S-0176). Prav tako se kaže dobro ujemanje na merilnih mestih Žepovci (Žep 1/11) in Mali Segovci (MSeg-1/14). Edino merilno mesto, kjer je opaziti slabše ujemanje, je Plitvica (0090). Pri tem merilnem mestu model delno ujame nihanje gladine podzemne vode, vendar so opažena večja odstopanja pri samih vrednostih. Možen razlog za to neskladje je napačna ocena napajanja iz zaledja in večja odvisnost merilnega mesta od potoka Plitvica, ki ni vključen v model. Kljub temu pa ni bilo opaziti izboljšanja ujemanja niti v delovnih verzijah modela, kjer sta bila potoka Plitvica in Mlinski potok vključena.

Iz modelskih rezultatov je razvidno, da v danem obdobju modelske simulacije Mura predstavlja le drenažo podzemne vode. Razlog za to gre verjetno pripisati dejstvu, da reka Mura v zadnjih letih poglablja svojo strugo in tako posledično znižuje vodostaj (Feguš in Golnar, 2012; Baumann in Hornich, 2018; Magajne, 2018), prav tako pa v tem času ni bilo veliko visokih vodostajev reke Mure. Analiza vodostaja reke Mure

in gladin podzemne vode na merilnem mestu Zgornje Konjišče (S-0176) v obdobju 2016 – 2020 kaže, da je gladina podzemne vode večino časa višja od vodostaja reke, le v konicah, ki so hipnega značaja je vodostaj reke višje od podzemne vode (Slika 7). Vseeno pa vodostaj reke Mure vpliva na samo nihanje podzemne vode v neposredni bližini, kar nakazujejo vrednosti na merilnih mestih – Zgornje Konjišče (S-0176), Črnci (Črn 1/11) in Segovci (0141).



Slika 7: Primerjava med nihanjem gladine reke Mure in nihanjem gladine podzemne vode na merilnem mestu Zgornje Konjišče (S-0176).

Bilanca modelske simulacije kaže, da se podzemna voda napaja v veliki večini iz padavin in sicer v povprečju z 0,2 m^3/s. Napajanje iz zaledja znaša 0,0015 m^3/s. Reka Mura v izbranem obdobju (2016–2020) ne napaja podzemne vode ampak samo drenira, v povprečju z 0,16 m^3/s . Povprečni odvzemi podzemne vode znašajo 0,056 m^3/s.

Negotovosti modela, ki bodo v prihodnje odpravljene, so vezane na podlago na robovih aluvialnega vodonosnika, na dnevno napajanje podzemne vode, ki je trenutno izpeljano iz mesečnih vrednosti mGROWA-SI ter napajanje oziroma dreniranje podzemne vode ob visokih vodah skozi manjše potoke (Mlinski kanal, Plitvica,…).

3. Zaključki

S sistemom HGMS ARSO bo omogočena celovita in hitrejša ocena stanja podzemnih voda na več operativnih nivojih. Poleg same tehnične postavitve HGMS ARSO in s tem avtomatizacije in operacionalizacije procesov, bo izboljšana ocena vodne bilance izbranih vodonosnikov, kar je ključno za podporo pri sprotnem vrednotenju nizkih vodostajev v vodonosnikih ter pri podeljevanju vodnih pravic. Nadalje bo možna podpora pri ugotavljanju vpliva na umeščanje raznih objektov v prostor ter pri ostalih aktualnih hidroloških, ekoloških ter podnebnih vsebinah. Nenazadnje bo s sistemom zagotovljena večja prostorska natančnost hidroloških in podnebnih vsebin ter pokritost novih območij, katera do sedaj niso bila pokrita z modelskimi analizami in napovedmi.

4. Viri

[1] BAUMANN, N. in HORNICH, R., 2018. Načelna vodnogospodarska zasnova za mejno Muro. [online]. Dostopno na: https://rekamura.si/post/436576/nacelna-vodnogospodarska-zasnova-za-mejno-muro [dostop 7.3.2023].

[2] Direktiva, 2000: Direktiva 2000/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2000, ki določa okvir za delovanje Skupnosti na področju vodne politike. [online]. Dostopno na: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32000L0060 [dostop 19.9.2023].

[3] FEGUŠ, B. in GOLNAR, M., 2012. Vpliv nizkega vodnega stanja reke Mure in podzemnih voda Apaškega polja na količinske in kakovostne parametre črpališča Podgrad. V 23. MIŠIČEV VODARSKI DAN 2012, Maribor, 73–81.

[4] MAGAJNE, D., 2018. Zakaj se niža dno reke Mure. [online]. Dostopno na: https://rekamura.si/post/439039/danijel-magajne-zakaj-se-niza-dno-reke-mure [dostop 7.3.2023].

[5] SLUGA, G. in KOČEVAR, H., 2013. Nadgradnja sistema za spremljanje in analiziranje stanja vodnega okolja v Sloveniji-projekt BOBER. V 24. MIŠIČEV VODARSKI DAN 2013, Maribor, 188–192.

[6] SOUVENT, P., VIŽINTIN, G., CELARC, S., ČENČUR CURK, B., 2014. An expert system as a support to the decision making process for groundwatermanagement of alluvial groundwater bodies in Slovenia. Revija Geologija, 57(2). Dostopno na: https://doi.org/10.5474/geologija.2014.021. 245–252.

[7] Vlada RS 2016a: Načrt upravljanja voda na vodnem območju Donave za obdobje 2016–2021. [online]. Dostopno na: https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Voda/NUV/63dbe4066b/NUV_VOD.pdf [dostop 19.9.2023].

[8] Vlada RS 2016b: Načrt upravljanja voda na vodnem območju Jadranskega morja za obdobje 2016–2021. [online]. Dostopno na: https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Voda/NUV/4195091b63/NUV_VOJM.pdf [dostop 19.9.2023].

AVTOMATIZACIJA PRIPRAVE OVOJNIC REZULTATOV HIDRAVLIČNEGA MODELA MIKE 21

TIMOTEJ MIŠIČ, MSc (GIS)

VGB Maribor d.o.o.

POVZETEK

Avtomatizacija delovnih procesov je vse pomembnejša tudi v vsakdanji inženirski praksi. Eden takšnih korakov je priprava rezultatov hidravličnega modela MIKE 21 za izdelavo ovojnic. Izdelali smo skript v programskem jeziku Python za pohitritev procesa priprave rezultatov.

Ključne besede:

Python, MIKE 21, ovojnica, hidravlično modeliranje, MIKEIO, poplavne karte

1. Uvod

Avtomatizacija delovnih procesov postaja vse pomembnejša tudi v vsakdanji inženirski praksi. Investitorji zahtevajo vedno »hitrejše« projektiranje, rešitve pa pogosto zahtevajo več variantnih preverb. Iz tega razloga se pojavlja potreba, da se za pospešitev delovnih procesov nekatere njihove dele avtomatizira. Kot najprimernejši za to so tisti koraki in postopki, ki se ponavljajo – z isto metodologijo in istovrstnimi vhodnimi in izhodnimi podatki. Eden takšnih postopkov je priprava rezultatov hidravličnega modela MIKE 21 za izdelavo poplavnih kart.

2. Izhodišče

Priprava rezultatov (angl. postprocessing) hidravličnega modela MIKE 21 pri izdelavi poplavnih kart sledi zahtevam Uredbe o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja (Uradni list RS, št. 89/08 in 49/20) in Pravilnika o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti (Uradni list RS, št. 60/07). Govorimo o t. i. ovojnicah globin, hitrosti in specifičnih pretokih na poplavnih območjih za posamezne merodajne računane pretoke (Q10, Q100 in Q500). Ta proces »ročne« priprave in izvažanja podatkov je sestavljen iz mnogih korakov, zahteva čas in sprotno preverjanje, rezultati pa pogosto kljub pazljivosti vključujejo napake. Po naših izkušnjah je potrebnih več kot 30 manjših korakov, da dobimo zahtevane ovojnice za vse merodajne pretoke (Q10, Q100 in Q500). Pri tem obsegajo posamezni koraki kopiranje dfs2 datotek

(pri čemer gre za pogosto velike datoteke), brisanje slojev (t. i. items) iz dfs2 datotek, matematične operacije rezultatov itd. Če temu dodamo še scenarij za načrtovano stanje in pogosto še kakšen zahtevan tretji scenarij ter ponovitev celotnega postopka po odpravi morebitnih topoloških napak, je prihranek časa z avtomatizacijo delovnih procesov občuten.

Rezultati modelov MIKE 21 so shranjeni v format (*.dfs2), ki je lasten proizvajalcu programske opreme hidravličnih modelov (DHI) in niso berljivi v drugi programski opremi, zato jih je mogoče obdelovati le v programskem okolju MIKE. Avtomatizacija in prilagojena obdelava dfs datotek je bila do pred nekaj let možna le v okolju "MIKE for developers", ki je del programskega paketa MIKE in uporablja programski jezik ".NET/C#".

3. Motivacija in cilji

S ciljem pohitritve (ponavljajočih se) procesov priprave rezultatov in eliminacijo pogostih človeških napak pri teh procesih smo poskušali avtomatizirati proces postprocesiranja rezultatov hidravličnega modela MIKE 21 in jih hkrati izvoziti v takšnih oblikah, ki so splošno berljive in uporabne v ostalih programskih paketih.

MetodePodjetje DHI je leta 2020 objavilo in dalo v splošno rabo odprtokodno Python knjižnico, ki omogoča manipulacijo njihovih datotek – t. i. MIKEIO. S tem korakom je obdelava vseh vrst MIKE datotek (*.dfsu, *.dfs0, *.dfs1, *.dfs2 in *.dfs3) postala dostopnejša, saj se lahko datoteke manipulirajo v odprtokodnem okolju brez potrebne licence za programsko opremo MIKE. Prav tako je s tem odprta pot do integriranja procesa obdelave MIKE datotek v širše procese priprave poplavnih kart v okolju Python.

Z namenom avtomatizacije navedenih procesov smo v odprtokodnem okolju Anaconda spisali programsko kodo Python (skript), v kateri smo, specifično za ta namen, uporabili poleg knjižnice MIKEIO še druge obstoječe Python knjižnice (npr. RASTERIO). Anaconda je odprtokodni sistem upravljanja Pythonovih knjižnic, v katerem je za vsak projekt mogoče ustvariti t. i. virtualno okolje in vanj naložiti le za tematiko in specifiko projekta potrebne knjižnice in tiste verzije knjižnic, ki so zahtevane. Knjižnica MIKEIO ima implementirane že nekatere obstoječe splošno uporabne knjižnice, kot sta NumPy ali Xarray, ki omogočajo obdelavo večdimenzionalnih matrik oziroma matrik z dodanimi geografskimi koordinatami.

Programska koda (skript) za vsak rezultat MIKE 21 (*.dfs2) generira nove sloje (v datotečnem sistemu dfs2 se imenujejo ti sloji "items"), ki vsebujejo ovojnico globin, hitrosti in specifičnih pretokov (tj. produkta hitrosti in globin). Zaradi sledljivosti se originalno ime *.dfs2 datoteke ohrani, imenu vsakega sloja pa se doda predpona (npr. glob_maks ipd.)

V naslednjem koraku se ti sloji ovojnic izvozijo v rastrske datoteke v formatu *.tif, za kar je uporabljena knjižnica RASTERIO. Pri izvozu je bilo potrebno posebno pozornost nameniti izhodišču posameznega rastra, ki ga različni programi različno obravnavajo (zgoraj levo/spodaj levo, center celice/vogal celice ipd.).

4. Rezultati

Skript v končnem koraku preda ovojnice zahtevanih slojev v formatu *.tif, ki je splošno berljiv in je primeren za analizo in nadaljnjo obdelavo v drugih programskih okoljih (npr. GIS, Civil 3D idr.). S tem ni le končni izvoz rezultatov močno pospešen, temveč je pospešen tudi proces sprotnega hidravličnega preverjanja projektnih rešitev, izvoz pa je bolj transparenten, ponovljiv in zanesljiv.

5. Zaključki

Knjižnica MIKEIO omogoča manipulacijo *.dfs* datotek širšemu krogu uporabnikov, možna pa je tudi vključitev rezultatov v širše procese obdelave podatkov. Izdelava ovojnic rezultatov se je izkazala kot zelo hitra, učinkovita, transparentna in zanesljiva.

6. Viri

[1] Anaconda distiribution, https://www.anaconda.com/download [dostop 25. maj 2023]

[2] MIKEIO, https://pypi.org/project/mikeio/#history [dostop 25. maj 2023]

[3] Rasterio, https://rasterio.readthedocs.io/en/stable/ [dostop 25. maj 2023]

[4] MIKE Core SDK, https://docs.mikepoweredbydhi.com/core_libraries/core-libraries/ [dostop 25. maj 2023]

iSPOR – SISTEM ZA PODPORO ODLOČANJU O RABI POVRŠINSKIH VODA

dr. KATARINA ZABRET[1,2], dr. SAŠO ŠANTL[1], dr. LEON GOSAR[3], mag. JANA MELJO[3]

[1]Inštitut za vode RS
[2]Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
[3]Direkcija RS za vode

POVZETEK

V Sloveniji je po podatkih Vodne knjige aktivnih približno 40.000 vodnih pravic, kar kaže, da je raba vode v Sloveniji razširjena in močno prisotna v prostoru. Da pa bi ovrednotili možnosti nadaljnje rabe površinskih voda, smo razvili metodologijo, ki omogoča oceno razpoložljivosti vode za nadaljnjo rabo ob upoštevanju trenutno razpoložljivih podatkov o količinah vode, ranljivosti okolja in privlačnosti za rabo na strateškem nivoju.

Izhodiščna vrednost ocenjevanja razpoložljivosti površinskih voda za nadaljnjo rabo je hidrološko razpoložljiva količina vode, določena z izbrano merodajno vrednostjo pretoka. Merodajne vrednosti pretokov, ki smo jih upoštevali, so Q50, Q70, Q90 in Q95. Vrednosti podajajo pretok, ki je prisoten določen delež časa glede na upoštevano obdobje 1981–2010 (t.j. 50 %, 70 %, 90 % in 95 % časa). Vrednosti merodajnega pretoka smo ocenili za vsako najbolj dolvodno točko dela vodnega telesa površinskih voda z uporabo metode Top kriging, pri čemer smo izhajali iz vrednosti pretokov, merjenih v sklopu državne merilne mreže. Ker pa raba vode ne sme posegati v ekološko sprejemljiv pretok, določen po Uredbi o Qes (2009), smo kot potencialno razpoložljivo količino vode za nadaljnjo rabo upoštevali razliko med hidrološko razpoložljivo količino vode in ekološko sprejemljivim pretokom. V okolju pa veljajo tudi različne omejitve in privlačnosti, ki vplivajo na to, v kakšni meri je voda dejansko razpoložljiva. Omejitve in privlačnosti za rabo vode, ki jih lahko vrednotimo na strateškem nivoju, smo zajeli z večkriterijsko analizo in tako ovrednotili dejansko razpoložljivost površinskih voda za nadaljnjo rabo.

Ključne besede:

raba vode, ocenjevanje pretokov, ranljivost okolja, privlačnost za rabo

1. Uvod

Raba vode v Sloveniji se glede na Zakon o vodah (2002) deli na splošno in posebno rabo voda. Splošna raba voda obsega rabo, ki ne zahteva uporabe posebnih naprav ali objektov, na primer pitje, kopanje in potapljanje. V nasprotnem primeru, ko raba

presega meje splošne rabe, pa gre za posebno rabo vode, za katero je potrebno rabo vode evidentirati ali pridobiti vodno pravico. Takšne rabe vode so na primer raba vode za oskrbo s pitno vodo iz GJS, za tehnološke namene, za dejavnost kopališč, za zasneževanje, namakanje, gojenje sladkovodnih in morskih organizmov ter za proizvodnjo električne energije.

V Sloveniji je po podatkih Vodne knjige aktivnih približno 40.000 vodnih pravic. Na površinskih vodnih virih je podeljenih približno 5 % vseh vodnih pravic za rabo vode, na izvirih 40 %, na podzemnih vodnih telesih pa 55 % vseh vodnih pravic. Glede na te podatke je raba vode v Sloveniji razširjena in močno prisotna v prostoru. Da pa bi ovrednotili možnosti nadaljnje rabe vode na površinskih vodnih telesih, smo razvili metodologijo, ki omogoča oceno razpoložljivosti vode za nadaljnjo rabo na strateški ravni ob upoštevanju trenutno razpoložljivih podatkov o količinah vode, ranljivosti okolja in privlačnosti za rabo.

2. Ocenjevanje merodajnih pretokov v nemerjenih točkah

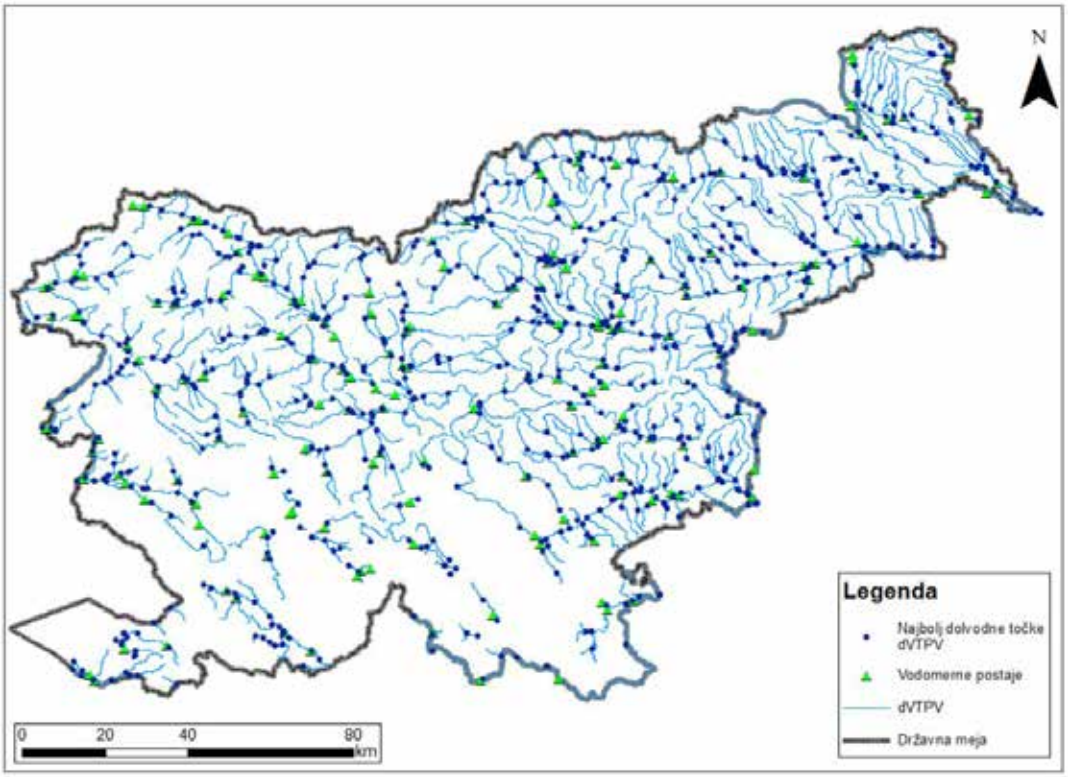
Na možnost rabe vode vpliva predvsem razpoložljivost zadostnih količin vode, saj mora uporabnik ves čas zagotavljati, da se v strugi nahaja vsaj ekološko sprejemljiv pretok. Ker pa je pretok izredno dinamičen in se njegove vrednosti tekom leta močno spreminjajo, je nemogoče podati eno samo vrednost hidrološko razpoložljive količine vode. Zato v tem primeru izhajamo iz krivulje trajanja pretokov, ki podaja informacijo o tem, koliko časa je določen pretok v izbranem obdobju prisoten v vodnem telesu. Če za izdelavo krivulje trajanja upoštevamo eno leto (365 dni), je na primer vrednost pretoka Q90 enaka vrednosti pretoka, ki je bila v tem letu dosežena ali presežena 90 % časa (t.j. vsaj tolikšen pretok je bil izmerjen 329 dni v obravnavanem letu). Za namen ocene hidrološko razpoložljivih vrednosti pretokov smo upoštevali vrednosti merodajnega pretoka enake Q50, Q70, Q90 in Q95, ki smo jih glede na priporočila Svetovne meteorološke organizacije (WMO, 2008) izračunali za 30-letno obdobje 1981–2010.

Podatki o pretokih so na voljo v točkah vodomernih postaj državne merilne mreže (ARSO, 2023), vendar pa lokacije odvzemov vode za rabo običajno ne sovpadajo z vodomernimi postajami. Pretok v katerikoli drugi točki pa je potrebno oceniti. Ocenjevanje vrednosti pretokov v izbrani točki temelji na principu ocenjevanja pretokov na nemerjenih območjih. Priročnik Svetovne meteorološke organizacije (WMO, 2008) metode za ocenjevanje pretokov na nemerjenih območjih razvršča v tri skupine: empirične metode, statistični modeli in modeli površinskega odtoka. Glede na zahtevnost in potrebe po vhodnih podatkih vsakega omenjenega pristopa, smo za oceno pretokov v izbranih točkah na območju celotne Slovenije izhajali iz pristopa uporabe statističnih modelov, izmed katerih smo po obsežnem testiranju in analizah izbrali metodo Top kriging (Zabret in sod., 2022).

Metodo topografskega krigiranja oziroma Top kriging so predstavili Skøien in sodelavci (2006). Temelji na Evklidskih metodah krigiranja, kakršno je tudi običajno krigiranje. Za razliko od klasičnega krigiranja pa pri Top krigingu vrednosti meritev niso podane v točkah, ampak so določene na območju porečja (upoštevamo razmerje

med pretokom in prispevno površino), vrednosti pa smiselno naraščajo glede na gnezdenje porečij (naraščanje pretoka iz gorvodnih v dolvodna porečja vzdolž rečne mreže). Za izvedbo metode Top kriging je najpomembnejša ustrezna priprava vhodnih podatkov. Ti obsegajo linije obravnavanih vodotokov, poligone prispevnih površin vodomernih postaj, na katere so vezane znane vrednosti pretokov in poligone prispevnih površin točk, v katerih ocenjujemo izbrane vrednosti merodajnih pretokov (Q50, Q70, Q90 in Q95). Posamezni set vhodnih podatkov je pripravljen v obliki vektorskega zapisa linije ali poligona, primeren za uporabo v GIS okolju.

Vrednosti merodajnih pretokov ter vrednosti srednjega obdobnega (sQs) in srednjega obdobnega malega pretoka (sQnp) smo izračunali iz merjenih vrednosti pretokov za 172 izbranih vodomernih postaj državne merilne mreže, ki so delovale v obdobju 1981–2010 in za katere je bil na voljo dovolj dolg niz podatkov (Slika 1). Lokacije teh vodomernih postaj, njihove prispevne površine in izračunane vrednosti pretokov so predstavljale vhodne podatke za oceno pretokov v izbranih točkah z metodo Top kriging. Merodajne vrednosti pretokov pa smo ocenili v 877 točkah, ki sovpadajo z najbolj dolvodno točko dela vodnega telesa površinskih voda (dVTPV) in za katere smo prav tako pripravili sloj poligonov prispevnih površin, med tem ko je linijski sloj rečne mreže obsegal linije dVTPV (Slika 1).



Slika 1: Najbolj dolvodne točke dVTPV, v katerih ocenjujemo pretoke in točke vodomernih postaj, katerih izmerjene vrednosti pretokov predstavljajo vhodni podatek za račun

Ocenjene vrednosti pretokov dajejo informacijo o tem, kakšni pretoki so pričakovani na dolvodnem odseku dVTPV v določenem časovnem obdobju. Ob upoštevanju ocenjenih vrednosti sQs in sQnp pa smo glede na Uredbo o kriterijih za določitev ter način spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (2009) za vsako točko glede na pričakovan tip odvzema vode izračunali še pet vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka (Qes). Razlika med izbrano vrednostjo merodajnega pretoka in izbrano vrednostjo Qes podaja usmeritev o potencialno razpoložljivi količini vode v najbolj dolvodni točki dVTPV glede na upoštevano trajanje razpoložljivosti te količine in tip odvzema vode za rabo.

3. Vrednotenje ranljivosti okolja in privlačnosti za rabo

Z odvzemom vode iz površinskih vodnih virov vplivamo na stanje vodnega okolja in z njim povezane ekosisteme. Ob pretirani rabi vode lahko naravno stanje poslabšamo, zato je pomemben element ocenjevanja razpoložljivosti vode za nadaljnjo rabo tudi upoštevanje ranljivosti vodnega okolja in omejitev, ki iz tega izhajajo. Za rabo vode pa so glede na nekatere kriterije, kot so na primer trajanje razpoložljivosti vode za rabo, zadosten hidroenergetski potencial ali že obstoječi objekti, določeni odseki bolj privlačni. To smo vrednotili v sklopu privlačnosti za rabo, pri čemer smo upoštevali tudi sektorske potrebe. Pri obravnavi sektorskih potreb smo določili rabe vode, ki jih je smiselno obravnavati v sklopu naloge. Te rabe so: proizvodnja električne energije (mHE), namakanje kmetijskih zemljišč in gojenje sladkovodnih organizmov. Izbor rab je bil pogojen z zajemom površinske vode, ki vpliva na količinsko stanje voda ter strateško prepoznanim in/ali izkazanim interesom za rabo vode.

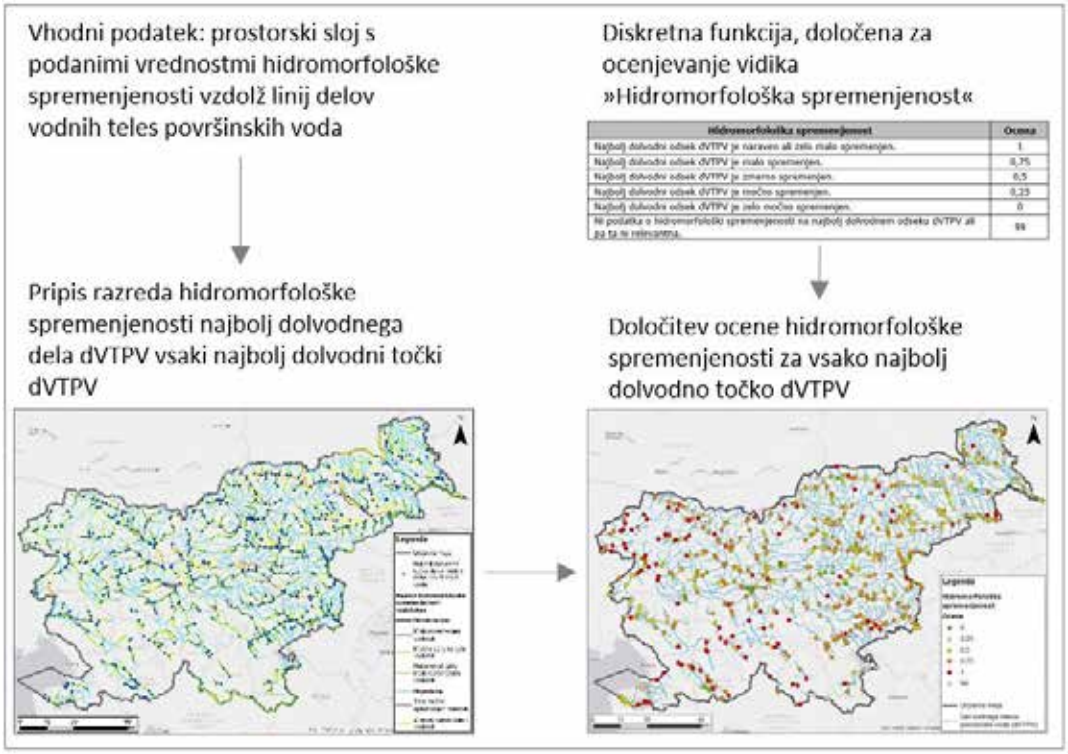
Ranljivost okolja in privlačnost za rabo smo v oceno razpoložljivosti vode za nadaljnjo rabo vključili z večkriterijsko analizo (npr. Pušnik in sod., 2010; Šantl in sod., 2010). Določili smo dve skupini vidikov, ki opisujeta ranljivost okolja (skupina vidikov A) in privlačnost za rabo (skupina vidikov B). V sklopu ranljivosti okolja smo upoštevali 15 vidikov, privlačnost za rabo pa smo vrednotili glede na 5 vidikov (Preglednica 1). Posamezne vidike smo določili glede na izhodišča, podana v Načrtu upravljanja voda (NUV, 2022) ter glede na druge zakonske podlage. Vhodni podatki za posamezne vidike so na voljo v obliki prostorskih slojev, primernih za delo v GIS okolju, kar omogoča njihovo vrednotenje vzdolž dVTPV.

Preglednica 1: Izbrani vidiki za vrednotenje ranljivosti okolja in privlačnosti za rabo

Skupina vidikov	Vidik	Način vrednotenja
Skupina vidikov A – ranljivost okolja	Referenčni odsek	Prisotnost referenčnih odsekov in odsekov gorvodno in dolvodno od referenčnih odsekov vzdolž dVTPV
	Zakonsko varovana območja	Lokacija dVTPV na zaščitenem območju Soče s pritoki do sotočja z Idrijco ali na območju Triglavskega narodnega parka
	Ekološko stanje ali potencial	Ocena ekološkega stanja ali potenciala površinskih voda na dVTPV
	Hidromorfološka spremenjenost	Razred uteženega povprečja hidromorfološke spremenjenosti vzdolž dVTPV
	Kemijsko stanje	Ocena kemijskega stanja površinskih voda na dVTPV za matriks voda
	Naravne vrednote	Prisotnost in pomen naravne vrednote na pripadajoči površini dVTPV
	Natura 2000	Prisotnost območja Natura 2000 odvisnega od vode na pripadajoči površini dVTPV
	Zavarovana območja	Prisotnost, conacija in vrsta zavarovanih območij na pripadajoči površini dVTPV
	Kopalne vode	Prisotnosti kopalnih voda, vplivnih območij kopalnih voda in prispevnih območij kopalnih voda vzdolž dVTPV
	Evtrofikacija	Prisotnost občutljivih območij zaradi evtrofikacije in prispevnih površin občutljivega območja zaradi evtrofikacije na dVTPV
	Vodovarstvena območja	dVTPV se nahaja na vodovarstvenem območju odvisnem od površinskih voda
	Ribiški revirji	Prisotnost varstvenih in prizadetih ribiških revirjev vzdolž dVTPV
	Gozdni ekosistemi	Potrebe gozdnega ekosistema po vodi za ekoregijo na območju pripadajoče površine dVTPV
	Povratni odvzem vode	Vzdolž dVTPV je prisoten odsek, obremenjen z odvzemom vode za povratno rabo
	Referenčno hidrološko stanje	Obremenjenost dVTPV z odvzemi vode za nepovratno vrsto rabe iz površinskih vodnih virov ali izvirov v zaledju
Skupina vidikov B – privlačnost za rabo	Razmerje sQs/sQnp	Vrednost razmerja ocenjenih pretokov sQs/sQnp v najbolj dolvodni točki dVTPV
	Večnamenski zadrževalniki	Na dVTPV se nahaja zadrževalnik ali hidroenergetski derivacijski kanal, na katerem je predvidena dejavnost rabe vode za sektorske potrebe
	Obstoječi prečni objekti	Število obstoječih prečnih objektov vzdolž linije dVTPV
	Hidroenergetski potencial	Hidroenergetski potencial na dVTPV
	Izražen sektorski interes - namakanje	Izražen sektorski interes za namakanje na neposredni prispevni površini dVTPV

Z večkriterijsko analizo smo za posamezen dVTPV ovrednotili primernost za rabo glede na ranljivost okolja (končna ocena skupine vidikov A) in privlačnost za rabo (končna ocena skupine vidikov B). Analiza je potekala v več korakih. Najprej smo za vsako točko določili vrednost in oceno posameznega vidika (Slika 2). Vrednost vidika smo določili s presekom linij ali pripadajočih površin dVTPV s prostorskim slojem posameznega vidika v GIS okolju. Glede na ocenjevalno funkcijo, ki smo jo definirali za vsak vidik, pa smo vrednost pretvorili v oceno. Končna ocena skupine

vidikov za vsak dVTPV je bila enaka vsoti zmnožkov ocene posameznega vidika in pripadajoče uteži.



Slika 2: Koraki vrednotenja in določitve ocene izbranega vidika v najbolj dolvodnih točkah dVTPV

Ocene posameznih vidikov in uteži so normirane, kar pomeni, da končna ocena skupine vidikov A znaša med 0 in 1, skupine vidikov B pa med 0 in -1 (Slika 3). Tako na primer končna ocena skupine vidikov A enaka 0 pomeni, da na območju dVTPV ni prisotnih omejitev glede rabe vode z vidika ranljivosti okolja in da je odsek primeren za umeščanje nadaljnje rabe vode brez okoljskih omejitev. Nižja končna ocena skupine vidikov B pa pomeni, da je odsek prepoznan kot bolj privlačen za nadaljnjo rabo vode.



Slika 3: Razpon ocene skupine vidikov A in B ter končne ocene primernosti vode za rabo

4. Zaključki

V okviru sistema iSPOR, ki je namenjen podpori odločanju o rabi površinskih voda, smo razvili metodologijo, ki omogoča vrednotenje razpoložljivosti vode za rabo v poljubni točki na delih vodnih teles površinskih voda. Izhodiščna vrednost ocenjevanja razpoložljivosti vode za nadaljnjo rabo je hidrološko razpoložljiva količina vode. To je celotna količina vode, ki je v določenem obdobju na voljo v strugi vodotoka. Vrednosti hidrološko razpoložljivega pretoka smo ocenili za vsako najbolj dolvodno točko dVTPV v sklopu ocenjevanja merodajnih pretokov v nemerjenih točkah. Potrebno je poudariti, da gre v tem primeru za pretoke, določene na podlagi 30-letnega niza podatkov meritev. Te vrednosti se lahko razlikujejo od vrednosti merodajnih pretokov, določenih za posamezno leto, saj upoštevajo širši nabor podatkov iz hidrološko različnih let. Raba vode pa ne sme posegati v ekološko sprejemljiv pretok, določen po uredbi o Qes (2009). V primeru, da so pretoki nižji od določenega Qes, je potrebno z rabo vode prenehati. Glede na to smo od celotne vrednosti hidrološko razpoložljivega pretoka odšteli vrednost Qes za posamezen tip odvzema ter tako ovrednotili potencialno razpoložljivo količino vode za rabo. V okolju pa se nahajajo tudi različne omejitve in privlačnosti, ki vplivajo na to, v kakšni meri je raba vode dejansko primerna. To smo ovrednotili z večkriterijsko analizo, s katero smo zajeli različne vidike ranljivosti okolja in privlačnosti za rabo. Z upoštevanjem rezultata večkriterijske analize smo v oceno razpoložljivosti vode za rabo vnesli tudi zagotavljanje dinamike vrednosti Qes. Celotna metodologija, pripravljeni vhodni podatki in izvedeni izračuni predstavljajo kompakten nabor podatkov in informacij, ki omogoča hitro vrednotenje razpoložljivosti vode za rabo na strateškem nivoju ob različnih predpostavkah in za različne situacije.

5. Viri

[1] ARSO, 2023. *Arhiv hidroloških podatkov* [online]. Dostopno na: https://vode.arso.gov.si/hidarhiv/ [dostop 22. maj 2023]

[2] NUV, 2022. *Načrt upravljanja voda* [online]. Dostopno na: https://www.gov.si/teme/nacrt-upravljanja-voda-na-vodnih-obmocjih/ [dostop 22. maj 2023]

[3] Pušnik, M., Mikoš, M., Smolar-Žvanut, N., 2010. Ocena vplivov malih hidroelektrarn na okolje z uporabo večkriterijske analize. V: *Mišičev vodarski dan 2010, 6. december 2010, Maribor.*

[4] Skøien, J.O., Merz, R., Blöschl, G., 2006. Top-kriging – geostatistics on stream networks. *Hydrology and Earth System Sciences*, 10, 277-287.

[5] Šantl, S., Mrak, S., Kozelj, D., 2010. Načrtovanje hidroenergetske rabe voda – večkriterijska analiza. V: *Mišičev vodarski dan 2010, 6. december 2010, Maribor.*

[6] Uredbo o kriterijih za določitev ter način spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka, 2009. Uradni list RS, št. 97/09.

[7] WMO, 2008. *Manual on Low-flow Estimation and Prediction*. Operational Hydrology Report No. 50, WMO-No. 1029 [online]. Dostopno na: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=7699 [dostop 22. maj 2023]

[8] Zabret, K., Sevšek, M., Javornik, L., Aubreht, A., Šantl, S., 2022. Razvoj sistema za podporo odločanju o rabi površinskih voda. Ljubljana, IzVRS, 106 str.

[9] Zakon o vodah, 2002. Uradni list RS, št. 67/02.

HIDRAVLIČNI MODEL IN STRATEGIJA UPRAVLJANJA S SEDIMENTI ZADRŽEVALNIKOV HE NA REKI DRAVI

dr. POLONCA OJSTERŠEK[1], dr. BOŠTJAN GREGORC[1], JURIJ MLAČNIK[2]

[1]Dravske elektrarne Maribor d.o.o.
[2]Inštitut za hidravlične raziskave – Hidroinštitut

POVZETEK

Posledice odlaganja sedimentov v hidroenergetskih in visokovodnih zadrževalnikih so vse bolj izrazite tako v Slovenijisokot drugod po svetu. Večletno odlaganje sedimentov vpliva na varnost jezov hidroelektrarn, zmanjšuje njihovo proizvodnjo elektrike in fleksibilnost obratovanja, poveča obremenitve zapornic, zmanjšuje razpoložljivo vodo za namakanje ter volumen za zagotavljanje poplavne varnosti. Z nižanjem globin se poslabšuje tudi kakovost vode ter ekološki potencial.

Obstajajo številni učinkoviti ukrepi za zmanjševanje dotoka in odlaganja sedimentov ter za njihovo premeščanje. Katere ukrepe je smiselno in mogoče izvesti, da bodo dolgoročno učinkoviti, pa je odvisno od vrste in načina obratovanja objekta, hidromorfoloških lastnosti zadrževalnika, starosti objekta, lastnosti sedimentov, tehnične izvedljivosti ukrepa, pravnih okvirjev, ekonomike in sprejemljivosti z vidika deležnikov. Zato si pri izbiri optimalnih ukrepov lahko pomagamo z numerični modeli.

Na podlagi spremljanja morfološkega stanja in z meritvami prečnih profilov na osmih zadrževalnikih hidroelektrarn (HE) na reki Dravi v Sloveniji, ki se redno izvajajo vsaki dve leti, je razvidno, da se količina odloženih plavin v koristnem volumnu hitro povečuje in zmanjšuje dnevne proizvodne zmogljivosti HE. Najbolj izrazit vpliv zmanjšanja koristnega volumna na proizvodnjo energije je zaznati na HE Formin, zato je v izdelavi numerični model za kvantitativno oceno učinkovitosti ukrepov in analizo trenutnih razmer. Ta model bo uporabljen kot orodje za izbiro optimalnih ukrepov in kot podlaga za usklajevanje z deležniki, kar je ključno pri oblikovanju Strategije trajnostnega upravljanja s sedimenti. V prispevku so predstavljeni dosedanji rezultati, ugotovitve in nadaljnji koraki, ki so predvideni v sklopu priprave strategije upravljanja s sedimenti.

Ključne besede:

hidroelektrarne, upravljanje s sedimenti, HE Formin, Ptujsko jezero, zadrževalnik, numerično modeliranje, ukrepi

1. Uvod

Veriga hidroelektrarn (HE) na 133 km dolgem odseku reke Drave, ki teče čez ozemlje Slovenije, predstavlja enega izmed pomembnejših stebrov proizvodnje električne energije v Sloveniji. Osem hidroelektrarn in štiri male hidroelektrarne na reki Dravi ob povprečnem letnem pretoku proizvedejo cca. 2660 GWh električne energije letno in tako s skupno proizvodnjo predstavljajo približno četrtino električne energije proizvedene v Sloveniji.

Na podlagi spremljanja morfološkega stanja in z meritvami prečnih profilov na zadrževalnikih HE na reki Dravi v Sloveniji, ki se izmenično izvajajo vsaki dve leti, je razvidno, da se količina odloženih plavin v koristnem volumnu hitro povečuje in zmanjšuje dnevne proizvodne zmogljivosti HE. Najbolj izrazit vpliv zmanjšanja koristnega volumna na proizvodnjo energije je zaznati na HE Formin. Od pričetka obratovanja HE do leta 1989 je letno zmanjšanje koristnega volumna zadrževalnika HE Formin znašalo približno 14.500 m^3, v letih med 1989 in 2020 je bilo zelo majhno in ustaljeno na okoli 790 m^3 letno. Letno povprečje zmanjšanja korisnega volumna je ocenjeno na približno 916 m^3, pri čimer pa je potrebno izpostaviti izrazito letno nihanje odlaganja sedimenta, ki je pogojeno od letnih hidroloških razmer (pretokov). Če je trend do leta 2010 sprejemljiv zaradi manjših izgub koristne akumulacije, je trend stanja volumnov v koristnem delu akumulacije v zadnjih letih zaskrbljujoč, zato se na zadrževalniku HE Formin (Ptujsko jezero) že od 2009 redno izvaja prečrpavanje sedimentov iz koristnega volumna na notranjo stran nasipa, raziskuje možnosti predelave sedimentov v gradbene produkte in preučuje možnosti izvedbe številnih drugih ukrepov.

V skladu z Uredbo o koncesiji za rabo reke Drave za proizvodnjo električne energije in Koncesijsko pogodbo mora koncesionar zagotavljati obratovalni režim osmih hidroelektrarn, ki optimalno izkorišča potencialno energijo reke Drave ob upoštevanju zahtev varstva okolja, zagotavljanja poplavne varnosti, namakanja, plovbe, ribolova ter ohranjanja biodiverzitete. Da bi zagotovili dolgoročne zmogljivosti hidroenergetskih objektov, je potreben sistematičen in ciljno usmerjen pristop k izbiri in izvedbi primernih ukrepov, kar bo doseženo s Strategijo trajnostnega upravljanja s sedimenti zadrževalnikov hidroelektrarn na reki Dravi in z uporabo hibridnega hidravličnega modela.

Pri izbiri najprimernejših ukrepov so numerični in/ali fizični hidravlični modeli pomembno orodje, saj omogočajo analizo stanja in simulacijo kompleksnih hidravličnih in morfoloških procesov, ki se pojavljajo v zadrževalnikih kot tudi vpliva učinkov različnih ukrepov na delovanje hidroelektrarne, okolje in naravo. Zavedati pa se je treba, da so numerični modeli odvisni od količine in natančnosti vhodnih podatkov in predpostavk, ki jih vsebujejo. Zato je ključno, da so modeli dobro validirani in preverjeni, da zagotovimo njihovo zanesljivost in uporabnost pri oblikovanju scenarijev in sprejemanju odločitev.

Trenutno je v izdelavi numerični model za območje Ptujskega jezera, s katerim se analizira obstoječe razmere in preverja vpliv izvedbe določenih ukrepov na transport

sedimentov in hidrološke, hidravlične ter morfološke procese. Kasneje se bo model nadgradil in uporabil za celotno verigo HE na reki Dravi.

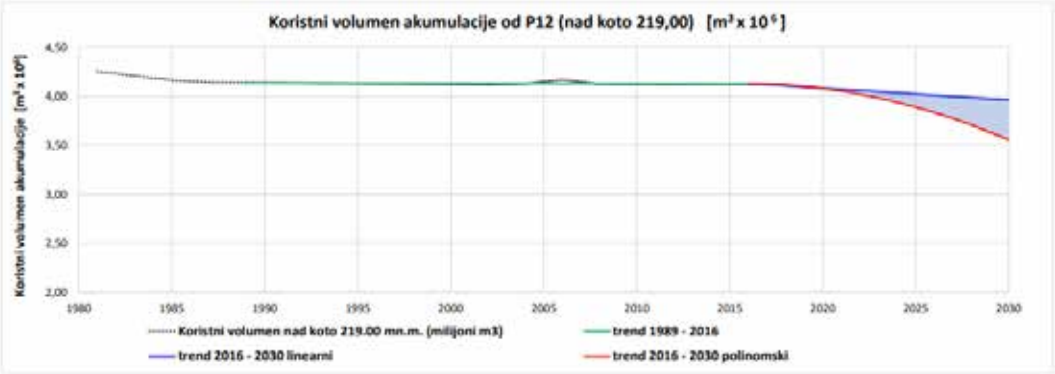
Model bo po zaključku učinkovito orodje za preverjanje učinkovitosti predlaganih ukrepov in vpliva njihove izvedbe na obstoječe habitate in nanje vezane organizme. Hkrati bo omogočal aktivno vključevanje deležnikov v proces odločanja, saj tehnologija ponuja grafične vizualizacije, simulacije in orodja za raziskovanje različnih scenarijev, kar prispeva k boljšemu razumevanju in sprejemanju odločitev, ki so v skladu z različnimi interesi in potrebami deležnikov.

2. Analiza tokovnih razmer in odlaganja sedimentov v zadrževalniku HE Formin

Zadrževalnik HE Formin (Ptujsko jezero) je nastalo z izgradnjo derivacijske hidroelektrarne Formin leta 1978 in predstavlja s površino 420 ha in z 22 milijoni m^3 vode največje umetno zajezeno vodno površino v Sloveniji. Jezero je dolgo 4,5 km, na najširšem delu meri 1,2 km in je globoko v najglobljem delu približno 14 m. Najnižja kota dna v jezeru je 206 m n.m., najvišja pa dobrih 219 m n.m. Zaradi velike širine in globine jezera so hitrosti vode v jezeru, predvsem na dolvodni polovici jezera, bistveno manjše kot v strugi reke Drave, zato se v jezeru odlagajo sicer lebdeče plavine.

2.1 Trend zmanjševanja koristnega volumna v zadrževalniku HE Formin

Napoved trenda zmanjševanja koristnega volumna Ptujskega jezera je kompleksen proces zaradi številnih parametrov, zlasti hidroloških. Hidrološki pogoji so osnova za napovedovanje, se pa nenehno spreminjajo zaradi podnebnih sprememb, človekovih dejavnosti in poselitve obvodnega prostora, ki vplivajo na vodni režim in režim transporta sedimentov. Doslej je bil s poenostavljeno metodo napovedovanja določen trend zmanjševanja koristnega volumna glede na dosedanje podatke o stanju dna iz rednih geodetskih izmer Ptujskega jezera od leta 1977 do leta 2020. Zaradi negotovosti metode določanja trenda je rezultat širši nabor možnih časovnih potekov, znotraj katerega se bo najverjetneje gibal pravilni rezultat, ki ga lahko poda obširnejša in bolj poglobljena analiza, ob uporabi zapletenih modelov, tako hidravličnih, kot tudi prognostičnih. Območje možnih potekov, ki ga prikazuje slika 1, omejujeta dve liniji, ki sta konstruirani na podlagi merjenih podatkov o prečnih profilih iz let 2016, 2018 in 2020. To obdobje je izbrano, ker meritve prečnih profilov v letih 2018 in 2020 kažejo očitno odstopanje od dotedanjega poteka spreminjanja dna jezera v smeri zmanjševanja koristnega volumna. Seveda je mogoče tudi odstopanje od tega območja v katero koli smer, kar pa je manj verjetno. Pravilnejšo smer bo pokazala vključitev izmere profilov jezera iz leta 2022, še pravilnejšo pa izčrpna in strokovno bolj poglobljena analiza. Ta bo vključevala obstoječe in predvidene ukrepe za zmanjšanje odlaganja sedimentov in za omejevanje nadaljnjega zmanjševanja koristnega volumna zadrževalnika HE Formin. Trenutna poenostavljena analiza kaže, da se bo koristni volumen Ptujskega jezera, ki se je od izgradnje do zdaj zmanjšal za približno 4 %, do leta 2030 zmanjšal za 7 do 16 %.



Slika 1: Trendna linija koristnega volumna Ptujskega jezera od profila P12 do Markovcev za obdobje od leta 1989 do 2020 (zelena črta) z napovedjo do leta 2030 (možen razpon med modro in rdečo linijo)

2.2 Vpliv zmanjšanja koristnega volumna na obratovanje HE Formin

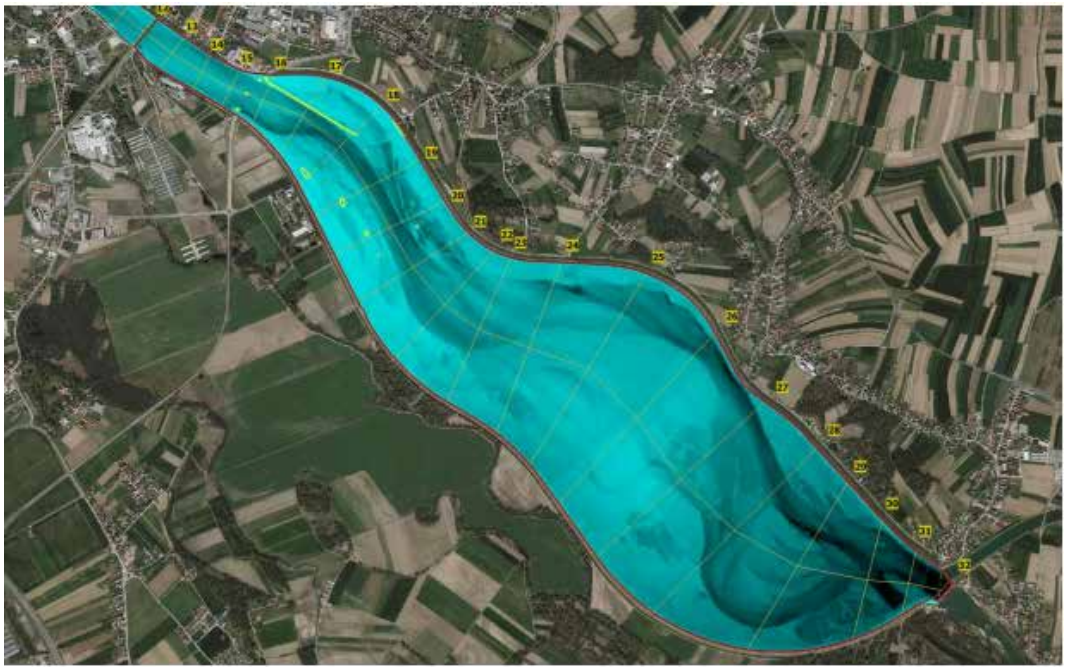
Ob nazivni koti gladine 220,00 m n.m. je dovoljeno nihanje gladine med +0,2 m in – 1,00 m, kar pomeni, med kotama gladine 219,00 in 220,20 mn.m. Torej ima HE Formin poleg dotoka Drave v jezero dnevno na razpolago za obratovanje še trenutni koristni volumen. Pri tem gre za dobre 4 milijone m^3 izkoristljivega volumna, s katerim si HE Formin ob premajhnem dotoku Drave lahko v času obratovanja poveča proizvodnjo s povečanjem pretoka. Pri tem mora upoštevati tudi največjo dovoljeno hitrost nižanja gladine v jezeru, ki znaša 0,20 m/h in pa tudi možnost kasnejše dopolnitve volumna jezera, ki pa je odvisna od pretoka Drave v času, ko HE Formin obratuje z zmanjšano močjo ali ne obratuje.

Če zelo poenostavimo izračun in upoštevamo, da omejitev hitrosti upadanja gladine v jezeru dosežemo pri približno 250 m^3/s razlike med iztočnim in dotočnim pretokom, bi to pomenilo, da lahko HE ob izkoriščanju celotnega koristnega volumna proizvede v 16 urah dodatnih 930 MWh električne energije. Seveda ob pogoju, da bo tolikšno količino lahko kasneje nadoknadila v času neobratovanja ali obratovanja z zmanjšano močjo. To bi bilomožno le, če HE obratuje v periodičnem režimu s proizvodnjo le vršne energije. Ob taki poenostavitvi bi to pri srednjem pretoku Drave 250 m^3/s pomenilo letno proizvodnjo dodatnih 340 GWh v primerjavi z obratovanjem po samem dotoku Drave brez izkoriščanja učinka akumulacijskega bazena. Zmanjšanje koristnega volumna za 7 – 16 % pa bi v tem primeru pomenilo ravno tolikšno zmanjšanje letne proizvodnje električne energije v HE Formin – torej za približno 25 do 55 GWh letno. To pa je količina, ki je več kot dvakrat večja od letne proizvodnje vseh malih hidroelektrarn, s katerimi trenutno razpolagajo DEM, oziroma predstavlja postavitev novih SE na površinah med 20 in 50 ha.

2.3 Tokovne razmere v trenutnem stanju dna zadrževalnika HE Formin

Prva stopnja hidravlične analize Ptujskega jezera je izdelava ustreznega hidravličnega modela. V okviru projekta LIFE IP RESTART je bil na Inštitutu za hidravlične raziskave zgrajen fizični hidravlični model Ptujskega jezera v merilu dolžin 1 : 100 in merilu višin 1 : 50. Skupaj z numeričnim modelom istega območja tvorita hibridni hidravlični model Ptujskega jezera. V trenutni fazi razvoja sta oba hidravlična modela izdelana brez upoštevanja transporta sedimentov – fizični model s trdnim dnom in numerični model brez sedimentnega modula, s katerim se izvajajo računske simulacije transporta sedimentov po in skozi Ptujsko jezero. Izdelava numeričnega modela transporta sedimentov je v teku, vendar model sedimentov v času priprave prispevka še ni primeren za uporabo, katere rezultat bi bil lahko uporabljen kot orodje za načrtovanje ukrepov in ureditev v jezeru.

Kot izhodiščno stanje oba modela upoštevata stanje dna in brežin iz leta 2006, za katerega je na razpolago kakovostna izmera dna jezera, na podlagi katere je bila mogoča izdelava (digitalnega) modela dna in brežin z resolucijo mreže 1 x 1 m (Slika 2).

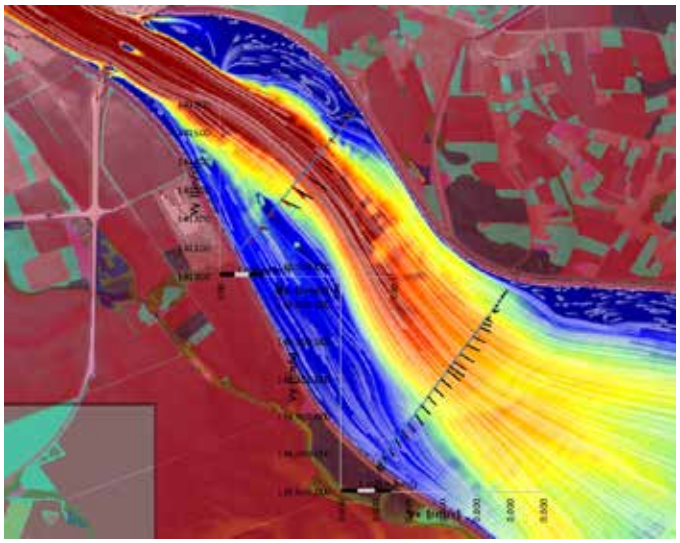


Slika 2: Izhodiščno stanje dna Ptujskega jezera v obeh hidravličnih modelih

Tokovne razmere v jezeru so bile za namen analize vpliva lokacij, velikosti in oblike načrtovanih zadrževalnikov sedimentov analizirane pri stalnem toku in za vse analizirane primere enakem pretoku Q = 2 000 m^3/s. Ta pretok je bil izbran, ker se lahko smatra za strugotvoren pretok tudi v večjem delu Ptujskega jezera. Pri manjših pretokih je tokovna slika v jezeru manj izrazita, hitrosti toka so na nekaterih območjih zelo majhne, ponekod že pod mejo merljivosti na fizičnem modelu.

Za opisano stanje jezera so bili izvršeni tako poskusi na fizičnem, kot tudi simulacije toka na numeričnem modelu. Poskusi na fizičnem modelu so zajemali meritve hitrosti toka v štirih celotnih in dveh delnih prečnih profilih, razvrščenih tako, da pokrivajo vse bistvene lokacije jezera, pomembne za primerjavo med različnimi variantami oblikovanja zadrževalnikov sedimentov. Lokacije so, zaradi značilnih tokovnih razmer, primerne tudi za primerjavo med modeloma in s tem za umerjanje numeričnega hidravličnega modela. Numerični model Ptujskega jezera je bil izdelan v programskem okolju HEC-RAS 6.3.1 kot 2D model s približno 90.000 računskimi celicami nepravilne oblike. Kot geometrijska osnova je služil digitalni model reliefa z mrežo 1 x 1 m, izdelan na podlagi generalne geodetke izmere Ptujskega jezera leta 2006. Za numerični model je bila uporabljena enaka podlaga kot za fizični model, kar zagotavlja njuno neposredno primerljivost, ki je nujna za pravilno umerjanje numeričnega modela. Umerjanje numeričnega modela je potekalo preko primerjave vzdolžnega profila gladin, primerjave generalne tokovne slike in primerjave vektorjev hitrosti v izbranih točkah obeh modelov. Kot osnovni prilagoditveni parameter za doseganje ustrezne podobnosti rezultatov obeh modelov je služila hrapavost dna in brežin numeričnega modela z ustreznim prilagajanjem po celotni površini jezera.

Slika 3 prikazuje hitrosti, izmerjene na fizičnem modelu v dveh merskih profilih na lokacijah stalnih geodetskih profilov P19 in P22, umeščene v tokovno sliko Ptujskega jezera, dobljeno kot rezultat numerične simulacije. Slika kaže zelo dobro kvalitativno ujemanje (smeri in relativna velikost vektorjev hitrosti), medtem ko je kvantitativno ujemanje močno pod vplivom dejavnikov, ki vplivajo na tok v fizičnem modelu in pod vplivom razlike med modeloma – meritve na fizičnem modelu dajejo trenutno vrednost v posamezni točki meritev, medtem ko numerični model daje vrednost hitrosti, ki je povprečena po vertikali in je časovno nespremenljiva. Numerični model namreč ne prikaže slučajnih nestacionarnosti in je v tem smislu idealiziran.



Slika 3: Vektorji hitrosti, izmerjenih na fizičnem hidravličnem modelu Ptujskega jezera za stanje brez zadrževalnikov sedimentov pri Q = 2 000 m³/s, vstavljeni v tokovno sliko jezera z numeričnega modela

3. Strategija upravljanja s sedimenti in hidravlični model

S Strategijo trajnostnega upravljanja s sedimenti zadrževalnikov HE na reki Dravi želi družba DEM zastaviti pot, dolgoročni okvir z ukrepi ter aktivnostmi, za dosego ciljev. Za uspešno oblikovanje strategije je potrebno analizirati trenutno stanje, identificirati ukrepe in tehnike ter med temi, ob vseh robnih pogojih, izbrati najbolj učinkovite, izvedljive in družbeno ter okoljsko sprejemljive ukrepe.

Znanstvena in strokovna literatura (Morris in Fan, 1998, Kondolf s sod., 2014, Sumi in Kantoush, 2018 idr.) ponuja vrsto učinkovitih ukrepov, s katerimi lahko podaljšamo življenjsko dobo hidroenergetskih objektov oziroma dolgoročno zagotavljamo potreben volumen zadrževalnikov. Ukrepe, ki naslavljajo problematiko upravljanja s sedimentom, obravnava tudi Program ukrepov upravljanja voda v sklopu Načrta upravljanja voda RS. Med temi je temeljni ukrep proučitev problematike rečnega sedimenta z vidika doseganja dobrega stanja voda (HM8b4), ukrepi, ki se navezujejo na doseganje dobrega ekološkega potenciala pri proizvodnji električne energije v velikih hidroelektrarnah (HM1a) in ukrepi s področja varstva voda pred onesnaženjem iz razpršenih virov (ON). Po identifikaciji in pregledu možnih ukrepov, oceni njihovih prednosti in slabosti, se bo izbralo tiste ukrepe ali kombinacijo ukrepov, ki so najbolj učinkoviti in izvedljivi glede na zastavljene cilje in druge dejavnike. Izbira ukrepov je namreč kompleksen proces, odvisen od starosti objekta, hidro-morfoloških lastnosti, načina obratovanja, lege v prostoru in lastnosti prispevnega območja, lastnosti sedimenta, ekonomike, tehnične izvedljivosti ukrepa, pravnih okvirjev, okoljske in družbene sprejemljivosti ter drugih dejavnikov.

V vsem tem procesu so hidravlični modeli močno orodje za analizo trenutnih hidravličnih razmer in premeščanja sedimentov ter simulacijo in preizkušanje učinkovitosti različnih ukrepov ter scenarijev za več let ali desetletij. Ker je pri izbiri ukrepov treba upoštevati še vrsto drugih robnih pogojev in dejavnikov, je smiselno uporabiti tudi večkriterijske modele za analizo stroškov in koristi, oceno celotnega življenjskega cikla ipd. Tako si zagotovimo celovito oceno različnih vidikov ukrepa, vključno z ekonomskimi, okoljskimi in družbenimi učinki in omogočimo bolj uravnoteženo odločanje, ki upošteva širši spekter interesov, potreb in zahtev različnih deležnikov. Izbrane ukrepe je treba izvesti in sistematično spremljati njihove učinke ter po potrebi prilagajati ukrepe in strategijo.

4. Zaključki

Po analizi tokovnih razmer in odlaganja sedimentov v zadrževalniku HE Formin, analizah lastnosti sedimenta Ptujskega jezera, pregleda in izbora možnih ukrepov, se preverja vpliv izvedbe treh zadrževalnikov za osuševanje sedimenta na brežinah jezera, podvodnih usmerjevalnikov in nekaterih drugih ukrepov na tokovne razmere in premeščanje sedimenta. Za potrebe pridobitve dovoljenja za poseg v naravo Zavoda RS za varstvo narave (ZRSVN), ker se zadrževalnik HE Formin, tako kot drugi zadrževalniki na reki Dravi, vključno z reko Dravo, uvrščajo v območje Natura2000 in Ekološko pomembno območje, je v naročilu tudi študija o vplivu premeščanja in odstranjevanja sedimenta na obstoječe habitate, sestoje makrofitov,

bentoških nevretenčarjev, rib in ptic. Ob sodelovanju z Direkcijo RS za vode, ZRSVN, ribiškimi družinami, lokalnimi skupnostmi in drugimi deležniki, poteka tudi čezmejno sodelovanje z avstrijsko družbo Verbund Austrian Hydro Power ter s hrvaško družbo HEP Energijo d.o.o. Sedimenti se namreč premeščajo vzdolž celotne reke Drave, čez meje treh držav in če želimo celovito in trajnostno rešiti težave s sedimenti, je potrebna usklajena koordinacija med vsemi državami, kar prispeva k bolj uravnoteženim rešitvam.

Z izdelavo hidravličnega modela in strategije sta narejena prva ključna koraka pri učinkovitem upravljanju s sedimenti, saj omogočata temeljito razumevanje izzivov in potreb pri upravljanju s sedimenti. V nadaljevanju bo treba model še dodatno sproti verificirati in posodabljati glede na prihajajoče hidrološke razmere, izdelati modele za preostale zadrževalnike na reki Dravi ter ustrezno dopolniti strategijo upravljanja. Le tako bo lahko zagotovljeno dolgoročno in celovito upravljanje s sedimenti ter izpolnjevanje obveznosti, ki jih mora družba DEM izvajati v skladu s koncesijsko pogodbo.

5. Viri

[1] KONDOLF, G. M. s sod. 2014. Sustainable sediment management in reservoirs and regulated rivers: Experiences from five continents, Earth's Future, 2, 256–280.

[2] MORRIS, G.L., FAN, J., 1998. Reservoir sedimentation handbook. New York: McGraw-Hill Book Co.

[3] SUMI, T.; KANTOUSH, S. A., 2018. Innovative strategies for managing reservoir sedimentation in Japan. In: Hydrolink 2018/4. Madrid: International Association for Hydro-Environment, Engineering and Research (IAHR). 100-104.

OBNOVA REČNE DINAMIKE IN VODNIH HABITATOV NA PROJEKTNEM OBMOČJU NATURA 2000, VZDOLŽ CELOTNEGA SLOVENSKEGA ODSEKA REKE MURE

SAŠA SOBOČAN, dipl. gosp. inž. (UN)

Pomgrad VGP d.d.

POVZETEK

V okviru projekta Natura Mura se je oblikovalo in izvajalo ureditve, ki bodo izboljšale stanje ohranjenosti treh ciljnih habitatnih tipov in 12 ciljnih vrst območij Natura 2000 vzdolž reke Mure. Trenutno stanje poplavnega območja in dinamike reke Mure je v slabem ohranitvenem stanju. Projekt naslavlja ključne grožnje, kot so regulirana rečna struga, klimatske spremembe, tujerodne invazivne rastline in bolezni, intenzifikacija rabe poplavnega prostora in opuščanje rabe ekstenzivnih travišč. Projekt združuje aktivnosti iz področja vodarstva, gozdarstva in interpretacije narave. Projektno območje izvedbe akcij je v celoti na Natura 2000 in Biosfernem območju Mura, katero je pod okriljem UNESCA. Projektirale in izvedle so se obnove mrtvic (Zaton, Podkova), vzpostavitve mreže mlak v gozdnem prostoru (20 mlak), obnove rokavov (Besnica, Lukačeva struga, Dokležovje I, Dokležovje II, Srednja Bistrica, Alter graba) in ukrepi za omogočanje kontroliranih širitev struge Mure (Petanjci, Mota, Konjišče, Dokležovje).

1. Uvod

Projektno območje je območje Natura 2000 vzdolž celotnega slovenskega odseka reke Mure, kar obsega tudi mejna odseka z Republiko Avstrijo in Republiko Hrvaško. Razprostira se na površini 147,5 km2. Ključni sklopi neposrednih projektnih aktivnosti so obnova rečne dinamike in vodnih habitatov, vzdrževanje in obnova poplavnih gozdov, vzdrževanje in obnova mokrotnih travišč, ukrepi varstva pomembnih delov habitatov območja Natura in vzpostavitev celovite interpretacije na območju Natura 2000 Mura. Operacija je sofinancirana iz prednostne naložbe »Varstvo in obnova biotske raznovrstnosti in tal ter spodbujanje ekosistemskih storitev, vključno z omrežjem Natura 2000 in zelenimi infrastrukturami« iz Operativnega programa za izvajanje evropske kohezijske politike v obdobju 2014–2020. Naložbo sofinancirata Republika Slovenija in Evropska unija iz Evropskega sklada za regionalni razvoj.

2. Ureditve mrtvic, rokavov ter mlak v gozdnem prostoru

2.1 Namen in cilji

Zaradi preteklih posegov človeka v reko in njen poplavni prostor in neustreznega upravljanja je večina kvalifikacijskih vrst in habitatnih tipov danes v slabem ohranitvenem stanju. Posledično se izgublja naravna pestrost ter številne ekosistemske usluge, ki jih reka Mura zagotavlja ljudem. Zaustavljanje rečne dinamike predstavlja grožnjo izginjanja obrečnih habitatov. Prav tako pa zaradi utrjenosti in poglabljanja struge reke Mure upada nivo podtalnice in s tem število ter pestrost habitatov. V bližnji prihodnosti je na območju reke Mure nujno potrebno izvesti dejavnosti revitalizacije reke in obrečnih habitatov.

2.2 Predstavitev ureditev

2.2.1 Vzpostavitev novih vodnih površin- mlake

Izbranih je bilo 20 lokacij mlak vse od Konjišča do Mote v bolj ali manj neposredni bližini Mure. Velika večina vseh mlak je lociranih na območju obstoječih depresij na zemljiščih v javni lasti. Mlake za vse lokacije so se izvedle na podoben način. Najprej se je izvedel posek in odstranitev zarasti na površini cca. 200 m2. Strojni izkop kotanje se je izvedel na površini cca. 100 m2, vsaj do globine podtalnice. Mlake se postopoma polnijo s podtalnico, gladine podtalne vode pa korelirajo z gladino vode v reki Muri. Zato se je za projektni nivo podtalnice privzela gladina Mure ob srednjem letnem pretoku nizke vode (MJNQ), ki na tem območju znaša 58 m3/s. Kote dna so tako načrtovane glede na gladino Mure pri nizkih pretokih. Pri projektiranju se je poizkušala posnemati oblika naravnih depresij na terenu. Tlorisni potek mlak je sonaraven in sicer v okrogli naravni ali ledvičasti obliki.

2.2.2 Obnova mrtvice Zaton

Izginjanje mrtvic in drugih manjših stoječih voda, kot posledica zaustavljene naravne rečne dinamike, predstavlja grožnjo izginjanja obrečnih habitatov. Prav tako pa zaradi utrjenosti struge reke Mure na večini njenega toka nove mrtvice že desetletja ne nastajajo več. Eden ključnih habitatov te vrste, kjer je bila v preteklosti prisotna velika populacija, je mrtvica Zaton, ki danes ne predstavlja več stalno omočene vodne površine. Naravovarstveno prestavlja najpomembnejšo mrtvico reke Mure v njenem zgornjem toku v Sloveniji. Območje mrtvice je bilo močno zaraščeno z lesenimi vrstami. Zaradi zaraščenosti in upada podtalnice je mrtvica v veliki meri okopnela. Voda se je pojavila le ob višjih pretokih in gladinah reke Mure, ki narekuje nivo podtalnice.Mrtvica se bo postopoma polnila s podtalnico. Ker gladine podtalne vode korelirajo z gladino vode v reki Muri, smo za projektni nivo podtalnice privzeli gladine Mure ob srednjem letnem pretoku nizke vode (MJNQ). Privzeli smo gladine na lokaciji pred mostom Radenci-Petanjci.



Slika 1: Mrtvica Zaton pred in po izvedenih delih. Vir: Pomgrad VGP, 2022

2.2.3 Obnova mrtvice Podkova

Zaradi upadanja nivoja podtalnice ter povečanega vnosa hranil prihaja do osuševanja in kopnenja tudi na že vsaj 160 let stari mrtvici Podkova. Z osuševanjem izginja tudi ključni habitat, na katerega so med drugimi vezane tudi ličinke dristavičnega spreletavca. Za ohranjanje habitatov je nujno ohranjanje ključnih mrtvic, med katere spada tudi mrtvica Podkova. Ker dovolj obsežna obnova hidro-morfoloških procesov meandriranja reke Mure v urbaniziranem prostoru ni več mogoča, je edini način za ohranitev ključnih mrtvic njihova obnova– podaljšanje življenjske dobe. Območje mrtvice se nahaja v bližini manjšega naselja Benica, v katastrski občini Petišovci. Območje je obdano s kmetijskimi obdelovalnimi površinami in travnatimi površinami. Poleg Mure na jugu, teče 500 m od najbolj severnega dela mrtvice tudi vodotok Ledava. Povprečna širina izkopa je 20 m, z blažjimi nakloni brežin. Nakloni brežin se spreminjajo glede na sam obstoječ teren, globino in sonaraven potek mrtvice.



Slika 2: mrtvica Podkova pred in po izvedenih delih. Vir: Pomgrad VGP, 2022

2.2.4 Obnova rokava Lukačeva struga

Obstoječi vtok v rokav Lukačeva struga je bil v preteklosti reguliran z betonsko zapornico, ki je služila za regulacijo pretoka v rokavu, saj se je znotraj rokava nahajal mlin. Skozi čas se je delovanje mlina opustilo in opuščena betonska

zapornica ni opravljala nobene funkcije. Na samem vtoku v rokav je bila vidna močna zaplavljenost s prodom in drugimi sedimenti, ki se je v začetnem delu rokava nakopičila v zadnjih desetletjih. Voda v Lukačevo strugo je tako tekla samo ob visokih vodah Mure. Cilj je bila odstranitev tega usedlega materiala in s tem poglobitev vtočnega dela rokava. Izveden je bil izkop in poglobitev rokava v dolžini 90 m. Načrtovana niveleta rokava ima blag padec proti notranjosti rokava 0,2% in se v najbolj notranjem profilu približa in naveže na obstoječ teren. Za zagotovitev potrebne nivelete, je na nekaterih odsekih izkop v globini večji od 1 m. Izkop je v osnovi trapezne oblike, pri čemer pa širina dna in nakloni brežin variirajo glede na možnosti in samo situacijo na terenu.

2.2.5 Sonaravna ureditev rokava Besnica

Trasa celotnega rokava Besnice poteka po obrečnem gozdnem območju in se po 2,7 km priključi nazaj v Muro. Obravnavano območje je vtok v rokav, v dolžini 130 m. Prejšnji vtok v rokav Besnica je bil speljan pod skoraj pravim kotom glede na strugo reke Mure. Takšen vtok je hidravlično najmanj ugoden in zmanjšuje potencial polnjenja rokava. Poleg tega je Mura na takšnem vtoku odlagala več materiala – proda, s čimer se je zviševala kota vtoka v rokav in zmanjševalo napajanje rokava. Izkopan je bil nov vtok v rokav v dolžini 50 m. Po 50 m se naveže na obstoječo traso rokava. Vtok je na koti 184,60 m.n.v., kar je 30 cm pod vzpostavljeno gladino pri 100 m^3/s Mure. S tem je omogočeno napajanje rokava v večjem delu leta. Niveleta načrtovanega rokava ima blag padec proti notranjosti rokava cca 0,07 %



Slika 3: Primerjava pred in po izvedenih delih na rokavu Besnica. Vir: Pomgrad VGP, 2022

2.2.6 Obnova rokava Alter Graba

Lokacija predstavlja edino območje, kjer je na odseku Mure od Ceršaka do Trat možno izvesti večje renaturacijske posege. Načrtovana je obnova oz. izkop novega rokava in navezava na obstoječ rokav. Za odsek Alter Grabe je bil v programskem okolju HEC-HMS narejen »full« 2D hidravlični model. Z modelom smo poizkušali prikazati vzpostavljene hidravlične, dinamične razmere na obravnavanem območju pred in po izvedbi ureditev. Hidravlični model je bil izdelan na podlagi pridobljenega

DMT-ja in izvedenega geodetskega posnetka. Vhodni podatek v hidravlični model so predstavljali različni karakteristični pretoki Mure. Maksimalen pretok v načrtovanem rokavu je omejen na 2 m^3/s pri 60 m^3/s Mure. Na podlagi tega pogoja je bil načrtovan tudi sam vtok v rokav. Izkazalo se je, da po izvedbi in po poglobitvi obstoječega rokava Mura v večji meri polni območje mokrišča.



Slika 4: Odpiranje rokava Alter Graba. Vir: Pomgrad VGP, 2023

2.2.7 Razširitev struge Petanjci

V dolžini 950 m se je odstranilo obstoječe obrežno zavarovanje in se prestavilo v zaledje. Obstoječo traso poti se je prestavilo vzdolž novega obrežnega zavarovanja. Na mestih, kjer se je zavarovanje odstranilo prihaja do naravnih procesov erodiranja in širjenja brežine, ki sega vse do linije novega vzdolžnega zavarovanja. Celotno območje aktivnosti v sklopu razširitve je velikosti 8,8 ha. Erodiran material odnaša reka Mura, ki ga potem odlaga v obliki sipin ali pa ga odlaga na rečno dno.



Slika 5: Izvedba pasivnega zavarovanja Petanjci z zraka. Vir: Pomgrad VGP, 2022

2.2.8 Razširitev struge Dokležovje in obnova rokava Dokležovje I

V dolžini 310 m se je odstranilo obstoječe obrežno zavarovanje s čimer se omogoči erozijske procese in razširjanje struge. V dolžini 220 m se je izkopal nov rokav, ki se je navezal na obstoječ rokav. Obstoječi rokav se je na celotnem odseku, do izliva

nazaj v Muro, nekoliko poglobil, tako da se ohranja konstanten padec nivelete v osi rokava. Obrežno zavarovanje se je prestavilo na zunanjo brežino rokava- uporabilo se je obstoječe obrežno zavarovanje ter sonaravno obrežno zavarovanje s štori ter ostalo lesno biomaso. Vtok v rokav se je izvedel na koti 40 cm nižje od vzpostavljene gladine pri Q = 110 m^3/s Mure. S tem je omogočena bolj ali manj stalna omočenost rokava preko celotnega leta, tudi ob nižjih, sušnih pretokih Mure. Na zunanji brežini rokava se je izvedlo zavarovanje s kamnom, s katerim preprečujemo širjenje struge Mure še bolj v notranjost.



Slika 6: Odpiranje rokava Dokležovje I in območje po končanih delih. Vir: Pomgrad VGP, 2022

2.2.9 Obnova rokava Dokležovje II

Izvedel se je nov vtok v rokav z navezavo na obstoječi rokav in poglobitev v dolžini cca. 180 m. 25 m gorvodno nad lokacijo sedanjega zaprtega vtoka se je izvedel nov vtok v rokav. Višinska kota dna vtoka v rokav se je znižala vsaj 30 cm pod nivo gladine Mure pri pretoku 110 m3 /s, s čemer se je omogočilo napajanje rokava v večjem delu leta. Vtok v rokav se je izkopal pod hidravlično ugodnim kotom napram brežini Mure. S tem dosežemo boljše napajanje rokava in manjše možnosti za večjo sedimentacijo na območju vtoka. Odstranjeni kamniti elementi so se uporabili za zavarovanje notranjosti rokava. Od lokacije vtoka se je v dolžini cca. 170 m izvedlo čiščenje naplavin in poglobitev rokava. Izvedlo se zavarovanje notranjosti rokava: na bolj izpostavljenih mestih se je uporabilo sonaravno zavarovanje- lesna biomasa.



Slika 7: Odpiranje rokava Dokležovje II. Vir: Pomgrad VGP, 2023

2.2.10 Razširitev struge Konjišče

Aktivnosti na tej lokaciji so bile podobne kot na Petanjcih in na Moti- odstranitev obrežnega zavarovanja na 950 m, izvedba pasivnega zavarovanja v zaledju, prestavitev obstoječe trase poti na lokacijo novega pasivnega zavarovanja. Na mestih, kjer se zavarovanje odstrani pride do naravnih procesov erodiranja in širjenja brežine, ki sega vse do linije novega vzdolžnega zavarovanja. Celotno območje aktivnosti je veliko 9 ha. 150 m od začetka aktivnosti se je izdelala manjša kamnita struktura v reki Muri, ki vodo usmerja v območje razširitve struge. Z zložbo preusmerjamo tok in ustvarjamo boljše pogoje za začetek trganja brežine in širjenja struge. Prav tako se je izkopala zajeda na območju strukture v brežini reke Mure, ki iniciira erozijo.



Slika 8: Kamnita struktura in zajeda v Konjišču. Vir: Pomgrad VGP, 2023

2.2.11 Srednja Bistrica

Glavni namen projekta in aktivnosti obnove rokava Srednja Bistrica je izboljšanje napajanja rokava in omogočanje nemotene prehodnosti za bobra in druge vrste v notranjost rokava. Hkrati z zagotovitvijo nemotenega toka vode iz Mure v rokav, pri vseh vodostajih Mure, vzpodbudimo hidro morfološke procese v celotnem rokavu. Na vtoku v rokav se je delno odstranila kamnita bariera- odstranjeni kamen se je uporabil pri sanaciji manjše zajede, ki se je nahajala v notranjosti na brežini obstoječega rokava. Del prve kamnite ovire in pa celotna spodnja, vzdolžna kamnita zložba sta se ohranili. Z njima preusmerjamo matico toka Mure in preprečujemo večji vnos materiala v rokav, prav tako pa usmerjamo tok v rokav po trasi načrtovane poglobitve.



Slika 9: Odstranjevanje kamnite bariere v Srednji Bistrici. Vir: Pomgrad VGP, 2023

2.2.12 Razširitev struge Mota

Namen projekta je bil povečati število in intenzivnost naravnih hidromorfoloških procesov z razširitvijo struge reke Mure. Glavna aktivnost v sklopu projekta je prestavitev zavarovanja in s tem omogočanje procesov razširitve aktivne struge reke. Odstranilo se je zavarovanja na začetku pri vtoku in prestavilo v zaledje. Prav tako so se odstranili manjši kamniti otočki na začetku vtoka. Linijsko pasivno zavarovanje v zaledju se je izvedlo od vtoka v dolžini 140 m. Na ostalih odsekih, kjer se pričakujejo močnejši erozijski procesi, se je brežina zaščitila in stabilizirala s kombinacijo kamna in lesne biomase (štori, veje, debla). Na lokaciji obstoječega vtoka Mure v notranjost rokava se je izvedlo čiščenje naplavin, z namenom zagotovitve večjega dotoka vode v rokav.



Slika 10: Odstranjevanje manjših otočkov na začetku aktivnosti v Moti in sonaravno zavarovanje brežine. Vir: Pomgrad VGP, 2023

3. Zaključek

Reka Mura s svojim poplavnim pasom predstavlja izjemno naravno in kulturno dediščino Pomurja, Slovenije in sveta. Reka, poplavni gozdovi, rečni rokavi, mrtvice in pestra kulturna krajina so življenjski prostor številnih redkih in ogroženih rastlinskih in živalskih vrst ter zagotavljajo številne dobrine lokalnim prebivalcem. V projektu Natura Mura z ukrepi za doseganje ciljev Nature 2000 prispevamo k dobrobiti narave in ljudi.

4. Viri

[1] Akcijski načrt obnove rečnih in obrečnih habitatov na območju Natura 2000 Mura, projekt: coop MDD, DTP1 259 2.3, Zavod RS za varstvo narave, 2019

[2] PZI, IZVEDBA UKREPOV ZA OBNOVO MOKROTNIH HABITATOV OB MURI – NATURA MURA, Vzpostavitev novih vodnih površin – mlake, Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o., november 2021

[3] PZI, IZVEDBA UKREPOV ZA OBNOVO MOKROTNIH HABITATOV OB MURI – NATURA MURA, Obnova mrtvice Podkova, Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o., december 2021

[4] PZI, IZVEDBA UKREPOV ZA OBNOVO MOKROTNIH HABITATOV OB MURI – NATURA MURA, Obnova mrtvice Zaton, Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o., november 2021

[5] PZI, IZVEDBA UKREPOV ZA OBNOVO MOKROTNIH HABITATOV OB MURI – NATURA MURA, Obnova rokava Lukačeva struga, Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o., februar 2022

[6] PZI, IZVEDBA UKREPOV ZA OBNOVO MOKROTNIH HABITATOV OB MURI – NATURA MURA, Obnova rokava Besnica II, Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o., januar 2022

[7] PZI, IZVEDBA UKREPOV ZA OBNOVO MOKROTNIH HABITATOV OB MURI – NATURA MURA, Obnova rokava Alter graba, Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o., julij 2022

[8] PZI, IZVEDBA UKREPOV ZA OBNOVO MOKROTNIH HABITATOV OB MURI – NATURA MURA, Razširitev struge Dokležovje in obnova rokava Dokležovje I, Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o., junij 2022

[9] PZI, IZVEDBA UKREPOV ZA OBNOVO MOKROTNIH HABITATOV OB MURI – NATURA MURA, Obnova rokava Dokležovje II, Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o., julij 2022

[10] PZI, IZVEDBA UKREPOV ZA OBNOVO MOKROTNIH HABITATOV OB MURI – NATURA MURA, Razširitev struge Petanjci, Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o., maj 2022

[11] PZI, IZVEDBA UKREPOV ZA OBNOVO MOKROTNIH HABITATOV OB MURI – NATURA MURA, Razširitev struge Konjišče, Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o., september 2022

[12] PZI, IZVEDBA UKREPOV ZA OBNOVO MOKROTNIH HABITATOV OB MURI – NATURA MURA, Obnova rokava Srednja Bistrica , Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o., oktober 2022

[13] PZI, IZVEDBA UKREPOV ZA OBNOVO MOKROTNIH HABITATOV OB MURI – NATURA MURA, Razširitev struge Mota, Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o., avgust 2022

[14] Priročnik za prepoznavanje in načrtovanje zelene infrastrukture, Inštitut za vode Republike Slovenije in Ministrstvo za okolje in prostor, maj 2021

OBNOVA REČNIH KORIDORJEV NA POVODJU DONAVE – CELOVIT PRISTOP K UDEJANJANJU OKOLJSKIH CILJEV V OKVIRU PROJEKTA DANUBE4all

asis. dr. KLAUDIJA LEBAR[1], PETRA REPNIK[1,2],
asis. dr. MATEJA KLUN[1], izr. prof. dr. SIMON RUSJAN[1]

[1]Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
[2]Ministrstvo za naravne vire in prostor, Direkcija Republike Slovenije za vode

POVZETEK

V 36 evropskih državah je identificiranih več kot milijon rečnih ovir (npr. pregrade, pragovi), katerih posledica je velika izguba vzdolžne zveznosti (kontinuitete) rek kot tudi prečne povezljivosti rek s poplavnimi ravnicami in po nekaterih ocenah znaša med 70 in 90 %. Kljub prizadevanjem evropske politike se obnovitveni ukrepi površinskih vodnih ekosistemov ne izvajajo skladno z zastavljenimi cilji (to je doseganje dobrega stanja do leta 2027). Razlogi za to se med drugim skrivajo v ne-vključevanju lokalnih prebivalcev in podjetij ter njihovi slabi osveščenosti in pomanjkanju znanja o pomenu tovrstnih ukrepov za vodne ekosisteme in izboljšanje ekološkega stanja vodnih teles. Z namenom izboljšanja stanja je bil pripravljen predlog mednarodnega projekta DANUBE4all za območje povodja Donave, ki je bil potrjen in se je začel izvajati januarja 2023. V tem prispevku so predstavljene najpomembnejše aktivnosti Horizon Europe projekta DANUBE4all. Glavni cilj projekta je priprava in razvoj temeljnega in javnega akcijskega načrta za obnovo povodja reke Donave s poudarkom na obnovi rečnih koridorjev v sklopu misije »Obnovimo naše oceane in vode do leta 2030«. Na projektu kot partner in pridruženi partner sodelujeta tudi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo in Direkcija Republike Slovenije za vode.

Ključne besede:

projekt DANUBE4all; povodje Donave; obnova površinskih voda; okoljski cilji; ocena zveznosti

1. Uvod

Vodnogospodarski objekti (npr. pregrade, jezovi, pragovi, nasipi), umeščeni v vodna telesa površinskih voda, so nedvomno potrebni za zagotavljanje zadostnih količin vode za različne rabe, kot so oskrba s pitno vodo, pridobivanje električne energije, in plovba za namen transporta ter urejanja voda z namenom zmanjševanja

poplavne in erozijske ogroženosti. Na drugi strani pa imajo reke pomembno vlogo pri zagotavljanju biotsko raznovrstnih ekosistemov (Reid et al., 2019). Stanje biotske raznovrstnosti na povodju reke Donave, ki mu v več kot 80 % pripada tudi ozemlje Slovenije, se je izrazito poslabšalo, kljub številnim ukrepom in investicijam za izboljšanje stanja. Po podatkih Belletti et al. (2020)but they are often fragmented by barriers to free flow3. In Europe, attempts to quantify river connectivity have been hampered by the absence of a harmonized barrier database. Here we show that there are at least 1.2 million instream barriers in 36 European countries (with a mean density of 0.74 barriers per kilometre je na evropskih rekah (36 držav) umeščenih in zgrajenih več kot milijon objektov, ki predstavljajo oviro za nemoteno (vzdolžno) prehajanje oziroma povezljivost. Zaskrbljujoča je tudi informacija, da so se zaradi potreb plovbe, vršnega obratovanja hidroelektrarn in ukrepov zmanjševanja poplavne ogroženosti prekinile povezave med 80 % poplavnih ravnic in glavnim tokom reke Donave (Hein et al., 2016).

Opisana skrb vzbujajoča situacija je združila številne strokovnjake različnih področij iz podonavskih ter drugih evropskih držav v pripravo projekta Horizon Europe. Kandidatura projekta z akronimom DANUBE4all (*Restoration of the Danube River Basin Waters for Ecosystems and People from Mountains to Coast*) je bila oddana v letu 2022 in bila isto leto tudi odobrena. Cilji projekta obravnavajo prej orisano problematiko razdrobljenosti in prekinjenosti rečnih koridorjev in njihove posledice. Projekt se je začel izvajati 1. januarja 2023 in bo trajal do konca leta 2027. V nadaljevanju prispevka je opisana administrativna struktura projekta DANUEBE4all, delovni sklopi z začrtanimi aktivnostmi in cilji ter učinki in doprinosi projekta.

1.1 Opis projekta DANUBE4all

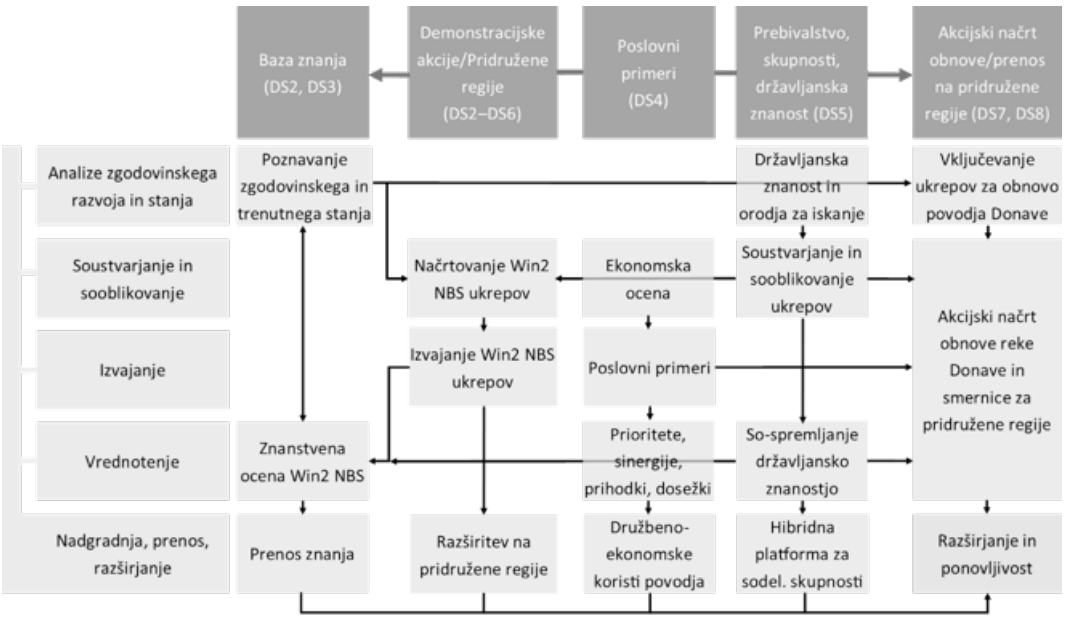
Konzorcij projekta je sestavljen iz 48 organizacij (akademske, raziskovalne, nevladne organizacije ter srednja in mala podjetja) iz 14 različnih držav iz Evrope, predvsem z območja povodja reke Donave. Projektni partner iz Slovenije je Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, pridruženi partner pa tudi Ministrstvo za naravne vire in prostor, Direkcija RS za vode. Vodilni partner je Univerza za naravne vire in življenjske vede z Dunaja (BOKU). Skupna vrednost projekta znaša osem milijonov EUR.

Glavni cilj projekta je priprava in razvoj temeljnega akcijskega načrta za obnovo povodja reke Donave v sklopu misije »Obnovimo naše oceane in vode do leta 2030«. Proces razvoja omenjenega akcijskega načrta bo temeljil na rezultatih testiranj na izbranih demonstracijskih območjih in izmenjavi znanja med izbranimi podonavskimi sinergijskimi lokacijami, ki so predstavljena v nadaljevanju prispevka. Akcijski načrt bo po koncu projekta služil kot vizija za prenos tudi na druga območja vzdolž reke Donave pa tudi v pridruženih regijah, ki se nahajajo izven povodja Donave. Vsebina akcijskega načrta bo temeljila na znanstvenih dognanjih, bo praktično orientirana ter bo pripravljena skupaj z deležniki (prebivalci, gospodarskimi subjekti, nevladnimi organizacijami, odločevalci).

Za dosego glavnega cilja projekta DANUBE4all je projekt administrativno in vsebinsko razdeljen v osem delovnih sklopov (DS):

- DS1: Vodenje projekta;
- DS2: Povezava rek, poplavnih ravnic in delte;
- DS3: Izboljšava (ekološkega) stanja voda in ciljnih populacijskih vrst;
- DS4: Ustvarjanje številnih koristi in poslovnih modelov na podlagi NBS (na naravi temelječih oz. sonaravnih) rešitev;
- DS5: Opolnomočenje prebivalstva, skupnosti in državljanska znanost;
- DS6: Demonstracijska mesta za obnovo;
- DS7: Dejavnosti za obnovo Donave, razširjanje in ponovljivost;
- DS8: Razširjanje in komunikacija (diseminacija) projektnih rezultatov.

V okviru DS2 in DS3 je predvidena vzpostavitev baze znanja za ponovno vzpostavitev povezljivosti med rečnimi strugami, poplavnimi ravnicami in delto kot tudi za izboljšanje stanja voda in ogroženih vrst. Namen DS4, ki obsega dejavnosti identifikacije in predstavitve številnih koristi za družbo, izhajajoče iz izvajanja na naravi temelječih rešitev (angl. *nature based solutions, NBS*) v rečnih sistemih in na poplavnih ravnicah povodja Donave, je premagati sociološke in ekološke ovire procesa obnove površinskih voda. Dejavnosti tega delovnega sklopa so osredinjene na vključevanje skupnosti in prebivalcev povodja Donave, katerih možnosti in oblike bodo proučevane v sklopu DS5. Aktivnosti delovnega slopa DS6 obsegajo pretvorbo teorije (DS2, DS3, DS4) v prakso, in sicer preko implementacije ukrepov na treh demonstracijskih mestih, opisanih v naslednjem poglavju. Na podlagi opredeljenih (DS2, DS3) in izvedenih (DS6) obnovitvenih ukrepov bo v sklopu dejavnosti delovnega sklopa DS7 pripravljen akcijski načrt za obnovo površinskih voda povodja Donave, ki bo služil za razširjanje dobrih praks izven demonstracijskih območij, torej na druge lokacije. Za izbrane pridružene regije, katerih lokacija bo izven povodja reke Donave, bodo v sklopu DS7 pripravljene tudi smernice za prenos oziroma ponovljivost obnovitvenih ukrepov, s čimer bo zagotovljen prenos rezultatov projekta v širši evropski prostor. Sprotna komunikacija rezultatov in projektnih aktivnosti bo potekala v sklopu delovnega sklopa DS8. Za ta namen je bila vzpostavljena tudi uradna spletna stran projekta: https://www.danube4allproject.eu/. Delovni sklop DS1 je namenjen vodenju projekta in splošni organizaciji ter koordinaciji projektnih aktivnosti, kot tudi za ustrezno obravnavo znanstvenih, tehničnih, administrativnih in finančnih vidikov projekta. Posamezne faze projekta in njihova medsebojna vsebinska povezanost so shematsko prikazani na Sliki 1.

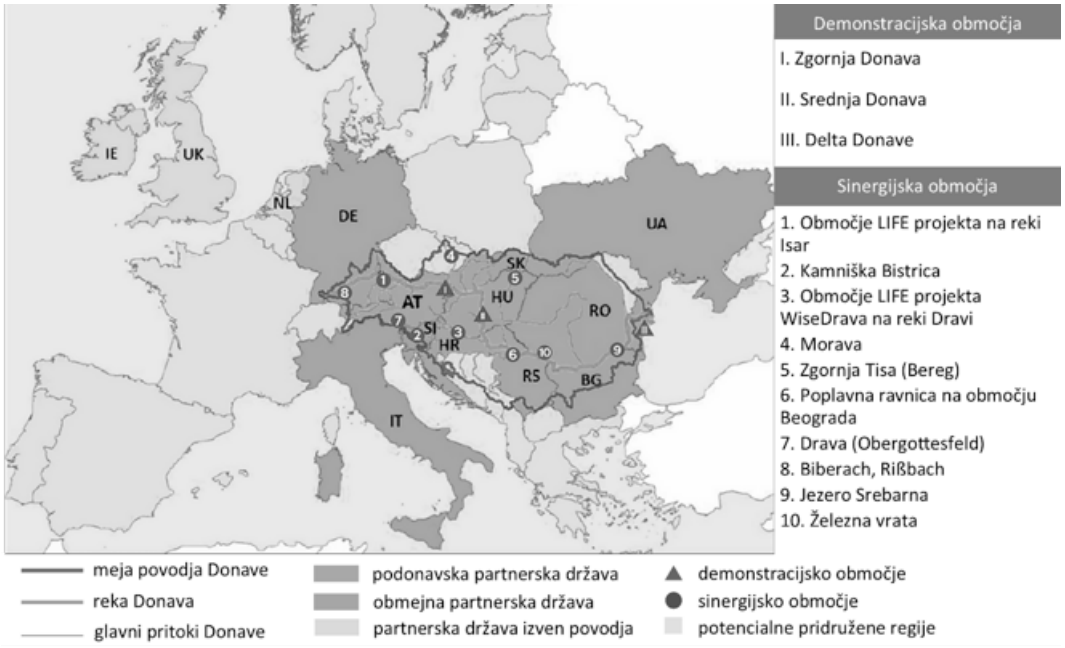


Slika 1 Shematski prikaz posameznih faz in njihove vsebinske povezanosti projekta DANUBE4all

2. Demonstracijska območja, območja sinergij in pridružene regije

Demonstracijske lokacije so razpršene vzdolž toka reke Donave (Slika 2). V zgornjem toku Donave, kjer so nakloni dna struge večji, rečno dno prodnato, režim premeščanja sedimentov je predvsem zaradi številnih vodnogospodarskih objektov moten, poplavne ravnice prekinjene oz. namenjene različnim rabam prostora, posledično se povečuje tveganje za poplave in suše v luči podnebnih sprememb kot tudi tveganje za izgubo dobrega ekološkega statusa, je kot demonstracijsko območje izbran odsek med Dunajem in Bratislavo (nacionalni park Donau-Auen). V srednjem toku je reka močno podvržena regulacijam za potrebe plovbe, nakloni so položnejši, sediment pa finejši in v primanjkljaju, poplavne ravnice so odrezane, tveganje za ekstremne poplave in suše pa visoko. Na tem območju gorvodno od Budimpešte (Sződliget), je bilo določeno drugo demonstracijsko mesto oziroma odsek reke, ki je bil v preteklosti popolnoma reguliran, zaradi česar so bili izgubljeni številni habitati in izsušeni rečni rokavi. Tretje demonstracijsko mesto se nahaja v spodnjem toku Donave, na biosfernem območju delte v Romuniji. Predvsem v drugi polovici 20. stoletja je bilo območje pod vplivom številnih posegov, ki so povzročili drastično spremembo hidrološkega režima in imajo posledično učinek tudi na kakovost ekosistemskih storitev in življenje prebivalcev. Spodnji tok reke je bil reguliran za plovbo morskih ladij, zaradi deficita sedimentov iz Donave v Črno morje je območje podvrženo obalni eroziji in pogrezanju, povezave med reko ter lagunami in mokrišči so prekinjene, pojavljajo se vdori slane vode, vse skupaj pa vpliva na slabšanje na stanja biote. Za načrtovanje in izvedbo tako imenovanih Win2 NBS ukrepov, za monitoring in za vključevanje prebivalstva na območjih

treh izbranih demonstracijskih mest je v sklopu projekta predvidenih okoli en milijon EUR sredstev. Izraz Win2 NBS se nanaša na obojestranske ali večstranske koristi na naravi temelječih rešitev (angl. *win-win nature based solutions*), ki so v sklopu projekta DANUBE4all opredeljene kot pristopi, ki temeljijo na priznavanju enakovrednosti različnih ciljev upravljanja voda z vidika pomembnosti.



Slika 2 Lokacije demonstracijskih in sinergijskih območij v sklopu projekta DANUBE4all

Poleg demonstracijskih območij je bilo izbranih tudi 10 sinergijskih območij na povodju Donave, katerih glavni namen je podpora projektnim aktivnostim z obstoječimi ter tekom projekta pridobljenimi znanji in izkušnjami. Dve območji se nahajata neposredno na Donavi, ostalih osem pa na pritokih (Slika 2). Sodelovanje z območji sinergije je obojestransko, pri čemer bodo rezultati projekta DANUBE4all na voljo za sinergijska območja, sinergijska območja pa bodo DANUBE4all zagotovila pomemben povratni tok informacij glede ustreznosti predlaganih metodologij za oceno povezljivosti rešitev za doseganje okoljskih ciljev. Kot omenjeno, predvidene rešitve v sklopu projekta DANUBE4all bodo s pomočjo posebej pripravljenih smernic na voljo za prenos tudi na območja izven podonavskih držav, na tako imenovane pridružene regije. Predvidenih regij je pet, projekt DANUBE4all pa bo zagotovil tehnično podporo regijam za pripravo smernic za obnovo sladkovodnih površinskih voda.

3. Specifični cilji in ključni kazalniki uspešnosti projekta

Doseganje glavnega cilja projekta DANUBE4all je zastavljeno skozi sedem specifičnih ciljev (angl. *specific objectives*):

- SC1: Izboljšanje poznavanja rečnega sistema Donave za večjo okoljsko celovitost habitatov in glavnih vrst ter izboljšano biotsko raznovrstnost;
- SC2: Prispevati k širjenju prosto tekočih rek z opredelitvijo in izvajanjem obnovitvenih ukrepov, ki bodo zmanjšali vpliv umetnih ovir za rečni tok;
- SC3: Spodbujanje inovativnih Win2 NBS (na naravi temelječih rešitev) za obnovo poplavnih ravnic, lagun in rek za krepitev zaščite skupnosti in ekosistemov pred tveganji poplav in suše zaradi podnebnih sprememb;
- SC4: Ustvarjanje trdnih dokazov o uspehih Win2 NBS za obnovo površinskih voda s predstavitvijo in izmenjavo znanja;
- SC5: Prispevati k učinkoviti in ekonomsko donosni obnovi ekosistema in trajnostni uporabi ekosistemov v povodju Donave z uporabo poslovnih primerov in ocenami ekosistemskih storitev;
- SC6: Okrepitev sprejemanja javnosti in zanimanja za obnovo površinskih vodnih ekosistemov z uporabo državljanske znanosti, usposabljanja in komunikacijskih dejavnosti v povodju Donave in pridruženih regijah;
- SC7: Spodbujanje široke uporabe, nadgradnje in razširjanje Win2 NBS za obnovo površinskih vodnih ekosistemov na povodju Donave kot tudi izven tega povodja.

Specifični cilji so zastavljeni tako, da so njihovi učinki merljivi in preverljivi na podlagi ključnih kazalnikov uspešnosti. Za oceno uspešnosti SC1 je predvidena izdelava kart na ravni povodja, ki bodo prikazovale porazdelitev zaščitenih in invazivnih vrst, in izvedba čezmejnega monitoringa na 800 km odseku za oceno statusa rib. Nadalje so v okviru istega specifičnega cilja za vsako od treh demonstracijskih območij opredeljeni kazalniki uspešnosti. Gre za kazalnike izboljšave (povečanja števila in raznovrstnosti) stanja rib na treh odsekih reke Donave po izvedenih obnovitvenih ukrepih. V okviru SC2 bodo opredeljeni Win2 NBS obnovitveni ukrepi za okoli 100 vzdolžnih ovir na 3.000 km dolg odsek reke, razvito pa bo tudi orodje za štiridimenzijsko oceno povezljivosti. Kazalnika uspešnosti dosege specifičnega cilja SC3 sta umestitev izbranih najustreznejših Win2 NBS na naravi temelječih rešitev za zmanjšanje tveganja za poplave in suše na demonstracijskih območjih in opredelitev obnovitvenih ukrepov za 50 območij poplavnih ravnic, mokrišč in lagunskih sistemov. Ocena uspešnosti SC5 bo izvedena s primerjalno analizo (npr. analiza SWOT) gospodarskih koristi poslovnih modelov, ki temeljijo na Win2 NBS. Kazalnik uspešnosti SC6 bo temeljil na vključevanju prebivalcev in deležnikov v različne aktivnosti (npr. izvedbo omilitvenih ukrepov na demonstracijskih območjih, osveščanje javnosti preko medijev).

Vezano na opredeljene specifične cilje, je v sklopu priprave projektne prijave bilo prepoznanih sedem pričakovanih rezultatov (angl. *expected outcomes*):

- PR1: Obnova vsaj 25.000 km prosto tekočih rek;

- PR2: Zmanjšanje umetnih ovir rečnega toka;
- PR3: Izboljšani obnovitveni ukrepi sladkovodnih ekosistemov v povodju Donave;
- PR4: Povečanje populacij glavnih vrst rib, mehkužcev in drugih živalskih vrst;
- PR5: Izboljšana zaščita lokalnih skupnosti in ekosistemov pred ekstremnimi dogodki;
- PR6: Podpora povečanju obnove ekosistemov in biotske raznovrstnosti v Podonavju in pridruženih regijah;
- PR7: Povečanje deleža lokalnih prihodkov in poslovnih aktivnosti zaradi obnovljenih ekosistemov.

Aktivnosti posameznih delovnih sklopov so bile na uvodnem projektnem sestanku podrobneje opredeljene in razdeljene med projektne partnerje ter so v polnem teku.

4. Zaključki

Projekt Danube4all naslavlja problematiko obnov ali revitalizacij vodotokov, ki so eden izmed ključnih ukrepov za doseganje okoljskih ciljev, ki jih določata evropska in nacionalna zakonodaja s področja upravljanja voda. Poleg prispevka k okoljskim ciljem obnove ali revitalizacije prispevajo tudi k zmanjševanju poplavne in erozijske ogroženosti ter k prilagajanju na podnebne spremembe. Prav preko obnov ali revitalizacij se udejanja načelo "vodi več prostora", ki je prepoznano kot eno temeljnih načel trajnostnega upravljanja s prostorom.

Obnove ali revitalizacije imajo pomembno vlogo tudi v Strategiji za biotsko raznovrstnost do leta 2030, ki določa, da je v Evropi potrebno do leta 2030 vzpostaviti 25.000 km prostotekočih rek *(free-flowing rivers),* ki so bile v preteklosti zaradi različnih rab vode in vodnega prostora regulirane. Prostotekoče reke so opredeljene s štirimi komponentami povezljivosti: (i) vzdolžna povezljivost, v okviru katere je zajeta povezava reke vzdolž toka; ii) prečna povezljivost, ki obravnava povezavo reke s poplavnimi ravnicami, iii) navpična povezljivost, ki zajema povezavo površinske in podzemne vode ter površinske vode in atmosfere ter iv) časovna povezljivost, ki vključuje predvsem spreminjanje koncentracije suspendiranega sedimenta, kakovosti vode, spremembo vlažnosti zemljine, obseg poplavnih dogodkov in spreminjanje rabe tal. Eden izmed ključnih rezultatov projekta je prav razvoj metodologij za oceno navedenih štirih komponent povezljivosti vodotokov ter v nadaljevanju opredelitev (NBS) ukrepov za izboljšanje povezljivosti oziroma vzpostavitev prostotekočih rek.

V okviru projekta bo Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo kot partner intenzivno vključena predvsem v razvoj navedenih metodologij, ki bodo tudi testirane na sinergijskem območju na Kamniški Bistrici. Metodologija bo nato lahko prenesena

tudi na druge vodotoke, za katere bo nato lahko ocenjena stopnja povezljivosti. Poleg vključenosti v pripravo metodologij bo Fakulteta intenzivno vključena tudi v preučevanje in vrednotenje najustreznejših na naravi temelječih rešitev, s katerimi se lahko doseže večja povezljivost vodotokov.

5. Viri

[1] Belletti, B., Garcia de Leaniz, C., Jones, J., Bizzi, S., Börger, L., Segura, G., Castelletti, A., van de Bund, W., Aarestrup, K., Barry, J., Belka, K., Berkhuysen, A., Birnie-Gauvin, K., Bussettini, M., Carolli, M., Consuegra, S., Dopico, E., Feierfeil, T., Fernández, S., Fernandez Garrido, P., Garcia-Vazquez, E., Garrido, S., Giannico, G., Gough, P., Jepsen, N., Jones, P.E., Kemp, P., Kerr, J., King, J., Łapińska, M., Lázaro, G., Lucas, M.C., Marcello, L., Martin, P., McGinnity, P., O'Hanley, J., Olivo del Amo, R., Parasiewicz, P., Pusch, M., Rincon, G., Rodriguez, C., Royte, J., Schneider, C.T., Tummers, J.S., Vallesi, S., Vowles, A., Verspoor, E., Wanningen, H., Wantzen, K.M., Wildman, L., Zalewski, M., 2020. More than one million barriers fragment Europe's rivers. Nature 588, 436–441. https://doi.org/10.1038/s41586-020-3005-2

[2] Hein, T., Schwarz, U., Habersack, H., Nichersu, I., Preiner, S., Willby, N., Weigelhofer, G., 2016. Current status and restoration options for floodplains along the Danube River. Sci. Total Environ. 543, 778–790. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.073

[3] Reid, A.J., Carlson, A.K., Creed, I.F., Eliason, E.J., Gell, P.A., Johnson, P.T.J., Kidd, K.A., MacCormack, T.J., Olden, J.D., Ormerod, S.J., Smol, J.P., Taylor, W.W., Tockner, K., Vermaire, J.C., Dudgeon, D., Cooke, S.J., 2019. Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. Biol. Rev. 94, 849–873. https://doi.org/10.1111/brv.12480

[4] Evropska komisija, 2020. Strategija EU za biotsko raznovrstnost do leta 2030: Vračanje narave v naša življenja. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0380

KRAJINSKA UREDITEV OB VODNEM ZADRŽEVALNIKU VOGRŠČEK

JERICA KOBAL, dipl. inž. kraj. arh. (UN)

ARHI.SI, arhitektura in krajinska arhitektura

POVZETEK

Voda je nenadomestljiv vir, od katerega so odvisne mnoge gospodarske dejavnosti – ne le kmetijstvo, energetika in transport, temveč tudi turizem. Marsikdo se poleti odpravi na morje, nič manj turistično privlačna pa niso reke in jezera. Razvoj turizma ob vodnih telesih mora biti zasnovan celostno. Na območjih, ki so izrazito ekološko občutljiva in krajinsko raznolika – kar velja tudi za vodna telesa – je načela trajnostnega razvoja nujno vključiti v načrtovalski proces.

Prispevek izpostavlja doprinos prostorskega načrtovanja in turizma k trajnostnemu razvoju. Po predstavitvi načrtovalskega procesa in vloge prostorskega načrtovalca v prostorskem planiranju, sledi opis vodnega zadrževalnika Vogršček, ki obsega zgodovino, gradnjo in sanacijo, na koncu pa so izpostavljeni še glavni potenciali območja. Sledi predstavitev dveh projektov ureditve okolice zajetja. Prvi izpostavlja številne potenciale, ki jih ima zajetje na področju turizma, v upanju, da bodo le te prepoznale tudi okoliške občine. Nato sledi predstavitev diplomske naloge Idejna zasnova rekreacijskega parka Vogršček (Krošelj, 2012), ki vključuje podrobno analizo območja in poda več konkretnih predlogov za nadaljnje urejanje. Nazadnje so navedeni izzivi, s katerimi so se soočili avtorji, ko so skušali vsebino predstaviti pristojnim organom, in podani predlogi za njihovo reševanje.

Ključne besede:

Vogršček, namakalni sistem, akumulacijsko jezero, trajnostni razvoj, prostorsko načrtovanje, krajinska arhitektura, zelena infrastruktura, večnamenska raba

1. Uvod

Človek je še pred kratkim smatral zdravo naravno okolje za nekaj samoumevnega in ga poljubno modificiral in izrabljal sebi v prid. Posledica takšnega delovanja so številne spremembe v okolju, ki jih v današnjem času ni več mogoče prezreti – človeški vpliv je opazen tako na živih kot ne-živih sestavinah okolja. Opazne so spremembe v kakovosti vode, zraka in hrane, dostopnosti in količini naravnih virov, jakosti naravnih procesov, rečnih režimih ter delovanju morja.

Za ohranitev naravnih danosti je ključno omejevanje rasti, prenehane pretiranega izkoriščanja naravnih virov in onesnaževanja. Prostorsko načrtovanje je eno izmed

področji, ki lahko bistveno pripomore k trajnostnemu razvoju in zdravemu okolju. Vendar načrtovanje rabe in razdelitev dejavnosti v prostoru ni niti enostaven niti linearen proces, temveč zahteva visoko stopnjo odgovornosti, zato naloga prostorskega načrtovalca ni niti enostavna niti preprosta. Načrtovanje je na območjih z visoko biotsko pestrostjo še dodatno oteženo, saj je potrebno upoštevati mnoge varstvene omejitve, in v prostor umeščati dejavnosti, ki ne povzročajo negativnih vplivov na naravno okolje.

Takšne aktivnosti vključuje ponudba trajnostnega turizma, ki enakovredno obravnava gospodarstvo, družbo in okolje. Turizem ima namreč kot najhitreje rastoč gospodarski sektor velik vpliv na razvoj držav (Strategija …, 2017) in lahko bistveno pripomore k trajnostnemu razvoju.

Idejna projekta, ki bosta podrobneje predstavljena v nadaljevanju, se osredotočata na razvoj turizma in rekreacije v okolici vodnega zajetja Vogršček. Programska načrta obeh obsegata aktivnosti brez ali z minimalnimi vplivi na naravno okolje. Kljub upoštevanju ranljivosti naravnega okolja in več drugih dejavnikov ter usmeritvi v (trajnostni) razvoj, pristojni organi niso izkazali interesa. Zakaj se uradne institucije ne odzivajo, kje tiči problem?

2. Trajnostni razvoj

Na konferenci v Riu de Janeiru je bila leta 1992 sprejeta Agenda 21. Dokument poziva k trajnostnemu razvoju, ki zagotavlja uravnoteženo stanje med gospodarstvom, družbo in okoljem. Vsebina se osredotoča na blaženje in odpravo škodljivih posledic klimatskih sprememb, varstvo in upravljanje naravnih virov čisto energijo, trajnostno porabo in produkcijo in socialno vključenost (Agenda 21, 1992).

2.1 Prostorsko načrtovanje

Prostorsko načrtovanje se ukvarja z usklajevanjem interesov v prostoru, katerega cilj je skladen prostorski razvoj (Prostorski ..., 2018). Za celovit razvoj je potrebno oblikovati strategijo, ki upošteva koncepte trajnostnega razvoja in prevladujoče gospodarskih dejavnosti in se osredotočiti na ohranjanje naravnega okolja, kulturne krajine in dediščine. V postopek priprave strategije razvoja turizma je potrebno vključiti tudi deležnike, predvsem lokalno prebivalstvo (Guštin in Potočnik Slavič, 2015), saj je aktivno vključevanje javnosti v postopke sprejemanja planerskih odločitev predpogoj za doseganje ciljev trajnostnega razvoja (Golobič, 2012).

Eno izmed novejših načel pri urejanju prostora, ki bistveno pripomore k vzdržni rabi prostora, je večnamenska raba prostora. Z zavestnim vključevanjem koncepta več-namenskosti v postopke prostorskega planiranja, razumevanjem odnosov med naravnimi procesi in **človekovim** delovanjem ter upoštevanjem potreb lokalnih prebivalcev kot tudi zgodovinskih, kulturnih, krajinskih in socialnih posebnosti pa je negativne posledice mogoče preprečiti (Guštin in Potočnik Slavič, 2015).

Na območjih, ki so izrazito ekološko občutljiva in krajinsko raznolika – kar velja tudi za okolico vodnega zajetja Vogršček – je načela trajnostnega razvoja nujno

vključiti v načrtovalski proces. Če ta vključuje načela trajnostnega razvoja, spodbuja interdisciplinarno delovanje, medresorsko povezovanje in več-nivojski dialog ter v postopek vključuje vse potencialne deležnike, je mogoče preprečiti nadaljnjo degradacijo okolja in konflikte med različnimi rabami in uporabniki. Medtem ko je izvajanje sprejetih ukrepov in nadzor nad spoštovanjem omejitev mogoč le s primerno zasnovanim načrtom upravljanja, ki določa vsebino in nosilce nalog za posamezna področja.

2.2 Vloga prostorskega načrtovalca v načrtovalskem procesu

Prostorski načrtovalec, katerega naloga je usklajevanje interesov v prostoru, mora v načrtovalskih postopkih ohraniti vlogo stratega, ki predvidi in se obenem zaveda dolgoročnosti vplivov načrtovanih posegov. Prostorski načrtovalci so pogosto deležni kritike, zaradi dolgotrajnosti postopkov. Vendar politika in javnost pozabljata, da je ob razvoju novih gospodarskih dejavnosti in določanju rabe potrebno med seboj usklajevati več različnih interesov (Strategija razvoja …, 2017). Zaradi številnih dejavnosti, ki se odvijajo v prostoru, je poleg vseh prepoznanih deležnikov potrebno v načrtovalski postopek vključiti tudi druge sektorje. Zaradi interdisciplinarne naravnanosti je v načrtovalske postopke vključenih vedno več oseb, kar še dodatno podaljšuje postopke priprave in sprejemanja prostorskih aktov ali pogojev za začetek izvajanja investicij.

2.3 Turizem

Trajnostni turizem promovira gospodarno upravljanje z naravnimi viri, ohranja kulturno integriteto okolja, esencialne ekološke procese, biodiverziteto in druge za življenje pomembne sisteme ter med obiskovalci krepi zavedanje o njihovem ekološkem, socialnem in ekonomskem vplivu na izbrano destinacijo. Trajnostno naravnana turistična ponudba vključuje vrste turizma brez ali z minimalnimi negativnimi vplivi kot so športni, družinski in podeželski turizem, izobraževalni in doživljajski turizem in gastronomski turizem (Strategija …, 2017).

3. Vodni zadrževalnik Vogršček

Vodni zadrževalnik Vogršček je objekt vodne infrastrukture v lasti Republike Slovenije. Pregrada je visoka 31,4 m in velja za najvišjo vodno pregrado v državi. Ob zajezitvi potoka Vogršček je nastalo Vogrsko jezero, imenovano Vogršček. Gre za umetno akumulacijsko jezero, z volumnom 8,5 milijona kubičnih metrov, ki v dolžino meri približno 4 km. Deli se na tri manjše krake – večjega na jugu in dva manjša na severu (Direkcija …, 2023).

3.1 Zgodovina

Odločitev o izgradnji objekta je bila sprejeta v času Jugoslavije in je potekala med letoma 1985 in 1989. Vodno zajetje je bilo zgrajeno z namenom zagotavljanja zadostne količine vode za potrebe namakanja in oroševanja kmetijskih polj v Vipavski dolini.

Leta 2007 je bila na sistemu zaznana napaka, zato je bilo opravljenih več študij in raziskav terena. Ob pregledu sistema je bilo ugotovljeno, da eden izmed treh namakalnih cevovodov, ki se nahajajo pod pregrado, ni tesnil, kar je vodilo do vodnih izgub. Obenem so bili v slabem stanju tudi drugi objekti talnega izpusta in cevovoda, kar je ogrozilo stabilnost objekta. Zaradi zagotavljanja varnosti, je bilo potrebno izvesti intervencijsko sanacijo – okvarjeni cevovod je bil zalit z betonom. Zaradi skrbi, da bo celoten sistem zaradi preobremenjenosti utrpel dodatne okvare, je bil vodostaj znižan, kar je onemogočilo zagotavljanje vode za namakanje in oroševanje (Direkcija …, 2023).

3.2 Sanacija

Obnovo pregrade Vogršček je napovedalo več okoljskih in kmetijskih ministrov, šele leta 2019 pa je bila pri Direkciji Republike Slovenije za vode sklenjena pogodba o izvedbi sanacije. Projekt je obsegal sanacijo 144 metrov dolgega predora, sanacijo in dograditev vtočnega in iztočnega ter upravnega objekta ter obnovo nekaterih drugih elementov pregrade. Sredstva za izvedbo gradbenih del, ki so znašala cca 11 milijona evrov, je deloma zagotovilo Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, preostala sredstva pa je zagotovil investitor – Ministrstvo za naravne vire in prostor in Direkcija RS za vode. Sanacijska dela so izvajali Kolektor CPG, RGP Velenje in RIKO Ljubljana (Direkcija …, 2023).

Zaradi izvajanja sanacijskih del na pregradi akumulacije Vogršček je bila višina vodne gladina znižana, kar je negativno vplivalo na delovanje namakalnega sistema. Dodatni zapleti med obnovo so dodatno podaljšali dobavo vode v namakalni sistem, kar so pristojni skušali nadomestiti z različnimi ukrepi, a je bilo kljub temu v času spomladanskih pozeb in poletne suše zaradi pomankanja vode prizadetih več sto pridelovalcev sadja in zelenjave. V želji, da bi zagotovili pridelovalcem sadja zadostne količine vode za zaščito nasadov pred spomladansko pozebo, se je zajetje ponovno pričelo polniti v pričetku leta 2022. Navdušenje uporabnikov pa ni bilo dolgotrajno – polnjenje je bilo potrebno po zaznanju več napak na razvodu ponovno prekiniti. 17. aprila 2023 je bilo izdano uporabno dovoljenje, s čimer je sanacija pregrade Vogršček in pripadajočih objektov je tako zaključena (Direkcija …, 2023).

3.3 Danes

Akumulacijsko jezero Vogršček je kmalu po pričetku obratovanja preraslo svojo prvotno namembnost in postalo poligon za različne športe. Okrog jezera so speljane številne sprehajalne poti, v preteklosti pa je bilo ob zajetju organiziranih tudi več športnih prireditev kot na primer kros triatlon. Poleg plavanja in potapljanja, je z vlaganjem rib postalo jezero zanimivo tudi za športni ribolov – jezero je namreč polno velikih rib kot so krapi, ščuke in linji. Ob obali jezera je leta 2018 e slovenski umetnik Marko Pogačnik postavil geopunkturni krog, ki privlači mnoge obiskovalce. A to še ni vse - območje se ponaša z bogato biodiverziteto. V okolici je bilo popisanih kar 39 vrst kačjih pastirjev, kar predstavlja več kot polovico favne teh insektov v državi. Na severozahodnem kraku, nedaleč stran od vasi Črniče, so zabeležili tudi populacijo

kritično ogroženega in zavarovanega rdečega voščena (*Ceriagrion tenellum*), ki predstavlja najzanimivejše odonatološko odkritje v Vipavski dolini (Krošelj, 2012).

Dolina reke Vipave je že uveljavljena turistična destinacija, priljubljena tako med domačimi kot tujimi turisti. Tu se nahajajo številne naravne in kulturne znamenitosti ter pohodniške in kolesarske poti. Območje je znano tudi po pestri gastronomiji in ponudbo vin – Vipavska dolina je namreč drugi največji vinorodni okoliš v državi. Kljub raznolikim programskim vsebinam, ki so že na voljo obiskovalcem, bi ureditev okolice ob zajetju Vogršček in vpeljava pestrih spremljevalnih vsebin ponudbo še dodatno obogatila in doprinesla k večji prepoznavnost območja. Željo po ureditvi okolice zajetja so izrazile tudi občine, ki bodo z letom 2024 pridobile lastninske pravice nad zajetjem.

4. Ureditev okolice vodnega zadrževalnika Vogršček

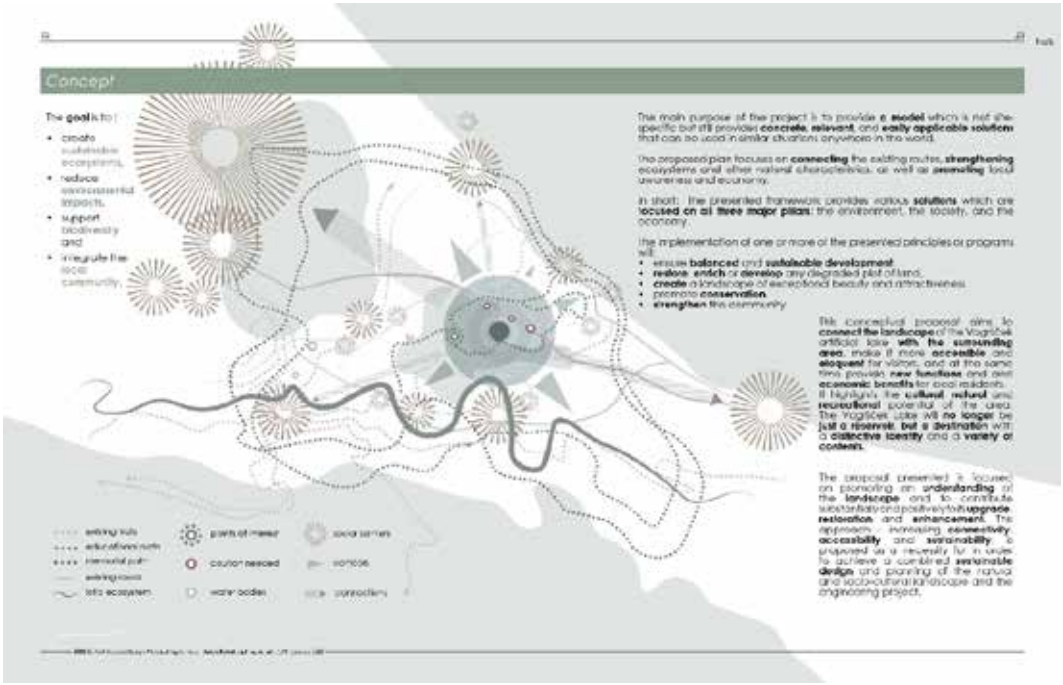
Poleg primarne naloge zagotavljanja energetskega doprinosa, mnoge hidroelektrarne opravljajo vrsto drugih funkcij: nudijo zaščito pred poplavami in zagotavljajo pitno vodo ter vodo za potrebe namakanja. Ker voda v svojo bližino privablja ljudi željne sprostitve, rekreacije in izobraževanja, se ob akumulacijskih jezerih, ki nastanejo ob zajezitvi vodotoka, pogosto razvije pestra turistična ponudba, mnoge športne aktivnosti in naravovarstvene ureditve z izobraževalnimi vsebinami.

Postopek načrtovanja krajinske ureditve in spremljajočih dejavnosti na območju vodnih zemljišč ni enostavna naloga. Projekt je potrebno izvajati po korakih in v vse faze načrtovanja vključiti vse, na katere bo projekt vplival, in vse tiste, ki lahko vplivajo na projekt. Prvi korak predstavlja analiza sorodnih primerov, oblikovanje vizije in določitev prioritet. Nato se izvede več prostorskih analiz – te se med seboj razlikujejo tako po vsebini kot tudi merilu (lokalno-regionalno-nacionalno). Interpretacija podatkov, pridobljenih z analizami, razkrije potenciale in probleme obravnavanega območja, in nudi podlago za oblikovanje koncepta. Koncept je mogoče oblikovati na več ravneh – regionalni kot lokalni, predvsem pa je pomembno, da omogoča povezovanje ureditve v obstoječ zeleni sistem in turistično ponudbo.

4.1 Vogršček: The FunDAMental Change (Kobal, 2023)

Projekt *Vogršček: The FunDAMental Change* je namenjen prikazu številnih potencialov, ki jih ima območje na področju turizma. Obsega le začetne faze načrtovalskega procesa: študije primerov, prostorske analize, inventarizacijo turistične ponudbe in izdelavo koncepta, na podlagi katerega je bil izdelan predlog strategije razvoja turizma. Na koncu projekt poda usmeritve za oblikovanje urbane opreme in izbor vegetacije.

Prostorske analize so razkrile številne potenciale in nekatere probleme za razvoj turizma. Poleg ugodne lege, slikovitega naravnega okolja, podpira razvoj trajnostnega turizma tudi več naravnih in kulturnih zanimivosti v neposredni bližini. Tu gre izpostaviti geopunkturni krog, ki se nahaja neposredno ob obali jezera.



Slika 1: Izsek iz brošure projekta Vogršček: The FunDAMental Change – koncept (Kobal, 2023)

Na podlagi analiz je bil osnovan koncept, ki vključuje načela trajnostnega razvoja in poudarja pomen vzdržne rabe prostora. Koncept zajetje vključuje v obstoječ zeleni sistem regije, obogati z izobraževalnimi vsebinami in raznolikimi športnimi aktivnostmi: tek, pohodništvo in kolesarjenje, vodni športi in ribištvo, jahanje, opazovanje narave in divjih živali, kampiranje itd.



Slika 2 in 3: Izsek iz brošure projekta Vogršček: The FunDAMental Change (Kobal, 2023)

Tudi predlogi za izbor vegetacije in urbane opreme so trajnostno naravni. Predlagan vegetacijski material za zasaditev obsega zgolj avtohtone rastlinske vrste, medtem ko se za izdelavo urbane opreme uporablja lokalne in naravne materiale.

4.2 Idejna zasnova rekreacijskega parka Vogršček (Krošelj, 2012)

Diplomsko delo se nanaša na območje akumulacijskega jezera Vogršček, katerega primarna funkcija je namakanje. Tema naloge je ureditev rekreacijskega območja ob akumulacijskem jezeru Vogršček, z namenom uravnoteženega razvoja različnih športnih dejavnosti v zdravem in ohranjenem naravnem okolju.





Slika 4 in 5: Izsek iz brošure projekta Idejna zasnova rekreacijskega parka Vogršček (Krošelj, 2012)

Naloga obsega pregled teoretičnih in strateških izhodišč ter opis več primerov dobrih praks. Sledi več prostorskih analiz, na podlagi katerih avtorica izpostavi probleme in potenciale ter predlaga prometno, urbanistično in arhitekturno zasnovo rekreacijskega parka. Tega razdeli na pet con: krožno rekreacijsko pot – ki je vodilna zamisel naloge in »*vodi skozi različne ambiente, ponuja razglede in izobraževanje o naravi*«, naravno kopališče, zadrževanje na prostem/piknik prostor, območje miru in kamp. Vse cone obsegajo več dejavnosti in aktivnosti. Na koncu je priložen še katalog parkovne opreme in kontejnerskih enot ter idejno zasnovo čolnarne.

4.3 Predstavitev projektnih nalog

Diplomska dela ali natečajne rešitve, ki jih izdelajo arhitekti in krajinski arhitekti, obravnavajo konkretne probleme in vključujejo več izvedljivih rešitev za njihovo reševanje, ki jih je (ob zadostnih finančnih sredstvih) mogoče implementirati. Avtorji predstavljenih projektov se s problemi, izpostavljenih v točki 2.2, niso soočili. Težave so namreč nastale še preden sta bila predstavljena širši javnosti.

Avtorica diplomske naloge je po zagovoru nalogo predstavila na MONG takratni odgovorni vodji Oddelka za okolje in prostor. Na sestanku je bilo govora o izdelavi razstave, kjer bi projekt predstavili širši javnosti. Po sestanku novogoriška Občina ni več vzpostavila kontakta z avtorico ali izkazala interesa za realizacijo predlagane razstave.

Pobudo za prikaz vseh potencialov, ki jih ima vodno zajetje za razvoj turizma, je podal Tine Leban, dipl. inž. grad., v želji, da se le-te predstavi okoliškim občinam,

ki bodo v nadaljnjih letih prejele lastninske pravice nad zajetjem in s tem tudi pooblastila za urejanje okolice.

Z namenom sodelovanja na več mednarodnih natečajih je bila brošura dopolnjena in nastal je projekt Vogršček: The FunDAMental Change. Na enem izmed natečajev je prejel projekt priznanje (ang. Special recognition*)*. Po začetnem uspehu so želeli avtorji projekta njegovo razširjeno vsebino ponovno predstaviti zaposlenim na Občinah, ki bodo s prihodnjim letom pridobile lastninske pravice nad zajetjem, vendar so po več neuspelih poskusih nad tem obupali.

5. Zaključek

Predpogoj za izvedbo takšnih projektov je izkazan interes uradnih institucij. Kljub več poskusom, se avtorji projektov, predstavljenih v prispevku, niso uspeli dogovoriti za sestanek, kjer bi vsebino le-teh predstavili. Razlog za pomankanje interesa ostaja neznan.

Projekt Ureditve zelene infrastrukture od izvira reke Vipave preko sotočje Vipave in Soče do Jadranskega morja (Kreadom, 2023), ki se je sprva zdel nemogoč, saj obravnava območje več občin, celo držav, pa dokazuje, da lahko ob izkazanem interesu – v tem primeru Občine Miren-Kostanjevica, projekti, ki gradijo na zeleni infrastrukturi in spodbujajo trajnostni razvoj, zaživijo in požanjejo mnogo uspeha.

Čeprav projektne rešitve spodbujajo trajnostni razvoj in krepijo javno dobro, bodo avtorji primorani poleg vseh ostalih izzivov izpostavljenih v točki 2.2 rešitev, kako doseči širšo javnost, poiskati sami, brez pomoči javnih institucij. Rešitev predstavljajo socialna omrežja ali – v kolikor so na voljo sredstva – izvedba razstave v lastni režiji. Na tej točki bi se Društvu vodarjev Slovenije iskreno zahvalili za priložnost sodelovanja na Tretjem kongresu o vodah, kjer bo vsebina natečajnega projekta končno predstavljena širši javnosti.

6. Viri

[1] Agenda 21: Programme of action for sustainable development, Rio Declaration on environment and development. 1992. Rio de Janeiro, United Nations [online]. Dostopno na: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf [dostop 19. september 2023]

[2] BATISTUTA, M. (2021). Vogršček prazen, kmetje obupani, pristojni iščejo rešitve [online]. Dostopno na: https://www.rtvslo.si/okolje/vogrscek-prazen-kmetje-obupani-pristojni-iscejo-resitve/586312 [dostop 4. april 2023]

[3] DIREKCIJA ZA VODE. (2023). Zaključena sanacija zadrževalnika Vogršček [online]. Dostopno na: https://www.gov.si/novice/2023-04-21-zakljucena-sanacija-zadrzevalnika-vogrscek/ [dostop 5. maj 2023]

[4] FIRM, V., AVŠIČ, F. 1997. Večnamenska raba vodnih akumulacij – razmejitev interesov in upravljanje v večnamenskih vodnih akumulacijah. Ljubljana. Mišičev vodarski dan, Zbornik predavanj

[5] GOLOBIČ, M. 2012. Krajinsko planiranje in analize ranljivosti. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za krajinsko arhitekturo

[6] GUŠTIN, Š., SLAVIČ, I. P. 2015. Prepoznavanje in prostorska razmestitev konfliktov na podeželju. Geografski vestnik, 87(1): 81–101 [online]. Dostopno na: https://doi.org/10.3986/GV87105 [dostop 19. september 2023]

[7] KOBAL, J. 2023. Vogršček: The Fundamental Change. Šempeter pri Gorici

[8] KREADOM d. o. o. 2023. Ureditev zelene infrastrukture od Izvira reke Vipave preko sotočja Vipave in Soče do Jadranskega morja [online]. Dostopno na: https://www.kreadom.com/projekti/krajinska-arhitektura/reka-vipava/2# [dostop 22. september 2023]

[9] KROŠELJ, T. 2012. Idejna zasnova rekreacijskega parka Vogršček. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo

[10] MIHALIČ, T. 2006. Trajnostni turizem. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta

[11] Prostorski načrtovalci 21. stoletja. 2018. Zavodnik Lamovšek A. (ur.). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo [online]. Dostopno na: https://media.fgg.uni-lj.si/knjige/prostorski-nacrtovalci-21-stoletja.pdf [dostop 14. september 2023]

[12] Strategija razvoja Slovenije 2030. 2017. Ljubljana, Služba Vlade Republike Slovenije za razvoj in evropsko kohezijsko politiko [online]. Dostopno na: https://www.gov.si/assets/ministrstva/MKRR/Strategija-razvoja-Slovenije-2030/Strategija_razvoja_Slovenije_2030.pdf [dostop 13. maj 2023]

[13] Strategija trajnostne rasti slovenskega turizma 2017–2021. 2017. Ljubljana, Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo RS, [online]. Dostopno na: https://www.slovenia.info/uploads/dokumenti/kljuni_dokumenti/strategija_turizem_koncno_9.10.2017.pdf [dostop 14. september 2023]

[14] ŠANTL, S. et al. 2021. Priročnik za prepoznavanje in načrtovanje zelene infrastrukture. Ljubljana. Inštitut za vode Republike Slovenije, Ministrstvo za okolje in prostor

[15] ŠIRCA, A. 2015. Vodni zadrževalniki – pozabljeni potencial Slovenije. Ljubljana. Mišičev vodarski dan, Zbornik referatov

[16] Vodni zadrževalniki – Razvojna nuja ali nedopustni posegi v naravo. 2004. Zbornik referatov posvetovanja. Ljubljana. Elektrotehniška zveza Slovenije, Gospodarska zbornica Slovenije

[17] PREGELJ, V. (2023). Bilo je preveč lepo, da bi trajalo: Vogršček po prenovi spet ustavljen [online]. Dostopno na: https://www.rtvslo.si/lokalne-novice/gorisko/bilo-je-prevec-lepo-da-bi-trajalo-vogrscek-po-prenovi-spet-ustavljen/661333 [dostop 4. april 2023]

PODPIRANJE UČINKOVITE KASKADNE UPORABE GEOTERMALNE ENERGIJE Z DOSTOPOM DO URADNIH IN JAVNIH INFORMACIJ – MEDSEKTORSKO POVEZOVANJE V OKVIRU PROJEKTA INFO-GEOTHERMAL

NINA RMAN[1], ANDREJ LAPANJE[1], MATEJA MACUT[1], ALEŠ JERAJ[3], GREGOR ROME[2], JASMINA VIDMAR[4], JULIET NEWSON[5]

[1]GeoZS – Geološki zavod Slovenije,
[2]MOPE - Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo,
[3]MNVP - Ministrstvo za naravne vire in prostor,
[4]SOS – Skupnost občin Slovenije,
[5]ISE – Iceland School of Energy, Reykjavík, Islandija

POVZETEK

INFO-GEOTHERMAL je prvi projekt, namenjen inovativni krepitvi institucionalnih zmogljivosti državnih organov, vključenih v upravljanje rabe geotermalne energije, lokalnih oblasti, ki zagotavljajo prostorski okvir za investitorje, in največjih akterjev pri raziskovanju globokega geotermalnega potenciala v Sloveniji. Nastal je kot rezultat nekajletnega sodelovanja medsektorskih delovnih skupin za problematiko učinkovite in večnamenske izrabe geotermalne energije in ima dva glavna cilja: i) izboljšati razpoložljivost uradnih informacij, ki podpirajo razvoj projektov z učinkovito kaskadno uporabo globljih geotermalnih virov energije, in ii) povečati znanje na vseh ravneh z zagotavljanjem usmerjenih usposabljanj za strokovnjake in upravljalce ter povečanjem ozaveščenost deležnikov z razširjanjem informacij. Medsektorsko sodelovanje ne poteka le znotraj Slovenije, ampak prenašamo izkušnje tudi s partnerske države Islandije, s hrvaške Agencije za ogljikovodike ter širše iz Evrope in Severne Amerike preko organizacije poletne geotermalne šole v Ljubljani. Prvi cilj bomo dosegli s pripravo in z organizacijo razpoložljivih informacij za zmanjšanje razvojnih tveganj, ki bodo objavljene na podstrani portala Energetika.net in bodo združevale tematske informacije več ministrstev. Drugi cilj sledimo z organizacijo usposabljanj za slovenske in islandske strokovnjake, razvojem tehničnih smernic za načrtovanje in izvajanje projektov za zmanjšanje razvojnih tveganj in stroškov, ter z vzpostavitvijo nacionalne geotermalne mreže. Pri tem bosta glavna rezultata dva medsektorsko usklajena predloga o potrebnih spremembah zakonodaje za vzpostavitev sistemov zavarovanja geoloških tveganj ter za podporne sheme za reinjekcijo, kaskadno uporabo in geotermalno električno energijo.

Ključne besede:

geotermalna energija, termalna voda, zakonodajne prilagoditve, usposabljanje, smernice, zakonodaja

1. Uvod

Strateške energetske usmeritve Slovenije zahtevajo bistveno povečanje rabe OVE, kamor prištevamo tudi geotermalno energijo (GE). Povečana in energetsko bolj učinkovita raba termalne vode za pridobivanje geotermalne energije lahko pomembno pripomore k doseganju podnebnih in energetskih ciljev Slovenije, saj je lokalni vir OVE, njena raba znatno zmanjšuje emisije toplogrednih plinov in lahko nadomesti rabo fosilnih goriv na območjih z najugodnejšim potencialom, ki so predvsem na vzhodu države, v čezmejnem Panonskem bazenu. Dejstvo je, da raba termalne vode že desetletje stagnira oziroma je trend izkoriščanja toplote iz termalne vode v zadnjih sedmih letih (2013–2020) kazal celo padec za 1,3 %. Nasprotno je izkoriščena plitva geotermalna energija s tehnologijo toplotnih črpalk izkazovala rast v poprečju 14,3 % na leto. Skupaj sta zagotovili le približno 0,5 % bruto domače rabe energije na nivoju primarne oskrbe z energijo v Sloveniji, od tega večji del prispevajo geotermalne toplotne črpalke ne pa termalna voda [1]. Prav tako v Sloveniji obratuje le en sistem geotermalnega daljinskega ogrevanja na rabo termalne vode, zato je nujna sprememba paradigme.

K temu smo pristopili z vnaprej opredeljenim projektom INFO-GEOTHERMAL. Nanaša se na programsko področje št. 12 Obnovljiva energija, energetska učinkovitost, energetska varnost v okviru programa Blaženje podnebnih sprememb in prilagajanje nanje in je usmerjen k rezultatu B.1: Povečana proizvodnja energije iz obnovljivih virov, geotermalne energije iz globokih rezervoarjev, za večnamensko uporabo in na energetsko učinkovit način. To je prvi projekt, namenjen inovativni krepitvi institucionalnih zmogljivosti državnih organov, vključenih v upravljanje rabe geotermalne energije, lokalnih oblasti, ki zagotavljajo prostorski okvir za investitorje, in največjih akterjev pri raziskovanju globokega geotermalnega potenciala v Sloveniji. Poteka med septembrom 2022 in aprilom 2024 in ga izvaja pet partnerjev. Nosilec projekta je Geološki zavod Slovenije, projektni partnerji pa Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo (prej MZI), Ministrstvo za naravne vire in prostor (prej MOP), Skupnost občin Slovenije in Iceland School of Energy iz Reykjavika.

Takšno interdisciplinarno sodelovanje je rezultat nekajletnega sodelovanja v medsektorskih delovnih skupinah za problematiko učinkovite in večnamenske izrabe geotermalne energije in podporo sektorju in ima dva glavna cilja:

i) izboljšati razpoložljivost uradnih informacij, ki podpirajo razvoj projektov z učinkovito kaskadno uporabo globljih geotermalnih virov energije za namene ogrevanja ali proizvodnje električne energije z rabo termalne vode in

ii) povečati znanje na vseh ravneh z zagotavljanjem usmerjenih usposabljanj za strokovnjake in upravljalce ter povečanjem ozaveščenosti deležnikov z razširjanjem informacij z namenom povečanja učinkovitosti rabe termalne vode, zmanjšanju tveganj ter olajšanju in pospešitvi postopkov na podlagi dosegljivih informacij o podzemlju in povezovanjem sektorjev.

2. Aktivnosti za izboljšanje razpoložljivosti uradnih informacij

2.1 Objava razpoložljivih informacij in prva faza uradnega spletnega mesta »vse na enem mestu«

Do pomladi 2024 bodo na podstrani portala Energetika.net organizirani podatki, ključni za zmanjšanje razvojnih tveganj projektov rabe globoke geotermalni energije v Sloveniji. Naš cilj je, da bodoča nadgradnja te strani dolgoročno postane "enotna vstopna točka" in ključno nacionalno spletno mesto za uspešen razvoj geotermalnega projekta, zato bomo opravili prvo fazo in pripravili *Poročilo o protokolu in nalogah za vzpostavitev spletne „enotne vstopne točke" za globoko geotermijo*. Osnova zanj je v letu 2019 pripravljen Strokovni predlog za vzpostavitev enotne informacijske točke za koncesionarje, dostopen na MNVP.

Do takrat objava novih informacij poteka preko več spletnih strani [2, 3, 4]. Ker smo z analizo nacionalnih geotermalnih spletnih strani v 8 evropskih državah ugotovili, da je najpogostejša ovira za njihovo širšo rabo slaba prepoznavnost oziroma, da jih brskalniki ne ponudijo prioritetno in jih je težko najti (ne zadoščajo že prvemu načelu FAIR - angl. Findability), se bomo potrudili, da pripravimo ustrezne protokole in organiziramo vsebine tako, da so razumljive oziroma prepoznavne tudi za laike. Na tej novi spletni strani bodo zbrani različni formati podatkov, kot so: pdf poročila, 3D modeli, digitalni podatki in video vsebine.

V obliki pdf poročil so na primer: Analiza tipičnih vprašanj in odgovorov občin in potencialnih vlagateljev, ugotovitve študijskega obiska na Islandiji (Delavnica in ogled študijskih primerov na Islandiji), Poročilo o pregledu (spletnih) orodij in vrst informacij javnega značaja v sosednjih državah in na Islandiji, Poročilo o oceni razpoložljivih podpovršinskih podatkov in opredelitev območij, kjer so potrebne nadaljnje raziskave, Poročilo o pripravi 3D digitalnega geotermalnega modela SV Slovenije, poročila o potrebnih zakonskih spremembah in vse pripravljene smernice.

Obstoječi digitalni geološki 3D model SV Slovenije z glavnimi litostratigrafskimi sloji je objavljen na portalu EGDI [5]. Z nadgradnjo bo sedaj dostopen tudi v slovenskem jeziku in z več podatki: geološkim slojem bodo dodane temperature v različnih globinah iz več projektov in z ustreznimi referencami, dodani bodo metapodatki in izboljšana vizualizacija (prikaz navidezne vrtine ali profila) s ciljem čim širše uporabe z uporabniku prijaznimi orodji.

Digitalna zbirka podatkov o globokem geotermalnem potencialu dveh občin v SV Sloveniji bo podala prenosljive GIS sloje najprimernejših lokacij za postavitev novih geotermalnih dubletov in njihov geotermalni potencial (globino do vodonosnika, pričakovane temperature in izdatnost). Prav tako bodo prvič urejeni in razpoložljivi metapodatki o globokih vrtinah (> 500 m) in seizmičnih profilih v SV Sloveniji, kjer so na voljo vsaj ime, lokacija, globina, leto izdelave in podobne ključne informacije za nadaljnje raziskave.

Dvojezični (SI, EN) video o geotermalnem potencialu in naložbenih možnostih v Sloveniji je namenjen potencialnim vlagateljem in prikazuje ne le geotermalni

potencial ampak tudi potrebne faze razvoja projekta, ključno zakonodajo in vpletene deležnike.

2.2 Fizični produkti

Ti izdelki so namenjeni ne le usposabljanju investitorjev, uporabnikov termalne vode, projektantov, zaposlenih na agencijah in ministrstvih ampak tudi izobraževalnem sektorju. Na 10 lokacijah z obstoječo rabo bodo postavljene informacijske table o učinkoviti in kaskadni uporabi geotermalne energije, saj pogosto še zaposleni v zdraviliščih, rastlinjakih ali ogrevanih kompleksih ne vedo, s kje in kako pridobivajo toplotno energijo. Knjižica o energetsko učinkoviti rabi geotermalnih virov in njihovem razvoju je namenjena bodočim vlagateljem in razvijalcem, saj izpostavlja naravne prednosti Slovenije, najboljše primere rabe in priporočene postopke in ključno zakonodajo za postavitev novih sistemov. Čeprav učni fizični model geotermalnih rezervoarjev v SV Sloveniji že obstaja na GeoZS [6], kot čezmejni model z Madžarsko pa na LEAP [7], bo njegov ponovni tisk namenjen drugi cilji skupini – kroženju po občinah, agencijah in ministrstvih s ciljem izboljšanja prostorske predstave o globokih geotermalnih virih v Sloveniji.

3. Aktivnosti za povečanje znanja o geotermalni energiji in njeni rabi

3.1 Izvedba usposabljanj in delavnic za izboljšanje prenosa znanja

Delavnica in ogled prenosljivih študij primerov o reinjekciji, tehnologiji kaskadne uporabe in binarnih geotermalnih elektrarn na Islandiji je bila izvedena 25.–28. 10. 2022 v okolici Reykjavíka [8]. Prisotnih nas je bilo devetnajst udeležencev, tudi zunanji strokovnjaki (energetiki, rudarji) in predstavniki lokalnih skupnosti. Spoznali smo delujoče podporno okolje za izvedbo geotermalnih projektov s podporo administracije, raziskovalnih inštitucij in finančnih mehanizmov za zavarovanje tveganj ter jasno zakonodajo. Ugotovili smo, da imamo podobne izzive pri umeščanju objektov v prostor zaradi zagotavljanja okoljske in družbene sprejemljivosti ter pri vpeljavi reinjekcijskih vrtin za vzdrževanje ali širitev proizvodnje (Evropski pravni okvir). Obiskali smo številne binarne geotermalne elektrarne, katerih tehnologijo bi lahko prenesli v Slovenijo, ter spoznali, da v nasprotju z nami šele vpeljujejo koncept povečanja energetskega izkoristka v sistemih rabe. Med 31. 10. in 2. 11. 2022 je sledilo Ciljno usmerjeno usposabljanje strokovnjakov na isti lokaciji z 10 udeleženci, 25. 11. pa še spletna delavnica z direktorjem Skupnosti občin Islandije o vlogi občin pri razvoju geotermalnih projektov. Vsebine so bile zelo raznolike: rudarske, hidrogeološke, energetske, pravne, ekonomske in upravljavske.

Učimo se tudi iz hrvaških primerov. Na Agenciji za ogljikovodike (AZU) v Zagrebu smo 17. 1. 2023 spoznavali ozadje, vsebino in trenutne izzive "Zakona o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika" [9] ter preverili implementacijo v binarni geotermalni elektrarni v Veliki Cigleni. Na obisku 12. 5. 2023 smo (med drugim) spoznali, da

stalno obratuje že skoraj dve leti, ima zaprt snovni pretok (brez izpustov termalne vode in plinov v okolje) in zato nima težav z okoljskimi dovoljenji, in da za obratovanje zadostuje le 6 zaposlenih, saj se ostale storitve najemajo glede na potrebe.

Po pridobljenem znanju sedaj prenašamo izkušnje v mednarodno in lokalno okolje. Med 3. in 8. 7. 2023 je bila izvedena druga poletna geotermalna šola, tokrat z naslovom "Advances in developing geothermal resources for heating, cooling and electricity production", ker je imela več vsebin o možnosti proizvodnje geotermalne elektrike. Namenjena je bila povezovanju 25 študentov in mlajših strokovnjakov iz širše Evrope in predavateljem iz 6 držav.

V začetku leta 2024, ko bodo na voljo vse smernice, predlogi spremembe zakonodaje in ostala orodja, bodo izvedene tudi delavnice in razprave z nacionalnimi, regionalnimi in lokalnimi deležniki.

3.2 Priprava smernic in predlogi spremembe zakonodaje

Smernice lahko pomagajo k pripravi boljše dokumentacije in izvedbi ustreznih postopkov/testiranj, s čimer se pospeši proces pridobivanja dovoljenj in poveča verjetnost za uspeh samega projekta.

Na MNVP so že na voljo smernice za izvedbo reinjekcijskih vrtin in trajno opustitev vrtin. *Strokovni predlog ravnanja z objekti za rabo mineralne, termalne in termomineralne vode po prenehanju rabe* iz leta 2019 opisuje zakonodajo, postopke za opustitev vrtine ali spremembo njene namembnosti ter merila za spremembo namembnosti. *Strokovni predlog ustrezne izvedbe reinjekcijskih vrtin in meril za priznavanje reinjekcije* iz leta 2020 pa vsebuje predlagane tehnične postopke, povzema izkušnje drugih držav in podaja merila za priznavanje vrtine kot reinjekcijske.

Slednje bodo nadgrajene v nove *Smernice za zmanjšanje geološkega in tehnološkega tveganja reinjekcijskih vrtin v razpokanih in medzrnskih vodonosnikih*. Sočasno bodo izdelane *Smernice za tehnično zasnovo projekta in določanje parametrov geotermalnih vrtin in dubletov*, ki bodo vsebovale dobre primere, predlagan potek del, uporabo materialov in metod za zanesljivo oceno značilnosti vodonosnika.

S tehnoekonomskega in energetskega vidika bo pomembnih dvoje smernic. *Smernice za razvoj projektov neposredne uporabe (daljinsko ogrevanje in ogrevanje rastlinjakov) in povezovanje z drugimi OVE* bodo vsebovale tudi praktični primer postopkov za pridobitev potrebnih dovoljenj in energetske predloge sistemov kaskadne rabe. Ker največji potencial za razvoj geotermalne elektrarne vidimo predvsem med Slovenijo, Hrvaško in Madžarsko, potencialno tudi med Slovenijo in Avstrijo, so zelo pomembne tudi *Smernice za razvoj pilotne geotermalne elektrarne z oceno čezmejnih vidikov*, ki bodo opisovale načrte, programe in ukrepe, da bi se tudi takšni čezmejni geotermalni projekti v bodoče lahko izvedli.

Za lažji razvoj geotermalnih projektov je pripravljen pregled možnosti kot *Poročilo o nacionalnih postopkih, predpisih, omejitvah, dovoljenjih in monitoringu s predlogi za izboljšave*. Trenutni predlogi spremembe zakonodaje, vsaj za področje proizvodnje

geotermalne elektrike, vpeljujejo t.i. "geotermalne regulativne peskovnike" po vzoru predloga Zakona o umeščanju naprav za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije [10].

Pri razvoju geotermalnih projektov je običajno največji strošek začetna investicija izgradnje geotermalnih vrtin. Slovenija ima zelo raznoliko geološko zgradbo, ki je v globinah pod 500 m zelo slabo poznana. Doslej je bilo izdelanih le 64 vrtin, globljih od 2 km, in še te se večinoma nahajajo na opuščenih naftnih in plinskih poljih v SV Sloveniji. Zato je ključno z medsektorskim sodelovanjem in preverbo nacionalnih in mednarodnih možnosti oblikovati ustrezne mehanizme zavarovanj tveganj in privabljanja novih investitorjev. Temu sta namenjena dva dokumenta: *Poročilo o potrebni prilagoditvi zakonodaje za vzpostavitev shem zavarovanja geoloških tveganj* in *Poročilo o razpoložljivih EU, mednarodnih in nacionalnih sredstvih za geotermalno energijo in njeno povezovanje z drugimi OVE.*

3.3 Vzpostavitev nacionalnega geotermalnega združenja

Povezovanje sektorja in nato medsektorsko povezovanje je ključno tudi na področju razvoja rabe geotermalne energije. Zato smo prepoznali potrebo po novi pravni osebi, ki jo trenutno naslavljamo kot "združenje", z ustreznim poslovnikom in poslovnim modelom, ki bo omogočal dolgoročno delovanje in podporo sektorja. Naš cilj je, da bo združenje ob ustanovitvi imelo vsaj 10 članov.

4. Zaključki

Kot smo opisali, medsektorsko sodelovanje med ministrstvi, zadolženimi za okolje in energijo, raziskovalci, strokovnjaki, predstavniki lokalnih skupnosti, investitorji in drugimi deležniki ne poteka le znotraj Slovenije, ampak se zelo aktivno povezujemo tudi z Islandijo, Hrvaško in drugimi vodilnimi geotermalnimi državami, npr. Nemčijo in Nizozemsko. Aktivno in intenzivno sodelovanje pri prenosu znanja med državami in institucijami, znotraj institucij ter na različnih stopnjah posameznikove poslovne poti bo kmalu ustvarilo dovolj prepoznavnosti in usposobljenosti kritične mase tudi v Sloveniji, da se bo naš geotermalni sektor lahko razvjal, saj o potencialu ni dvoma.

5. Zahvala

Projekt INFO-GEOTHERMAL sofinancirajo Islandija, Lihtenštajn in Norveška s sredstvi Finančnega mehanizma EGP v višini 1.073.529,41 €. Namen projekta je podpiranje učinkovite kaskadne uporabe geotermalne energije z dostopom do uradnih in javnih informacij. Več informacij na https://www.geo-zs.si/index.php/en/?option=com_content&view=article&id=1120 in www.norwaygrants.org.

6. Viri

[1] Rajver, D., Prestor, J., Rman, N., Lapanje, A., Pestotnik, S., Adrinek, S. 2022: Raba geotermalne energije za ogrevanje in hlajenje je v hitrejšem porastu - pregled rabe v Sloveniji v letu 2021. Mineralne surovine v letu 2022, 146-162. (dostopno 22. 5. 2023 na https://www.geo-zs.si/?option=com_content&view=article&id=1159)

[2] https://www.norwaygrants.si/projekti/projekti-programa-blazenje-podnebnih-sprememb-in--prilagajanje-nanje/info-geothermal/ (dostopno 22. 5. 2023)

[3] https://www.geo-zs.si/?option=com_content&view=article&id=1119 (dostopno 22. 5. 2023)

[4] https://skupnostobcin.si/info-geothermal-podpiranje-ucinkovite-kaskadne-uporabe-geotermalne-energije-z-dostopom-do-uradnih-in-javnih-informacij/ (dostopno 22. 5. 2023)

[5] Geological model of Slovenia, portal EGDI. (dostopno 22. 5. 2023 na https://3dviewer.europe--geology.eu/?model_id=21)

[6] Šram, D., Rman, N., Lapanje, A., Rižnar, I. 2020: 3D geološki model Mursko-Zalskega bazena (spremno besedilo). GeoZS, Ljubljana. (dostopno 22. 5. 2023 na https://www.geo-zs.si/?option=com_content&view=article&id=718)

[7] 3D model presentations. (dostopno 22. 5. 2023 na http://www.green-capacity.eu/go/870/Projektno-delo)

[8] Rman, N. in sod. 2022: DT1_1_3 Delavnica in ogled študijskih primerov na Islandiji. GeoZS, MOP, MZI, SOS. (dostopno 22. 5. 2023 na

https://www.geo-zs.si/?option=com_content&view=article&id=1119)

[9] Zakon o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika. NN 52/18, 52/19, 30/21. (dostopno 22. 5. 2023 na https://www.zakon.hr/z/656/Zakon-o-istra%C5%BEivanju-i-eksploataciji-ugljikovodika)

[10] Zakon o umeščanju naprav za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije – predlog predpisa (dostopno 22. 5. 2023 na https://e-uprava.gov.si/drzava-in-druzba/e-demokracija/predlogi-predpisov/predlog-predpisa.html?id=14674)

KARTA Z ZGODBO (STORY MAP) NA PRIMERU OCENE KOLIČINSKEGA STANJA PODZEMNIH VODA ZA 3. NAČRT UPRAVLJANJA VODA

VERONIKA STRMŠEK, PETRA KRSNIK, dr. PETRA SOUVENT

Agencija RS za okolje

POVZETEK

ArcGIS karta z zgodbo (ArcGIS StoryMaps) je samostojen spletni prikaz vsebin s pomočjo interaktivnih kart, podprt z besedilom, grafi, shemami, fotografijami, lahko tudi z video vsebinami. Načrti upravljanja voda so zelo specifične vsebine, namenjene prvotno pripravljavcem politik s področja voda. Del načrtov je tudi ocena količinskega stanja podzemnih voda. Najnovejšo oceno, za 3. načrt upravljanja voda, smo želeli približati tudi širši javnosti. S karto z zgodbo smo vsebino predstavili na sodoben, dinamičen ter uporabniku prijazen način, s poudarkom na grafičnem in slikovnem prikazu. Posamezna vsebina je tako razdeljena v več tematskih sklopov. Preko izbora v orodni vrstici ali z drsenjem po zgodbi je mogoč hiter dostop do želene vsebine. Na takšen interaktiven način predstavljena vsebina je zanimiva, razumljiva ter širše dostopna tako strokovni kot tudi laični javnosti.

Ključne besede:

Karta z zgodbo, ArcGIS StoryMaps, ESRI, načrt upravljana voda, količinsko stanje podzemnih voda

1. Uvod

ArcGIS karte z zgodbo[1] so spletna aplikacija za ustvarjanje zgodb, ki nam omogočajo skupno rabo zemljevidov v povezavi s spremljajočim besedilom in drugimi multimedijskimi vsebinami. Namenjene so predstavitvi različnih tem, od znanstvenih in strokovnih do poljudnih, s poudarkom na zemljevidih/kartah kot sestavnem, oziroma osrednjem delu vsebine. Karte z zgodbo omogočajo vizualno privlačno in prostorsko učinkovito predstavitev tematik, ki lahko izobražujejo, informirajo in seznanjajo strokovno javnost ter širšo javnost, ter celo vplivajo na aktualne spremembe in krojijo javna mnenja.

Karte z zgodbo s svojim elegantnim in modernim izgledom vključujejo interaktivne zemljevide, tematske karte s podatki, dinamične legende, besedila, povezave, vdelane vsebine, preglednice, grafe, sheme, fotografije in videoposnetke ter zagotavljajo fleksibilne in dinamične funkcionalnosti, kot so vlečenje, pojavna okna in časovni drsniki, ki uporabnikom pomagajo pri raziskovanju vsebine. Zasnovane so tako, da od uporabnikov ne zahtevajo tehnična znanja oz. izkušnje s programsko opremo. Omogočen mora biti dostop do interneta, znana pot do zgodbe in že se lahko na preprost način, najpogosteje z drsenjem, pomikamo po dani vsebini.

Na Agenciji RS za okolje smo karto z zgodbo ustvariti z uporabo platforme ESRI ArcGIS Online, ki omogoča izdelavo in deljenje interaktivnih zemljevidov/kart in drugih prostorskih vsebin. ESRI ArcGIS Online omogoča enostavno ustvarjanje kart z zgodbo, saj ima vgrajeno funkcionalnost za ustvarjanje in urejanje interaktivnih zemljevidov/kart, pa tudi orodja za oblikovanje in urejanje besedila, slik, videoposnetkov in drugih vsebin, ki jih želimo vključiti v zgodbo. Za dobro izvedeno karto z zgodbo potrebujemo strokovnjaka s področja GIS-a za tehnično izvedbo le-te in z dobrim razumevanjem prostorskih podatkov, osebo, ki mu je blizu vsebina, ki jo predstavljamo in ima sposobnost pisanja in oblikovanja besedil ter sodelavca s smislom za vizualizacijo.

V nadaljevanju predstavljamo karto z zgodbo na primeru ocene količinskega stanja podzemnih voda, ki smo jo pripravili za 3. načrt upravljanja voda[2,3]. Do karte z zgodbo lahko dostopate preko QR kode (*Slika 1*).



Slika 1 QR koda za dostop do karte z zgodbo

2 Karta za zgodbo na primeru ocene količinskega stanja podzemnih voda za 3. načrt upravljanja voda

2.1 Koncept izdelave

Pri izdelavi karte z zgodbo smo uporabili koncept, kjer lahko do posameznega sklopa vsebin dostopamo preko izbora v orodni vrstici, lahko pa drsimo preko ekrana in se pomikamo po celotni zgodbi. Karte, ki so osrednji del zgodbe so prikazane na desni strani. So interaktivne, z dinamično legendo, tudi z drsnikom za primerjavo dveh časovnih obdobij in bralcu, s klikom na določena mesta, omogočajo raziskovanje dodatne vsebine na dani lokaciji v obliki grafov in tabel. Pri posameznih delih poglavij se območje, opisano v delu poglavja, na karti približa skladno z besedilom. Besedilo je kratko in jedrnato. Dodane so sheme za hitro in bolj nazorno vizualizacijo vsebine in stilsko oblikovane slike za popestritev in "predah" med branjem.

2.2 Vsebina zgodbe

Ocena količinskega stanja podzemnih voda[2] je del Načrta upravljanja voda, s katero ovrednotimo stanje podzemne vode in preučimo ter analiziramo vpliv odvzemov podzemne vode na razpoložljive količine podzemne vode, na površinska vodna telesa, na kopenske ekosisteme, ki so neposredno odvisni od podzemne vode, ter na

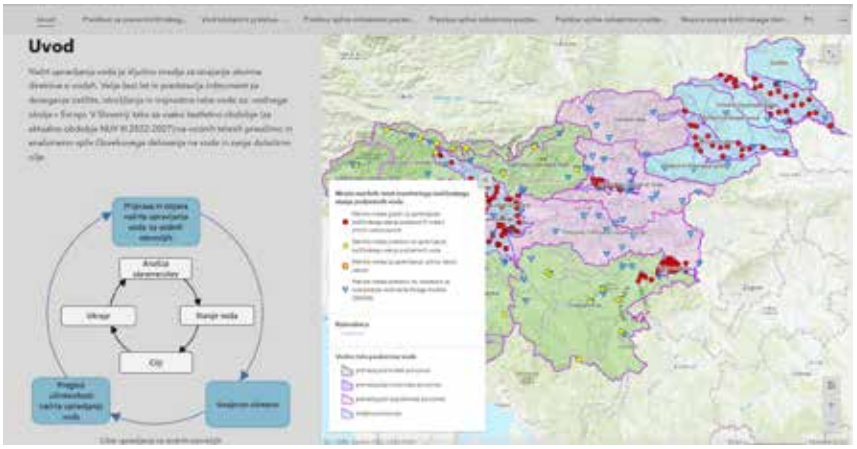
samo dinamiko podzemne vode. Gre za dokaj strokovne vsebine, prvotno namenjene pripravljavcem politik s področja voda. Tematika pa je, ob vse večji teži podnebnih sprememb, vse bolj aktualna tudi za širšo javnost. Da se izognemo suhoparnemu branju strokovnih poročil in v želji, da vsebino količinskega stanja podzemnih voda približamo laični javnosti, smo ustvarili karto z zgodbo (*Slika 2*), ki na intuitiven in interaktiven način predstavlja dano vsebino.

Vsebina je razdeljena na naslednje sklope:

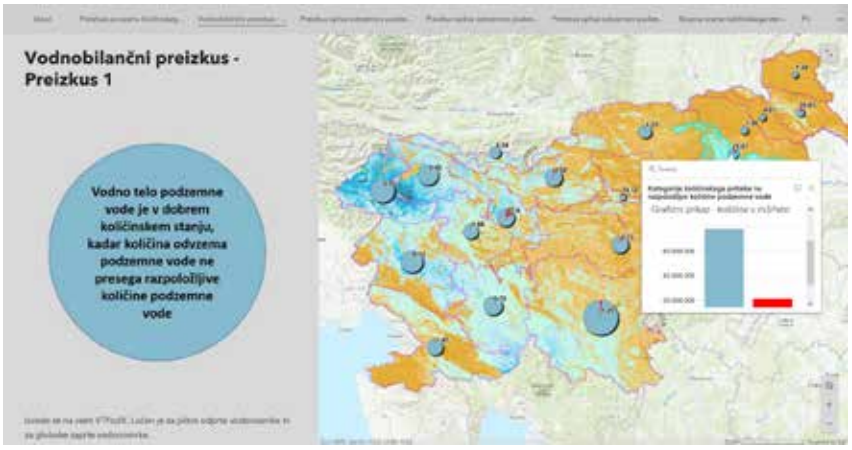
- Uvod (*Slika 3*), kjer predstavimo kaj je načrt upravljanja voda in zakaj ter kje izvajamo oceno količinskega stanja podzemnih voda;
- Preizkusi za oceno količinskega stanja podzemnih voda, kjer podamo način ocenjevanja količinskega stanja podzemnih voda preko preizkusov;
- Vodnobilančni preizkus – Preizkus 1 (*Slika 4*);
- Preizkus vpliva odvzemov podzemne vode na ekološko stanje površinskih voda – Preizkus 2;
- Preizkus vpliva odvzemov podzemne vode na kopenske ekosisteme, odvisne od podzemnih voda – Preizkus 3;
- Preizkus vpliva odvzemov podzemne vode na vdore slane vode ali vode slabše kakovosti – Preizkus 4. Pri vseh preizkusih navedemo kriterije za dobro količinsko stanje vodnega telesa podzemne vode, območje izvedbe preizkusa, kaj le-ta vključije, kaj podaja in kakšni so rezultati preizkusa. Na koncu navedemo ali je po danem preizkusu stanje dobro ali slabo.
- Skupna ocean količinskega stanja podzemnih voda, ki je povzetek vseh ocen posameznih preizkusov;
- Primerjava NUVII z NUVIII (*Slika 5*), kjer vsebine iz aktualnega načrta upravljanja voda primerjamo s predhodnimi, iz obdobja 2016-2021;
- Viri;
- Povezave.



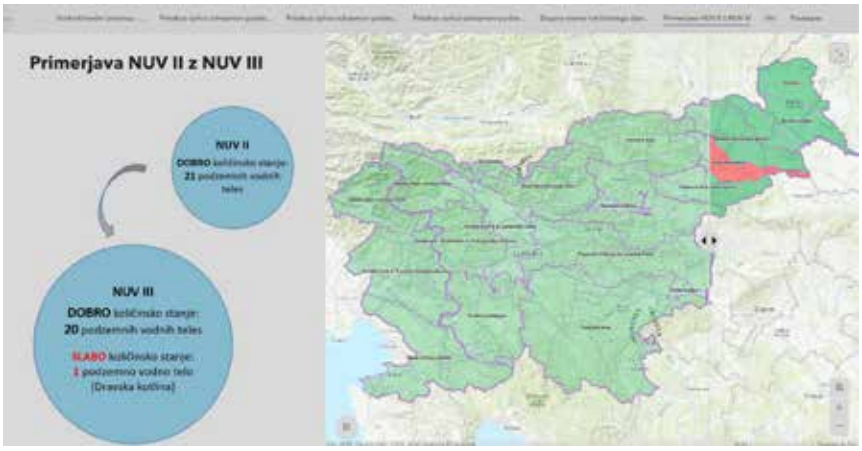
Slika 2 Naslovna stran



Slika 3 Uvodno poglavje z interaktivno karto merilnih mest monitoring količinskega stanja podzemnih voda



Slika 4 Primer predstavitve preizkusov – Preizkus 1 z interaktivno karto prikaza obnavljanja podzemne vode in količinskega pritiska na razpoložljive količine podzemne vode na izbranem vodnem telesu podzemne vode



Slika 5 Primerjava NUVII z NUVIII, kjer vsebine iz aktualnega načrta upravljanja voda primerjamo s predhodnim iz obdobja 2016-2021 s pomočjo z drsnika na karti

Za vašo lastno uporabniško izkušnjo predlagamo, da sami raziščete vsebino in se prepričate o funkcionalnosti in privlačnosti prikaza ocene količinskega stanja podzemnih voda za 3. načrt upravljanja z vodami v obliki karte z zgodbo. Poskenirajte QR kodo (*Slika 1*) in raziskujte.

3. Zaključki

Uporaba kart z zgodbo je praktično neomejena – potrebna je le dobra ideja. S tehničnega vidika je postavitev zgodbe, ob podpori osebe, ki ima ustrezna znanja in izkušnje na področju GIS-a, dokaj enostavna. Ne škodi pa še kanček kreaktivnega razmišljanja in sposobnost pripovedovanja zgodbe. Karte z zgodbo lahko tako izdelajo različne organizacije, od vladnih ustanov, nevladnih organizacij, medijev, do izobraževalnih ustanov in drugih. Vsem tem karta z zgodbo omogoča, da predstavijo vsebine, ki se nanašajo na njihovo delo, na edinstven in zanimiv način ter s tem dosežejo širši krog občinstva.

4. Viri

[1] *ArcGIS StoryMaps.* Dostopno na: https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-storymaps/resources [dostop 9. maj 2023]

[2] ANDJELOV, M., FRANTAR, P., PAVLIČ, U., RMAN, N. AND SOUVENT, P., 2021. Količinsko stanje podzemnih voda v sloveniji: osnove za NUV 2022-2027. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in proctor, Agencija RS za okolje, 95 str. Dostopno na: https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/hidro/watercycle/text/sl/publications/monographs/Kolicinsko_stanje_podzemnih_voda_v_Sloveniji_OSNOVE_ZA_NUV_2022_2027.pdf [dostop 9. maj 2023]

[3] KRSNIK, P., SOUVENT, P. AND STRMŠEK, V., 2022. Karta z zgodbo: Podzemna voda – NU-VIII, Ocena količinskega stanja podzemnih voda v Sloveniji za tretji načrt upravljanja voda 2022-2027; Bogastvo, skrito pod zemeljskim površjem. Agencija RS za okolje. Dostopno na: https://storymaps.arcgis.com/stories/74a4bc360abd4ddd96fa3460f2b68e00 [dostop 9. maj 2023] ali preko QR kode:

UPRAVLJANJE IN INTERDISCIPLINARNOST V LUČI *SENSUS COMMUNIS* IN *SENSUS PRIVATUS*

SULTANA JOVANOVSKA, mag. politologije, prof. dr. ANDREJ LUKŠIČ

Slovensko politološko društvo

POVZETEK

V prispevku se bomo osredinili na vprašanja, kaj pomenita pojma *sensus communis* in *sensus privatus*, kakšna je razlika med njima in zakaj je razumevanje teh dveh pojmov in logik pomembno za interdisciplinarnost in upravljanje voda. Medtem ko prvi pojem predpostavlja skupni svet in nas uvršča vanj (tja spadamo, se povezujemo in delujemo), drugi predpostavlja, da delujemo brez komunikacije in brez povezave z drugimi; gre za zanašanje nase, ki je povsem neodvisno od sveta in obstoja drugih ljudi. Razumevanje teh dveh logik in razlike med njima je ključno za interdisciplinarnost in iskanje celovite rešitve pri upravljanju voda, saj odpira vprašanje povezanosti ne le med akterji na različnih ravneh, temveč tudi z opazovalci oziroma tistimi, ki niso vključeni v delovanje, vendar pa nam lahko povezovanje z njimi pomaga pri razumevanju in pri iskanju rešitev za pereče probleme. Prispevek bo odprl nov pogled na iskanje rešitev pri upravljanju voda (oz. pri okoljskih zadevah) in bo prav tako odgovarjal na vprašanje, kako premagati subjektivne pogoje in interese ter odpreti možnost za nove načine povezovanja in kolektivnosti.

Ključne besede:

sensus communis, *sensus privatus*, upravljanje voda, javna sfera, razširjena misel, javna polisi, interdisciplinarnost.

1. Uvod

V današnjem svetovnem kontekstu obstaja napetost med nastanek različnih vrst realnosti znanstvenimi eksperti in nestrokovno (laično) javnostjo oz., kot piše Fischer (2000), napetost med demokracijo, ki poudarja in zahteva deliberacijo in mnenje državljanov, ter racionalnim in kalkulativnim duhom znanstvenika in strokovnjaka. Uporaba znanstvene racionalnosti pri oblikovanju javnih polisi odpira pomisleke glede vloge demokratične udeležbe v družbi, ki jo poganjajo strokovnjaki in eksperti: ali imajo navadni državljani dovolj znanja in intelektualnih sredstev, da lahko prispevajo k zapletenim političnim odločitvam, s katerimi se sooča družba? Beiner (2010) tako na primer ugotavlja, da je monopol politične inteligence prenesen na strokovnjake in tehnike, ki usklajujejo pravila upravljanja in odločanja v skladu z vladajočimi metodami, racionalnimi postopki ter strokovnostjo, mnenje

običajnega državljana pa je treba glede na uveljavljena načela racionalnosti razumeti kot neustrezno.

V nadaljevanju se bomo oprli na premislek Hannah Arendt, ki v svojem opusu opredeli dve ključni kategoriji, in sicer *sensus communis* in *sensus privatus*, ki nam omogočata razumeti prepad med strokovno in nestrokovno javnostjo oz. med znanstveniki in laiki. Izpostavili bomo pomembnost *sensus communis* za premagovanje te napetosti med znanostjo in deliberacijo navadnih državljanov, gre namreč za premagovanje subjektivnega stališča, pogojev in interesov ter za odpiranje možnosti povezovanja. *Sensus communis* namreč omogoča tudi način povezovanja, ki gradi razširjeno misel in kolektivno presojo, ko se iščejo rešitve za pereča vprašanja. Prispevek odpira nov pogled na iskanje rešitev pri upravljanju voda (oz. pri okoljskih zadevah) ter izpostavlja nove načine povezovanja onkraj interdisciplinarnosti.

2. *Sensus communis*

Hannah Arendt v svojih delih *sensus communis* pripisuje dvojno funkcijo. Prva funkcija je v tem, da drži skupaj naših pet čutov (vonj, dotik, vid, sluh in okus);[1] kot subjektivni gradniki zaznavanja »zagotavljajo, da vidim, se dotikam, okušam, vonjam in slišim isti predmet; gre za sposobnost, ki razširja pet čutov na vse objekte« (Arendt, 1978, str. 50). *Sensus communis* ima v tem primeru funkcijo, da združuje naših pet čutov in jih povezuje z istim predmetom, skupnim čutnim korenom, ter nam omogoča, da prepoznamo določen predmet, ki se vsakemu od petih čutov kaže drugače, in omogoči, da omenjeni predmet označimo s skupnim imenom (Peeters, 2009, str. 342–343). Gre za zmožnost, ki zajema podatke petih čutov in jih združi v enotno zaznavo. Druga funkcija tega čuta pa je, da nas *sensus communis* osvobaja zasebnega značaja naših zaznav in subjektivnosti, saj subjektivne in nesporočljive zaznave zasebnih čutov umeščamo v skupni svet, ki si ga delimo z drugimi; osvobaja nas torej dejstvo, da se stvar, ki jo zaznavam, dogaja tudi drugim, četudi na drugačen način. Arendt v Življenju duha trdi, da zaznavanje realnosti izhaja iz tega »notranjega čuta«, ki ga imenuje tudi naš misteriozni šesti čut. Po Hannah Arendt vse, kar zaznavamo, zaznavamo na način »to se mi zdi«, torej je odprto za napake in iluzije; garant »resničnosti«, gotovost, da je to, kar zaznavam, resnično – identiteta stvari, ki jo vidim, se jo dotikam, vonjam, okusim ali slišim –, pa je pridobljen z dejstvom, da lahko drugi zaznavajo to, kar zaznavam jaz, prek interakcije mojih čutil, torej da to priznavajo tudi drugi, čeprav to zaznavajo z drugega stališča, z druge perspektive. Arendt piše, da je »subjektivnost tega zdi- se-mi odpravljena z dejstvom, da se isti predmet pojavlja tudi drugim, čeprav je način njegovega pojavljanja lahko drugačen«, resničnost pa je »ustrezna svetna lastnost šestega čuta« (Arendt, 1978, str. 50). Po eni strani realnost spremlja naše zaznave, je na voljo našim čutom, po drugi strani pa to zaznavanje realnosti ni zaznava v običajnem pomenu – ne moremo je zaznati na enak način kot druge čutne značilnosti, kot sta vidnost ali slišnost –, temveč je povezana z izkušnjo konteksta, v katerem se posamezne stvari kažejo in v katerem prav tako obstajamo sredi drugih bitij (Peeters, 2009). Arendt piše »v javnih prostorih pojavnosti ljudje konstituirajo realnost sveta, ki je

[1] Vsak od njih ima svoj poseben organ ter ustreza določeni čutno zaznavni lastnosti sveta.

zagotovljena s prisotnostjo drugih, tako da se pojavlja, kakor se pojavlja za vse« (Arendt, 1958, str. 199). Z javnim delovanjem in govorjenjem lahko ljudje izražajo različne poglede na svet, ki si ga delijo med seboj, razumejo pomene dejanj drugih in razloge za njihova mnenja. V tem primeru Arendt pogojuje *sensus communis* z dejansko komunikacijo z drugimi, piše »resnica je tisto, kar komuniciram [...]; če ne moreš nekako sporočiti in izpostaviti okusu drugih, bodisi ustno bodisi pisno, česarkoli, kar si morda ugotovil, ko si bil sam, bo ta sposobnost [razširjenega mišljenja], ki se uveljavlja v samoti, izginila« (Arendt, 1989, str. 40). Ta šesti čut je produkt človekovega delovanja, brez katerega lahko postopoma izgine.

Borren trdi, da je sensus communis pri Hannah Arendt vgrajen v človeške pogoje, ki niso nespremenljivi in univerzalni, ampak so podvrženi spremembam, saj so rezultat človeškega delovanja in govora, zaradi česar vzniknejo nova in nepričakovana stanja, ki lahko posledično spremenijo svet (2013, str. 246). Odvisen je namreč od zgodovinsko-političnega konteksta in situacije ter hkrati predstavlja okvir, v katerem ljudje delujejo, govorijo, sodijo in osmišljajo svet (prav tam). Tudi Snir (2015) trdi, da Arendt obstoj te sposobnosti pogojuje z družbeno-političnim kontekstom. Pridobimo jo z vsakodnevnimi izkušnjami na podlagi vsakodnevne interakcije s svetom. Čeprav Arendt v svoji analizi *sensus communis* ceni dejansko izmenjavo mnenj v določeni skupnosti, Borren (2013) ugotavlja, da se Arendt poslužuje hermenevtičnega kroga, kar pomeni, da si je treba *sensus communis* za razsojanje in razumevanje vedno kritično prisvojiti z delovanjem imaginacije in refleksije – imaginativno predstavo stališč drugih in *Selbstdenken* –, da bi dosegli razsojanje in razumevanje. Hinchman (1984, str. 331) to razume kot dvoplastni dialog: javni, dejanski dialog, v katerem izmenjujemo svoja stališča in zaznave z vsemi drugimi, in zasebni miselni dialog, v katerem oblikujemo svoja okvirna stališča. Medtem ko v drugi plasti poteka aktivno mišljenje, je prva plast pomembna za razsojanje in razširjeno mišljenje, pri čemer lahko z javnim dialogom in komunikacijo razširimo svoje mišljenje in si nato predstavljamo svet in razmišljamo o njem z več različnih vidikov. Za Hannah Arendt je tako veljavnost (političnega) razsojanja odvisna od sensus communis, ki nas uvršča v skupnost z drugimi in nam daje občutek realnosti.[2]

[2] Hannah Arendt razumevanje *sensus communis* v glavnem predstavi v svojih razpravah o razsojanju. Arendt svojo teorijo (političnega) razsojanja gradi izhajajoč iz Immanuela Kanta in dela *Kritika razsodne moči*, kjer Kant vpelje drugačen način mišljenja, ki ni enak miselnemu procesu čistega mišljenja, temveč ga sestavlja sposobnost mišljenja s položaja kogarkoli drugega, in ki ga je imenoval razširjeni način mišljenja (Arendt, 1969, str. 220). Estetsko razsojanje ali sodbe o okusu so ključne za razsojanje, ki ga Arendt razvija v svoji misli. V estetskih sodbah imamo opraviti z obliko »biti skupaj«, v kateri nihče ne vlada in se nihče ne podreja. Estetske sodbe se ne podrejajo objektivnemu pojmu ali pravilu, nimajo pojma za podrejanje posameznosti in ne vključujejo utemeljevanja ali premisleka o pojmih, temveč vključujejo opisovanje lepote na podlagi danih konfiguracij zmožnosti razuma in imaginacije, ki v subjektu vzbujajo ugodje. Vsak človek pri estetskih sodbah zaseda svoje lastno, subjektivno stališče, s katerega gleda in razsoja o svetu glede na njegov videz in o tem, kako naj bi bil ta svet – neodvisno od naših interesov – videti in slišati oziroma kaj bodo ljudje v njem videli in slišali. Gre za zmožnost razsojanja, ki obravnava razlike v njihovi partikularnosti brez podrejanja vnaprej danemu univerzalnemu zakonu. Pomen tovrstnega razsojanja, po Hannah Arendt, je v tem, da vključuje oblikovanje mnenja oziroma zmožnost razširjene misli tako, da določene zadeve, vprašanja in svet obravnavamo z različnih vidikov. V tej dejavnosti ima *sensus communis* izredno pomembnost, saj tovrstno razsojanje vedno vključuje premislek o drugih in njihovem okusu, upošteva njihove (morebitne sodbe) in mnenja. Arendt v *Predavanjih o Kantovi politični filozofiji* pravi, da »človek vedno razsoja kot član skupnosti, vodi ga čut za skupnost, njegov *sensus communis*« (1989, str. 75).

Torej, *sensus communis* Arendt razume kot »dodatni čut, dodatno miselno sposobnost, ki nas uvršča v skupnost z drugimi« (Arendt, 1989, str. 70) in nam omogoča, da bi presegli svoj subjektivni položaj in svoje zasebne občutke. Gre za čut, ki predpostavlja obstoj drugih v skupnem svetu, katerega bistvo je komunikabilnost; s komunikabilnostjo je omogočeno, da se različne perspektive pojavijo in postanejo vidne.

3. *Sensus privatus*

Nasprotje sensus communis je sensus privatus. Če smo govorili o tem, da Arendt pogojuje sensus communis s komunikacijo in povezavo z drugimi, pravo nasprotje tega čuta pa je sensus privatus – zasebni čut, ki ga Kant imenuje tudi *logische Eigensinn*, ki je vezan na logiko in lahko deluje brez komunikacije, brez povezave z drugimi. Arendt v *Predavanjih iz Kantove politične filozofije* trdi, da je odmiranje *sensus communis* simptom norosti, in pravi, da čeprav je oseba odtujena in deluje brez komunikacije z drugimi, »ni izgubila sposobnosti izražanja, da bi svoje potrebe manifestirala in sporočila drugim« (1989, str. 70–71), zato razlikuje med izražanjem in govorjenjem; da bi izrazili strah, veselje, željo itd., ne potrebujemo govora. Arendt poleg tega trdi, da tak simptom norosti lahko privede do norih rezultatov, saj se je ločil od izkušnje, ki je lahko veljavna in potrjena le v prisotnosti drugih (1989, str. 64). Glavna razlika med *sensus communis* in *sensus privatus* je, da *sensus communis* predpostavlja skupni svet in nujno medsebojno interakcijo, da lahko svet osmišljamo skupaj; medtem ko lahko logika in vsa samoumevnost, iz katere izhaja logično sklepanje, zahteva zanesljivost, ki je povsem neodvisna od sveta in obstoja drugih ljudi (Arendt, 1994, str. 318). Tako na primer ta zasebni čut Arendt v različnih spisih pripisuje filozofom in znanstvenikom, ki se iz sveta človeških zadev umaknejo v svet misli, razmišljajo v samoti, da bi iskali resnice, ki ležijo onkraj človeške čutne zaznave in katerih razumevanje presega običajno čutno, vsakdanjo izkušnjo. Arendt pokaže, da v sodobnosti zanašanje le na zasebni čut – *sensus privatus* – oz. na samotno mišljenje ob hkratni izgubi *sensus communis* vodi v kulminacijo odtujenosti od sveta človeških zadev in zato posledično ni mogoče vzpostaviti medsebojne komunikacije, skupnega jezika in povezanosti med znanstveniki, odločevalci in laiki oz. navadnimi državljani.[3]

[3] Hannah Arendt (1958; 2007) se v svojih delih loteva kritike moderne epistemologije in moderne znanosti, ki so diskreditirale veljavnost človeških čutov, ter v teh delih opozarja na posledice in izzive, ki jih predstavlja za človeštvo. Kot glavno skrb poudarja to, da se je znanstvenik, ki se je pod prisilo dejstev in eksperimentov prisiljen odreči *sensus communis* in svojemu popolnemu zavedanju realnosti, prisiljen odreči tudi normalnemu, običajnemu jeziku (1958, str. 264; 2007, str. 2). To pomeni, da je za razliko od običajnega vsakdanjega sveta svet nove znanosti abstrakten, tuj in ga ni mogoče opisati z običajnim jezikom, temveč le z matematičnimi simboli in abstraktnimi pojmi. Ena najbolj skrb vzbujajočih posledic takšnega odrekanja je za Arendtovo nezmožnost pogovora med znanstvenikom in laikom, nezmožnost njunega medsebojnega sporazumevanja, povezovanja njunih jezikov in pomenov. Poleg tega Arendt prav tako izraža skrb zaradi destruktivnih in uničujočih posledic ter težav kontroliranja teh posledic, če pozabimo na svoje temeljne omejitve in se odcepimo, odtujimo od sveta človeških zadev; ko so torej znanstveniki neuspešni pri tem, da bi se vsem čutom posvetili enako, in so izgubili sposobnost pogovora z laiki, lahko svetu predstavijo najbolj destruktivne tehnologije, zmogljivosti in ukrepe z nezamisljivimi posledicami.

4. Preseganje te dualnosti pri okoljskih zadevah in upravljanju z vodami

V tem poglavju se bomo osredinili na prepad med znanostjo oz. stroko in nestrokovno javnostjo, ki ga bomo postavili v kontekst okoljskih zadev in vprašanj. V uvodu smo poudarili, da se pravila upravljanja in odločanja usklajujejo v skladu z vladajočimi metodami in načeli racionalnosti, ki razumejo mnenje običajnega državljana kot preveč neustrezno, zato ne more prispevati k oblikovanju polisi in kompleksnim problematikam, s katerimi se sooča družba. Hansen (2015) tako na primer opazi, da v razpravah o okoljskih zadevah in vprašanjih prav tako vlada argument, da so okoljska vprašanja preveč strokovna in kompleksna in da jih ne gre prepustili laikom, saj nimajo potrebnega znanja, da bi o njih pravilno razsojali in se ustrezno odločili. Takšne narave je bila izjava Jamesa Lovelocka, znanstvenika in okoljevarstvenika, ki je dejal, da so »ljudje preveč neumni, da bi preprečili podnebne spremembe«, zato bo »morda treba demokracijo za nekaj časa odložiti«. Medtem pa strokovnjake dojema za bolj usposobljene in primerne za odločanje, saj naj bi imeli objektiven in univerzalen pogled oziroma znanje in naj bi bili indiferentni. Po drugi strani pa je med zelenimi političnimi teoretiki prevladal argument, da reševanje okoljskih vprašanj in izzivov zahteva deliberacijo in preseganja subjektivnih ciljev in interesov (gl. Dryzek, 2000; Eckersley, 2000, 2019; Barry, 1999; Bahor in Lukšič, 2017). Bistvo deliberativne demokracije je v »vsebini in slogu interakcij« ter razpravljanju o spornih vprašanjih v javni sferi; javno sfero sestavljajo vsi tisti, ki jih odločitve ali prakse prizadenejo, se jih dotaknejo ali doživljajo njihove posledice; ti različni razpravljalci prispevajo s svojim pogledom na javne zadeve, o katerih se iščejo rešitve in o katerih se odloča. To omogoča, da se izognemo liberalni paradigmi strateškega pogajanja z močjo med akterji na trgu in s preferencami določene skupine (Bahor in Lukšič, 2017; Eckersley, 2000).

Različne stroke v znanosti ponujajo različne poglede na določene zadeve in vprašanja, prav tako tudi na okoljska vprašanja. Vsaka disciplina ima svoj poseben pogled in s tem povzroča nastanek različnih vrst realnosti. Po Fischerju usposabljanje in izkušnje v določeni veji znanosti oziroma specializaciji ustvarjajo intelektualno in osebno ter čustveno zavezanost tistemu, kar človek najbolje pozna in o čemer lahko govori z avtoriteto. Položaj eksperta je odvisen od sposobnosti, da opiše določen del realnosti tako, da je mogoče prepričati druge, da ima prav. Specializacija je tako ustvarila omejene zaznave, mišljenja, ki povzročajo fundamentalne razlike v razumevanju in razlagi sveta znanstvene realnosti (Fischer, 2000, str. 95–96). Pri tem prevladuje še argumentativni način mišljenja, ki je vedno izključujoč, saj, kot piše de Bono (2017), »nobena stran ne more hkrati imeti in ne imeti prav«, namreč vedno ustvarjamo medsebojno izključujoče se kategorije, kot so prav/narobe. Reduciranje problemov na povsem znanstvena in tehnična vprašanja, na katera se odgovarja le objektivno, pomeni, da se uvaja takšen standard, kjer vodenje razprave o prihodnosti in o spremembah v družbi poteka po strogih znanstvenih standardih; ti ne dopuščajo prostora za dialog in komunikacijo, celo odpravljajo deliberacijo in nekdo drug (znanstvena disciplina) v našem imenu razsoja, kaj je prav ali kaj ni. Posledično to ogroža obstoj javne sfere, saj odvrača posameznike od medsebojnega

povezovanja in sodelovanja. V eseju *Resnica in politika* Arendt poudarja, da je takšen način mišljenja in komuniciranja nujno dominanten, saj ne upoštevajo mnenj drugih ljudi (1969, str. 237). D'Entrèves (2006), ki sledi H. Arendt, prav tako piše o tem in dodaja, da je takšen standard usmerjen proti pluralnosti mnenj, pušča umu malo svobode gibanja ter zmanjšuje bogastvo človeškega diskurza, saj onemogoča razpravo in dialog ter zahteva le poslušnost.

Znanost in tehnologija imata pomembno vlogo pri ugotavljanju in merjenju okoljskih problemov, pri iskanju različnih rešitev in pri razvoju alternativnih tehnologij; vendar, kot piše Hansen (2015), se je treba zavedati, da so vprašanja o samih ciljih znanstvenih raziskav, o načinu uporabe znanja in o vrsti tehnologij, ki jih je treba razviti, politična vprašanja, na katera je treba odgovoriti z upoštevanjem skupnosti in v vsakdanjem ljudskem jeziku, v procesih javne razprave in skupnega odločanja državljanov. Gre za politična in družbena vprašanja, ki terjajo kolektivne odgovore in rešitve. Znanstveniki in strokovnjaki, ko razpravljajo o takšnih načelih in informirajo družbo z dejstvi in svojim vedenjem, morajo zapustiti svojo vlogo znanstvenikov in postati državljani; kot je zapisala Arendt v eseju Razumevanje in politika: »Če hoče znanstvenik preseči svoje lastno vedenje, mora prisluhniti ljudskemu jeziku, da bi lahko vzpostavil povezavo med vedenjem in razumevanjem.« (Arendt, 2006, str. 33) Vzpostavitev povezave med strokovnjaki, raziskovalci, odločevalci, državljani ne omogoča strokovnjakom le to, da pretehtajo svoje vedenje in vzpostavijo razumevanje oz. gradijo razširjeno kolektivno misel, ampak tudi to, da se učijo iz zakladnice lokalnih znanj, ki lahko pomembno prispevajo k reševanju okoljskih problemov. Fischer (2000) namreč v knjigi *Citizens, Experts and the Environment* ugotavlja in prikazuje prakse, kjer deliberacija navadnih državljanov bistveno vpliva in prispeva k reševanju okoljskih problemov; ne gre le za to, da lahko pomagajo s svojim unikatnim izkustvom in vpogledom v razpravo pri iskanju rešitev za pereče okoljske probleme, temveč da prispevajo tudi z vrsto znanja – zlasti lokalnega znanja –, ki ga profesionalni strokovnjak nima, ga pa potrebuje.

Pri reševanju družbenih vprašanj morajo biti nove rešitve, tehnologije in alternative, ki jih odkrivamo in razvijamo v procesu osamljenega mišljenja z zmožnostjo kreativne moči imaginacije, sporočljive in javne, biti morajo izpostavljene v javni sferi in svobodni preverbi, pri kateri sodelujejo mnogoteri glasovi in pogledi. S sodelovanjem v javni razpravi, kot akterji ali kot opazovalci, izražamo, kako se svet kaže z našega zornega kota, naša mnenja in predpostavke ali ideje za delovanje pa izzivajo mnenja drugih in vice versa; s sogovorniki v skupnosti, ki jih oblikujejo številni »heteronomni« dejavniki, se naše mnenje in predpostavke spreminjajo, preverjajo in izpopolnjujejo. Pomen *sensus communis* je torej v tem, da nam omogoča premagovati subjektivne pogoje in stališča, ter dosegati intersubjektivnost in reprezentativnost. Le tako lahko presežemo subjektivne pogoje in interese ter na problem, rešitev, vprašanja, o katerih teče razprava, pogledamo z več različnih gledišč. Za Arendt so javni prostori ključnega značaja pri vzpostavljanju tovrstne komunikacije, saj lahko ljudje s pojavljanjem v javnih prostorih ter z javnim delovanjem ter govorjenjem mislijo in osmišljajo različne perspektive sveta, ki si jih delijo med seboj, razumejo pomene dejanj drugih. Tako se v javni sferi konstituira

realnost sveta, ki je »zagotovljena s prisotnostjo drugih, s svojo pojavnostjo za vse« (Arendt, 1958, str. 199); po Arendt, biti brez javnega prostora pomeni biti prikrajšan za realnost, v tekstu *Javni prostor: skupno* zapiše, da »realnost pride samo tam, kjer mnogi pogledajo stvari v različnih perspektivah, ne da bi s tem izgubili svojo identiteto, tako da tisti, ki so zbrani ob njih, vedo, da se v njih ponuja karseda različno sebstvo« (1990, str. 11), in še naprej poudarja, da zlom skupnega sveta, javne sfere, spremlja uničenje mnogoterosti pogledov in človeške pluralnosti:

> V zgodovini poznamo takšne katastrofalne zlome iz obdobij nasilnih vladarjev, ki so svoje podložnike tako radikalno izolirali drug od drugega, da se nihče več ni mogel zediniti in sporazumeti s kom drugim. Toda isto se zgodi tudi v množičnih družbah in v razmerah množičnih histerij, ko se naenkrat vsi obnašajo tako, kakor da bi bili člani neke ogromne, v sebi enotne družine, in kjer nastaja histerija tako, da en sam aspekt preraste v gigantskega. V obeh primerih imamo opraviti z radikalnimi fenomeni privatizacije, to pomeni s stanji, v katerih nihče več ne more videti in slišati ali biti viden in slišan. Vsak je zaprt v svojo subjektivnost kot v izolirano celico, ta subjektivnost pa zato ni nič manj subjektivna in njena izkustva, četudi se pojavljajo kot neskončno multiplicirana, niso nič manj subjektivna. Skupni svet izgine, če se ga gleda samo še z enega aspekta; kajti obstaja samo v mnogoterosti svojih perspektiv (Arendt, 1990, str. 11–12).

Razširjeno misel razvijemo, ko se postavimo v javno sfero, v skupnost z drugimi. Pri tem nam *sensus communis* omogoča, da zavestno presežemo meje lastnega interesa ter discipline, in to ne tako, da bi preprosto prevzeli stališča in poglede drugih oziroma jih sprejeli namesto svojega; temveč gre za to, da drugim pustimo »biti«, hkrati pa potrjujemo, da smo vsi skupaj, to namreč vključuje zavzetost za druge (Hansen, 1993). S sposobnostjo vključevanja stališča drugih v lastno mišljenje gradimo razširjeno misel, pri čemer ohranjamo razlike in znotraj razlik iščemo skupno ter tako gradimo skupni imaginarij. V svojih študijah Valerie Brown (2015) temu reče kolektivna misel, kjer vsak posamezni um deluje neodvisno in s polno zmogljivostjo, hkrati pa skupaj z drugimi prispeva k bogatejšemu razumevanju svoje družbe. To se močno razlikuje od množične misli in množičnega uma, pri katerem vsi vključeni razmišljajo enako po vnaprej določeni tirnici. Brown (2015), ki je v svoji študiji opravila pregled literature in raziskovalnih projektov o kolektivnem oblikovanju znanja, je pokazala na transformacijske spremembe, ki so šle v smeri kolektivnega mišljenja; te spremembe gredo celo onstran disciplinarnosti (transdisciplinarnost). Ugotavlja tudi, da je ključni problem, s katerim se soočajo tisti, ki hočejo graditi razširjeno kolektivno mišljenje oz. raziskovati in oblikovati znanje po metodi kolektivnosti, kako konstruirati oziroma kje najti ustrezen konstruktivni prostor za takšno početje.[4]

[4] Brown, V. A. (2015). Utopian thinking and the collective mind: Beyond transdisciplinarity. *Futures*, 65, 209–216.

5. Zaključek

Sedanji, prevladujoči način mišljenja in graditev znanja ustrezata standardni delitvi po disciplinah, poklicih, ki si lahko nasprotujejo; kot ključni problem izpostavljamo prepad med znanostjo ter nestrokovno javnostjo. Razumevanje teh dveh logik in razlike med njima je ključno za interdisciplinarnost in iskanju celovitih rešitev pri upravljanju voda (oz. pri okoljskih zadevah), saj odpira vprašanje povezanosti ne le med akterji na različnih ravneh, temveč tudi med akterji in opazovalci oziroma tistimi, ki niso vključeni v delovanje, vendar pa nam lahko povezovanje z njimi pomaga pri razumevanju perečih problemov upravljanja voda in pri iskanju rešitve zanje. Še več, razumevanje *sensus communis* in *sensus privatus* nam omogoča refleksije in kritike lastne pozicije na ravni zavesti po eni strani, po drugi strani pa premislek o novih alternativnih načinih komunikacije in povezovanja oz. novih metodah, ki presegajo interdisciplinarnost. Alternativa, ki jo ponuja Arendt, je namreč delovanje skupnosti v kolektivnem premisleku, ki presega opozicije in subjektivna stališča in interese. Gre za način povezovanja znanstvenikov in državljanov, ki omogoča, da premagamo stališča, ki izhajajo iz subjektivnih in osebnih pogojev in/ali ki izhajajo iz različnih znanstvenih disciplin, ki jih lahko hitro razumemo kot objektivne in kot take vplivajo na presojo. Znanstveniki in strokovnjaki, ko razpravljajo o načelih in informirajo družbo z dejstvi in svojim vedenjem, morajo zapustiti svojo vlogo znanstvenikov in postati državljani. Prav tako pa ta način povezovanja omogoča, da na vprašanja, o katerih teče razprava, pogledamo iz več različnih zornih kotov; tu gre ne le za interdisciplinarni pristop, ampak za pristop, ki gre onkraj interdisciplinarnosti, saj vključuje izkustvo ljudi kot pomembno kvaliteto, ki jo je treba poleg strokovnih pogledov nujno vključiti v komunikacijske in odločevalske procese, v našem primeru upravljanje voda.

6. Viri

[1] Arendt, H. 1958. *The human condition.* University of Chicago Press.

[2] Arendt, H. 1969. Between Past and the Future: Eight Exercises in Political Thought.

[3] Arendt, H. 1978. *The life of the mind.* Harcourt Inc.

[4] Arendt, H. 1990. Javni prostor: skupno. *Problemi: eseji,* letnik XXVII, št. 9–12.

[5] Arendt, H. 1994. Essays in Understanding, 1930-1954: formation, exile, and totalitarianism. Ur. Jerome Kohn. Schocken Books.

[6] Arendt, H. 2006. Razumevanje in politika. *Nova Revija*, letnik XXV, št. 289/290, str. 30–43.

[7] Arendt, H. 2007. The conquest of space and the stature of man. Dostopno prek: https://www.thenewatlantis.com/publications/the-conquest-of-space-and-the-stature-of-man.

[8] Arendt, H., in Beiner, R. 1989. *Hannah Arendt lectures on Kant's political philosophy.* The University of Chicago Press.

[9] Beiner, R. 2010. *Political judgement.* Routledge.

[10] Barry, J. 1999. Rethinking green politics: nature, virtue and progress. London: Sage.

[11] Borren, M. 2013. 'A sense of the world': Hannah Arendt's hermeneutic phenomenology of common sense. *International Journal of Philosophical Studies*, 21(2), 225–255.

[12] Bahor, M., & Lukšič, A. A. (2017). Green political thought and democracy. V Lukšič, A. A. (ur.), *Exploration of political ecology in Slovenia*, str. 22–34. Fakulteta za družbene vede, Center za politično teorijo.

[13] d'Entreves, M. P. 2006. To think representatively: Arendt on Judgement and imagination. *Philosophical papers*, 35(3), 367–385.

[14] De Bono, E. 2017. *I am right, you are wrong.* Penguin UK.

[15] Dryzek, J. 2000. Deliberative democracy and beyond. Liberals, critics, contestations. Oxford: Oxford University press.

[16] Eckersley, R. 2000. Deliberative democracy, ecological representation and risk: Towards a democracy of the affected. V Saward, M. (ur.), *Democratic innovation: Deliberation, representation, and association*, str. 117–132. London: Routledge.

[17] Fischer, F. 2000. Citizens, experts, and the environment: The politics of local knowledge. Duke University Press.

[18] Hinchman, S. K. 1984. Common Sense & Political Barbarism in the Theory of Hannah Arendt. *Polity*, 17(2), 317–339.

[19] Hansen, P. B. 1993. *Hannah Arendt: politics, history and citizenship* (p. VIII, 266). Polity Press.

[20] Hansen, C. 2015. Think What We are Doing. Dostopno prek: http://new-compass.net/articles/think-what-we-are-doing.

[21] Peeters, R. 2009. Truth, Meaning and the Common World: The Significance and Meaning of Common Sense in Hannah Arendt's Thought, prvi del. *Ethical perspectives*, 16(3), 337–359.

[22] Snir, I. 2015. Bringing Plurality Together: Common Sense, Thinking and Philosophy in Arendt. *The Southern Journal of Philosophy*, 53(3), 362–384.

NA RAZPOTJIH SOCIOHIDROLOŠKIH IN HIDROSOCIOLOŠKIH RAZISKOVANJ

PAVEL GANTAR, doktor sociloških znanosti

POVZETEK

Prispevek se ukvarja z nastankom in razvoja sociohidrologije, ki se je iz okvira hidrologije kot naravoslovne znanosti pojavila v zadnjih desetih letih. Njena glavna ambicija izhaja iz dejstva, da hidroloških procesov ni več mogoče pojasnjevati samo s pomočjo od človeka neodvisnih naravnih zakonitosti biofizičnega okolja, v katerem se nahaja voda kot življenjsko pomemben naravni vir, pač pa, da je zaradi globalnega vpliva človeka na vodni krog, potrebno hidrološko analizo nadgraditi z družbeno razsežnostjo. Sociohidrologija razume razmerje med hidrološkimi procesi in človekom/družbo v nizu pozitivnih in negativnih zank, ki vplivajo na ko-evolucijo razmerja med vodo in človekom. Ključna ugotovitev prispevka je, da se bo sociohidrologija, če bo želela preseči svoje omejitve, morala bolj opreti na dosežke hidro družbenega raziskovanja in ne zgolj na modele ekosistemskega modeliranja »planeta zemlja«.

Ključne besede:

Socio-hidrologija, hidro-družbeno (sociološko) raziskovanje, ekosistemska znanost, vodni (družbeni) krog, poplave

ABSTRACT

The paper deals with the origin and development of sociohydrology, which emerged from the framework of hydrology as a natural science in the last ten years. Its main ambition stems from the fact that hydrological processes can no longer be explained only with the help of human-independent natural laws of the biophysical environment in which water is found as a vital natural resource, but rather that due to the global influence of man on the water cycle, it is necessary to upgrade the hydrological analysis with a social dimension. Sociohydrology understands the relationship between hydrological processes and man/society in a series of positive and negative loops that influence the co-evolution of the relationship between water and man. The key conclusion of the paper is that, if sociohydrology wants to overcome its limitations, it will have to rely more on the achievements of hydro-social research and not only on models of ecosystem modeling „planet earth".

Key words:

Socio-hydrology, hydro-social (sociological) research, ecosystem science, water (social) cycle, floods

1. Uvod

V prispevku želimo osvetliti nastanek in razvoj sociohidrologije, ki jo v najširšem pomenu opredeljujemo kot »znanost o ljudeh in vodi, (kot) novo znanost, ki je usmerjena k razumevanju dinamike in ko-evolucije vzajemno povezanih (coupled) človeških in vodnih sistemov«[1] (Sivapalan, M. in dr. 2011: 2). Takoj na začetku naj opozorimo, da sociohidrologije ne smemo uvrstiti v razmeroma bogato tradicijo družboslovnega raziskovanja voda in vodnega okolja, še posebej od sedemdesetih let prejšnjega stoletja naprej, vzporedno s tematizacijo okolja in narave v družboslovnih znanostih.[2]

Hidrologi sami so ugotovili, da sta voda in vodna okolja že tako močno človeško in družbeno preoblikovana, da obnašanja voda pravzaprav ne morejo več zadovoljivo pojasnjevati zgolj s tradicionalnimi fizikalnimi, kemičnimi in biološkimi parametri, pač pa morajo v pojasnjevanje vključiti tudi človeka in njegovo družbeno organizacijo. Tako imamo danes opraviti z teoretskima tokovoma, ki si prizadevata, da bi v raziskovanje voda in vodnih okolij vnesla »človeško« oz. »družbeno« razsežnost.[3] Prvi tok z nekoliko daljšo tradicijo iz sedemdesetih let prejšnjega stoletja, izhaja iz družbenih znanosti in poskuša tematizirati različne vidike družbene razsežnosti vode, predvsem pa tudi njeno vlogo v oblikovanju sodobnih družb. Gre torej za hidrosocialno, oziroma, v kolikor se nanaša predvsem na sociologijo, hidrosociološko raziskovanje. Drugi tok, ki izhaja iz tradicije naravoslovnih in tehniških znanosti, predvsem pa hidrologije in je novejšega datuma, saj se je pojem sociohidrologije pojavil šele v zadnjem desetletju.[4] Med obema pristopoma obstajajo številne podobnosti, še več pa je razlik. Skupno pa jima je spoznanje, da brez upoštevanja človeških in družbenih dejavnikov ni mogoče razumeti vloge vode v sodobnih družbah, niti ni mogoče upravljati z njo če jo dojemamo kot zgolj »naravni vir« in ji pripisujemo zgolj instrumentalno veljavo.

V nadaljevanju bom, tudi zaradi omejenega prostora poskušal predstaviti osnovne teoretske značilnosti sociohidrologije, predvsem z vidika kako njeni predstavniki poskušajo tematizirati polje »družbenega« oziroma »človeškega« in ju vključiti v hidrološke analize. V zaključku pa bom nakazal možnosti za večjo integracijo obeh pristopov, ki jih nakazuje redefinicija vodnega kroga (hidrološkega cikla) v vodno *družbeni* krog.

---

1 Madani in Shafiee-Jood (2020:16) sicer dvomita, ali gre res za »novo«, ali pa za obnavljanje že znanih vsebin na temo »človek in voda«. Gotovo je, da teme, ki jih načenja sociohidrologija niso nove, novo pa je to, da se pojavljajo kot osrednje vprašanje v tradiciji znanosti, ki se je vedno razumela kot naravoslovna in inženirska znanost.

2 Za podrobnejši pregled različnih družboslovnih pristopov k vodi primerjaj Gantar, 2017.

3 Prim.: Ross in Chang 2020: 1453.

4 Prvi članek, ki naj bi se nanašal na sociohidrologijo je bil objavljen leta 2001 in se je nanašal na vlogo žensk pri upravljanju z vodami. Pravi vzpon prispevkov na temo sociohidrologije se je začel po letu 2011 in vse do leta 2020 je število prispevkov strmo naraščalo – v letu 2019 beležimo že 103 publikacije. Avtorji bibliografske analize so za obdobje 2001-2020 navajajo, da kar 97,35% vseh obravnavanih dokumentov sodi v zadnje obdobje. Podobno eksponencialno je naraščalo tudi število citatov. Prim.: Herrera-Franco, G. in dr. 2021: 7-8.

2. Spoznavno teoretske perspektive in omejitve sociohidrologije

Dejstvo, da ljudje in njihove družbene organizacije vplivajo na naravni vodni krog (hidrološki cikel), seveda ni nekaj novega, in je vtkano v temeljno, tako rekoč, ontološko jedro tradicionalne hidrologije. Njen namen je pravzaprav raziskovanje hidroloških procesov, da bi tako na teoretski kot na empirični ravni identificirali zakonitosti naravnih procesov vodnega kroga in jih uporabili za potrebe ljudi, kot je recimo za gradnjo hidroenergetskih objektov, namakanje, oskrbo s pitno vodo, prometne tokove in podobno. Bolje kot poznamo naravne zakonitosti vodnega kroga, bolj ga lahko prilagodimo in uporabimo za človekove dejavnosti. Klasični hidrološki pristop se je hitro soočil z nehotenimi posledicami, kot recimo, da ukrepi za zagotavljanje poplavne varnosti, dolgoročno celo povečujejo družbeno ranljivost na poplave, da zgrajene pregrade spreminjajo odtočne razmere in redistribuirajo vodne količine na način, ki prizadene določene kategorije uporabnikov, recimo dolvodne kmetije. Skratka, ključno za nastanek sociohidrologije je spoznanje, da ljudje niso samo dejavnik, ki od zunaj vpliva na modifikacije vodnega kroga, pač pa »V sociohidrologiji so ljudje in njihovo delovanje opredeljeni kot sestavni del dinamike vodnega kroga, z namenom, da bi predvideli dinamiko obeh«. (Sivapalan in dr. 2011: 2) To izhodišče tudi odpira pot povezovanju s hidrodružbenim raziskovanjem, ki izhaja iz družbenih ved.

Kaj je tradicionalno hidrologijo napeljalo k temu, da je človeka in njegovo družbeno organizacijo poskušala opredeliti kot element »notranje dinamike« vodnega kroga? V enem od prvih prispevkov k utemeljevanju sociohidrologije, avtorji prevzemajo tezo o antropocenu, kot novi geološki dobi za katero je »značilna osrednja vloga človeštva v geologiji in ekologiji« (Savenije, G.H.H. in dr. 2014: 320). Človeški vpliv ni sporadičen in omejen, pač pa je vpisan v zgodovino geoloških transformacij. Avtorji navajajo naslednje takšne spremembe v povezavi z vodami: »(a) neposredne preusmeritve vodnih tokov, vključno transferi vode med različnimi povodji za oskrbo mest, industrijo in kmetijstvo, (b) preoblikovanje omrežja vodnih tokov z izgradnjo jezov in zadrževalnikov ali kanalizacijo rek, (b) spremembe v odtočnih značilnostih povodij, kot na primer z deforestacijo, urbanizacijo in izsuševanjem mokrišč ter kmetijskimi praksami in (d) dejavnosti, ki spreminjajo regionalne ali globalne klimatske razmere, kot na primer povečevanje izpustov toplogrednih plinov«. (Prav tam, str. 320-1)

Če so raziskovalci na področju hidrologije prišli do spoznanja, da dinamike vodnih procesov ne morejo več zadovoljivo pojasniti, če ne vključijo delovanja človeka in družbene organizacije, se postavlja vprašanje, zakaj se niso bolj oprli na že obstoječa hidrodružbena oz. hidrosociološka raziskovanja. Pregled virov, ki jih avtorji navajajo v nekaterih ključnih člankih (Savenije in dr., 2014; Sivapalan in dr. 2011) tako rekoč ne vsebujejo navedb virov oz. literature, ki bi pripadali avtorjem iz družbenih znanosti. Razlog za zapostavljanje, celo ignoranco družboslovnega raziskovanja voda, sta verjetno dva. Po eni strani lahko pritrdimo tistim avtorjem, ki menijo, da so se snovalci sociohidrologije kot »nove znanosti, bolj kot po družboslovju, zgledovali po znanosti o sistemu zemlje (Earth System

Science – ESS), torej po pristopu, ki integrira vse razsežnosti – fizikalne, kemijske in biološke – procesov življenja na zemlji v kompleksnem sistemskem pristopu.[5] Po drugi strani, pa utemeljitelji sociohidrologije, zgledujoč se tudi po ESS, striktno vztrajajo, da mora biti »nova« disciplina tesno zavezana kvantifikaciji dejavnikov, ki vlivajo na dinamiko vodnih fenomenov (padavine, odtočne razmere, poplave…) in zahtevi po njihovem modeliranju. V kolikor določenih fenomenov ni moremo kvantificirati, jih ni mogoče upoštevati pri izdelavi modelov. Sivapalan in Di Baldassarre razumeta sociohidrološko modeliranje kot »ukvarjanje z družbeno znanostjo z uporabo metod naravoslovnih znanosti«. (Sivapalan 2015: 4800) Seveda, kot zatrjuje avtor, tudi družbene znanosti uporabljajo različne raziskovalne metode, ankete in vprašalnike, ki jim sledijo statistične analize s katerimi testirajo hipoteze, vendar je ta znanost deskriptivna in opisuje stanje stvari na določenem območju. »Za razliko od tega pa pravi sociohidrološki model opazuje niz variabel, ki mu sledi oblikovanje numeričnega modela, ki se ga z uporabo podatkov testira glede na hipoteze.« (Prav tam, str. 4800-1) Cilj takšnega modeliranja je razkrivanje vzročno posledičnih povezav in odpiranje možnosti posploševanj ter ekstrapolacij na drugih območjih.[6]

Drugi pomembni element, ki konstituira sociohidrologijo je ideja tako imenovane dvojne povratne zanke med človekom oz. družbo in vodo, ki je sicer tudi prevzeta iz ESS raziskovanja (Lenton 2016: 5). V sociohidrološkem raziskovanju pa funkcionira kot način pojasnjevanja medsebojne evolucije razmerja med človekovim/družbenim vplivom in dinamiko voda. Že v enem od prvih temeljnih tekstov sociohidrologije (Sivapalan in dr. 2011) je ta medsebojna evolucija opisana kot povezava dvojnih povratnih zank. Kot primer navaja razmerje med družbeno gospodarskim razvojem in vodo. Prva, pozitivna zanka, tako imenovana »ekonomsko-prebivalstvena zanka« opredeljuje razmerje med vodo, obdelovalnimi zemljišči in populacijo. Medsebojna kombinacija omenjenih treh virov (voda, zemljišča, ljudje) prinaša ekonomske koristi, te spodbujajo rast prebivalstva in večjo kmetijsko pridelavo, večjo uporabo vode za namakanje, gradnjo silosov, še več zemljišč za kmetijstvo… . Vse to prispeva k večji blaginji, dodatnemu priseljevanju in rabi vode. Na neki določeni točki pa se pozitivna povratna zanka, spremeni v negativno, ki jo Sivapalan opredeljuje kot »okoljsko senzitivno zanko«. Povečana raba vode in zemljišč za kmetijsko pridelavo

5 Lenton (2016:1-2) opozarja, da je velik zagon k razvoju ESS prispevala znamenita NASINA fotografija zemlje v vesolju. Opozorila nas je, da nas planet deluje kot celovit sistem, zato ga je potrebno raziskovati interdisciplinarno in celovito, vključujoč naravoslovne in kognitivne znanosti. Razvoj računalništva in sposobnosti obdelave velike števila raznovrstnih podatkov je omogočal tudi razvoj modeliranja in predvidevanja obnašanja sistema zemlje. Pozneje so ESS dopolnili tudi z družbenimi dejavniki, ki v sistem pozitivnih in negativnih povratnih zank »sistema zemlje« vpeljuje tudi človekove vplive. Gre za tako imenovani SES pristop, za raziskovanje socialno ekoloških sistemov (socio-ecological /earth/ systems). Na tem so, na primer zasnovani modeli klimatskih sprememb. (Prim.: Wesselink in dr. 2017: 5)

6 Pravzaprav je treba poudariti, da se Sivapalanov opis sociohidrološkega modeliranja ne razlikuje veliko od ustaljenih metodologij empiričnega raziskovanja v družbenih znanostih, tudi kadar gre za raziskovanje vrednot, stališč, interesov in obnašanja ljudi, z izjemo, da v družbenih znanostih ni možno eksperimentalno modeliranje, ko lahko spreminjate določene parametre in opazujete, kako se bo zaradi tega spreminjala vodna dinamika, ali na primer poplavno območje.

začne negativno vplivati na okolje, povzroča zaostreno tekmovanje med različnimi rabami vode in v končni instanci negativno vpliva na ekonomsko rast, povečuje okoljsko degradacijo, zapiranje delovnih mest in znižuje družbeno blaginjo… . (Sivapalan 2015: 4798) Ključni nauk tega poenostavljenega prikaza delovanja dveh povratnih zank je pomembna za spremembo politike upravljanja z vodami, ki naj se od načela, kako zagotoviti čim več vode za naraščajoče potrebe, spremeni v upravljanje potreb po vodi z vidika vzdržnosti vodnih virov.

Pionirsko delo na področju vzajemne evolucije razmerij med človekom in vodo je opravil Di Baldassarre na primerih razmerja med ljudmi, njihovo družbeno organizacijo in poplavami. (Di Baldasare in dr. 2013; Viglione, A. in dr. 2014; Di Baldassarre in dr. 2015).[7] Di Baldassarre s sodelavci izhaja ugotovitve, da se število poplav povečuje in da takšen trend lahko pričakujemo tudi v prihodnosti. Obenem pa povečano ukrepanje pri zagotavljanju poplavne varnosti ne zmanjšujejo škod, ki jih poplave prinašajo. Pravi, da imamo sicer celo vrsto kvantificiranih ocen poplavnega tveganja, vendar te ocene ne vključujejo medsebojnega vplivanja med fizičnimi in družbenimi procesi. (Di Baldassarre 2015: 4770). Avtorji v analizo, ki je zasnovana kot serija diferencialnih enačb (Viglione in dr. 2014, Di Baldassarre in dr. 2015) uvedejo dva družbena učinka poplav. Prvi je tako imenovani »učinek prilagoditve« (adaptation effect), ki opozarja, da je večja pogostnost poplav velikokrat povezana z manjšo družbeno ranljivostjo. Ljudje imajo poplave v kolektivnem spominu, so bolj pripravljeni nanje, svoje ravnanje prilagajajo pričakovanim poplavam, tudi okoljske škode so manjše. Tveganje za poplave je v tem primeru veliko, vendar je velika tudi prilagojenost in odpornost na poplave. Drugi tip dinamike razmerja med ljudmi oz. družbo in poplavami pa predstavlja tako imenovani »učinek nasipov« (levee effect). Ta je povezan s strukturnimi ukrepi, torej z izgradnjo protipoplavnih visokovodnih nasipov, pregrad, zapornic, zadrževalnikov in podobnih ukrepov. Poplavno tveganje je v teh primerih manjše, vendar je ranljivost večja, mnogo večje pa so tudi posledice, če do poplav, v sicer daljšem časovnem obdobju, navkljub ukrepom, vendarle pride. Ljudje poplav ne ohranjajo v kolektivnem spominu, zaradi z ukrepi zagotovljene poplavne varnosti širijo dvoje dejavnosti in prebivališča bližje vodnim površinam, ki lahko poplavljajo in se dolgoročno izpostavljajo večjemu tveganju. Z matematično analizo v obliki s serije diferencialnih enačb analizirajo poplave v zadnjih desetletjih in na osnovi tega opredelijo dva tipa družbe – tako imenovano »zeleno družbo«, ki živi s poplavami in se jim prilagaja in »tehnološko družbo«, ki stavi na protipoplavno zaščito, vendar s tveganjem, da bodo posledice eventualnih poplav na dolgi rok katastrofalne.[8] (Di Baldassarre 2015: 4779) Raziskave Di Baldassarreja in njegovih

7 To, kar bi se družboslovci, vsaj v Sloveniji, morali naučiti od naravoslovno tehničnih znanstvenikov je občutek za kolektivno delo. Večina prispevkov, ki jih uporabljam v tem članku je delo vsaj treh, celo do osmih avtorjev in, kot je razvidno, plod številnih komentarjev in revizij.

8 Di Baldasssarre za primer katastrofalnih posledic »učinka nasipov« navaja poplave v New Orleansu leta 2005, ko strukturni ukrepi niso vzdržali ekstremnih poplav pod vplivom orkana Katrina. Podobnih primerov bi lahko našteli veliko. Poplave leta 2021 v zahodni in srednji Evropi, ki so jih opredelili z več kot sto letno povratno dobo, so povzročile ogromne škode, v primerjavi z recimo, vsakoletnimi poplavami v Bangladešu in v nekaterih predelih jugovzhodne Azije, kjer se z njimi spoprijemajo na način adaptacije.

sodelavcev so, tudi zaradi njihove empirične narave, zelo koristne za oblikovanje sodobnih politik poplavne varnosti, ki večjo pozornost pripisujejo adaptacijskemu prilagajanju in obnašanju ljudi ter njihovih dejavnosti v vodnem okolju, ne pa več toliko fizični zaščiti pred poplavnimi tveganji.

Vseeno pa smo kot sociologi lahko vsaj nekoliko začudeni nad precej elaboriranimi matematičnimi modeli, ki opisujejo različne vrste povratnih zank v razmerju med človekom in vodo, ter »banalnostjo« njihovih ugotovitev. Veliko tega, kar sociohidrologi prikazujejo kot rezultat svojih analiz, je v sociooloških, družbeno prostorskih in družbeno ekoloških analizah, že dolgo tematizirano in kot problem nehotenih posledic (povečevanja poplavne varnosti), družbe tveganja (ni več primarno tveganje zaradi »neukrotljive narave«, pač pa tveganja, ki si jih ustvarjamo sami…) in drugih teorij, ki opozarjajo na občutljivost družbeno-naravnih razmerij.

3. Sociohidrologija in hidroscialno raziskovanje

Ni dvoma, da se sociohidrologija kot znanost o vzajemnem vplivu med človekom/ družbo in vodo napaja iz tradicije naravoslovnih znanosti, še posebej znanosti o sistemu zemlje (ESS) in socio-ekološkega pristopa k znanostim o zemlji (SES), manj in obrobno pa iz tradicije družboslovnih proučevanj vode in vodnega okolja. Temu primerne so tudi nekatere pomanjkljivosti, na katere je potrebno posebej opozoriti:

- Prva večja pomanjkljivost je zelo osiromašena predstava o konceptu družbe, oziroma družbenega. Družba je dojeta unitarno, kot notranje nestrukturirana entiteta, kot povzetek ali skupek ravnanj povezanih z vodo. Vprašanje družbene slojevitosti, notranje strukturiranosti, družbene razvojne dinamike, interesov, razmerij moči, vrednot je pravzaprav izločeno ali omejeno na en sami vidik. Nekateri avtorji se tega dejstva zavedajo in določene vrednote ali obnašanje jemljejo zgolj kot prisotnost ali neprisotnost. Recimo, vprašanje družbene sprejemljivosti poplavnega tveganja v matematičnih modelih kvantificirajo kot (1) obstaja ali (0) ne obstaja, vmesnih vrednosti ne upoštevajo. Vprašanje družbenih konfliktov v zvezi z rabo vode prevajajo v problematiko anomalij in konkurenčnosti med gospodarsko/ družbeno in ekosistemsko funkcijo vode. »Družbeno« v teh analizah nastopa kot »človekov vpliv« v sistemu povratnih zank v razmerju z drugimi komponentami sistema zemlje.
- Na podoben način opredeljujejo tudi človeka oziroma posameznika. Je abstrakten, osvobojen vseh osebnih in družbenih lastnosti, predpostavljajo njegovo racionalno delovanje, nastopa kot spremenljivka, ki enkrat ravna tako in drugič drugače, ne da bi pojasnjevali kontekstualne razmere različnih ravnanj. Zakaj v določenih okoljih sprejemajo v zvezi s poplavami sprejemajo »učinek prilagajanja«, v drugih pa »učinek nasipov«, ni pojasnjeno, predvsem pa ne z vidika družbenega strukturiranja, odnosov moči, vrednot in normativnega okvira.

Če bo hotela sociohidrologija na dolgi rok ohraniti »družbeno« v svojem imenu, in se ne bo zadovoljila samo z danimi in nikoli zares pojasnjenimi družbenimi/

človekovimi vplivi v sistemu povratnih zank, bo morala pojem družbenega bistveno razširiti in se odreči, temu, da je družbeno za hidrologijo samo tisto, kar lahko neposredno kvantificiramo.

V zvezi s perspektivo sociohidrologije, ki je res mlada disciplina s komaj desetletnim obstojem prevladujeta dva stališča. Po prvem (Madani in Shafee-Jood 2020: 16) sociohidrologija ni »nova« znanost, kvečjemu je poddisciplina (obče) hidrologije, njeni dosedanji znanstveni rezultati pa ne presegajo tega, kar je že sicer razkrito v drugih, še posebej družboslovnih znanostih. Pozitivna lastnost sociohidrologije je, da pri hidrologih vzbuja zanimanje za družbene znanosti, kar lahko vodi k napredku. Druga, pogostejša stališča (Ross in Chang 2020; Xu in dr. 2018, Wesselink in dr. 2017) pa zavzemajo bolj pozitiven odnos do sociohidrologije, predvsem pa do perspektiv povezovanja s hidrodružbenim (in hidrosociološkim) raziskovanjem. Ključna vzpodbuda za tovrstno povezovanje je sociohidrološko spoznanje o družbenem kot endogenem dejavniku v razmerju do vode in dinamike vodnega kroga.

Osrednje stičišče naravoslovno tehničnega in družboslovnega raziskovanja voda tako predstavlja redefinicija osrednje kategorije sodobne hidrologije, to je koncepta vodnega kroga, ki ga je eden od začetnikov njegovega proučevanja, ameriški hidrolog Maidment opredelil kot »Ta gromozanski vodni motor, ki ga napaja sončna energija in poganja gravitacija, teče neskončno, v prisotnosti ali odsotnosti človeka.« (Linton in Budds 2013: 2) Vendar voda ne teče samo skozi hidrosfero, ampak, recimo temu tudi skozi družbeno sfero (sociosfero), ko pride v stik z družbo, se modificira na različne načine, hkrati pa modificira tudi družbo sámo. Naj omenimo samo sodobna mesta, v katerih voda teče skozi številne krogotoke ter ustvarja oblike družbenosti in poselitve, ki brez družbeno modificiranega vodnega kroga ne bi bile mogoče. Če torej danes želimo vrednotiti vodo v vodnem krogu z vidika človekovih oz. družbenih potreb, tehnologij in interesov, tega ne moremo več storiti, ne da bi upoštevali tudi njegovo družbeno naravo. Koncept vodno družbenega kroga nam po mnenju Lintona in Buddsove omogoča odgovoriti na ontološko vprašanje, a) kaj voda je, b) odpira epistemološko vprašanje o tem, na kakšen način je voda spoznavna in prepoznana, ter c) omogoča razumevanje, kako voda ponotranji družbena razmerja, družbeno moč in tehnologijo (Linton in Budds 2013; 9).

Če je že bilo rojstvo sociohidrologije ločeno od hidrodružbenih raziskovanj, je usoda obeh v veliki meri odvisna od tega, da najdeta pot druga k drugi.

4. Viri

[1] BLÖSCHL, G. in dr., 2019. Twenty-three unsolved problems in hydrology (UPH) – a community perspective. Hydrological Science Journal, Vol. 64., No. 10, https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1620507

[2] Di BALDASSARRE G. in dr., 2013. Socio-hydrology: conceptualising human-flood interactions. Hydrology and Earth System Sciences, no. 17., doi: 105194/hess-17/3295-2013.

[3] Di BALDASSARRE, G., in dr., 2015.Debates – Perspectives on socio-hydrology: Capturing feedbacks between physical and social processes. AGU Publications. Water Resources Research. 10.1002./2014WRD016416.

[4] GANTAR, P., 2017. Vodni svetovi: novejši pristopi k družbenemu raziskovanju voda in vodnega okolja. Drugi slovenski kongres o vodah. Ljubljana: Slovenski nacionalni komite za velike pregrade in Društvo vodarjev Slovenije.

[5] GANTAR, P., 2020. Voda, ki povezuje, voda ki razdružuje. Sociološki pogled na aktualne probleme voda. Vodni dnevi 2020. Slovensko društvo za zaščito voda. https://sdzv-drustvo.si/wp-content/uploads/2020/10/1_GANTAR-clanek.pdf

[6] HERRERA-FRANCO, G. in dr., 2021. Worldwide Research on Socio-Hydrology: A Bibliometric Analysis. Water, 13, 1283. Https://www.mdpi/journal/water

[7] LENTON, T., 2016. Earth System Science. A Very Short Introduction. Oxford: Oxford University Press. Kindle edition.

[8] LINTON, J. in BUDDS, J., 2013.The hydrosocial cycle: Defining and mobilizing relational-dialectical approach to water. http://dx.doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.10.008

[9] MADANI. K., in SHAFIEE-JOOD, M., 2020. Socio-Hydrology: A New Understanding to Unite or a New Science to Divide? Water, No. 12. doi: 10.3390/w12071941-

[10] ROSS, A. in CHANG, H., 2020. Socio-hydrology with hydrosocial theory: two sides od the same coin? Hydrological Sciences Journal, vol. 65, No.9.

[11] SAVENIJE, H.H. G. in dr., 2014. Evolving water science in the Anthropocene. Hydrological Earth System, No. 18. Doi:10.5194/hess-18-319-2014.

[12] SIVAPALAN, M., 2015. Debates – Perspectives on socio-hydrology: Changing water systems and the "tyranny of small problems" – Socio-hydrology. AGU Publications. Water Resources Research. 10.1002/2015SWR017080.

[13] SIVAPALAN, M., SAVENIJE, H., BLÖSCHL, G., 2011. Socio-hydrology: A new science of people and water. Hydrological Process, Wiley, DOI: 10.102/hyp.8426

[14] VIGLIONE, A. in dr., 2014. Insights from socio-hydrology modelling on dealing with flood risk – Roles of collective memory, risk taking attitude and trust. Journal of Hydrology 518.

[15] WESSELINK, A. in dr., 2017. Socio-hydrology and hydrosocial analysis: towards dialogues across disciplines. WIREs Water Vol.4, March/April 2017, Wiley Periodicals.

[16] XU, L. in dr., 2018. Reframing socio-hydrological research to include a social science perspective. Journal of Hydrology 563 (2018), Elsevier.

RAZVOJ SISTEMA ZA PODPORO ODLOČANJU O RABI PODZEMNIH VODA

dr. MITJA JANŽA[1], PETRA MEGLIČ[1], KATJA KOREN[1],
mag. JANA MELJO[2], dr. LEON GOSAR[2]

[1]Geološki zavod Slovenije
[2]Direkcija Republike Slovenije za vode

POVZETEK

V prispevku je predstavljen razvoj sistema za podporo odločanju o rabi podzemnih voda. Ocena razpoložljivosti podzemne vode je osnova za njeno trajnostno rabo. Predstavljeno metodologijo smo zasnovali na ravni vodonosnih sistemov in z upoštevanjem sezonske spremenljivosti napajanja podzemnih voda, ki temelji na rezultatih vodnobilančnega modela mGROWA. Za natančnejšo oceno vodne bilance smo vključili pomembnejše podzemne izmenjave vode med vodonosnimi sistemi in vodotoki. Pri bilančni oceni smo obravnavali še količine podzemne vode, ki so potrebne za ohranjanje ekosistemov, odvisnih od podzemne vode in ekološkega stanja površinskih voda ter evidentirane odvzeme podzemne vode. Za podporo pri načrtovanju nove rabe podzemne vode smo pripravili prostorski informacijski sloj z določenimi omejitvami in pogoji rabe podzemne vode, ki izhajajo iz varovanja obstoječe rabe (npr. vodovarstvena območja), prispevnih zaledij ekosistemov, odvisnih od podzemne vode in značilnosti ogroženih območjih (npr. območja poplavne nevarnosti, erozijska območja). S sintezo ocene razpoložljivosti podzemne vode in ranljivosti vodnega okolja ter analize obstoječe rabe in njenih omejitev smo pripravili celovit sistem, ki nudi podporo pri strateškem načrtovanju trajnostne rabe podzemnih voda.

Ključne besede:

Podzemna voda, razpoložljivost, vodonosni sistem

1. Uvod

Podzemna voda je glavni vir pitne vode v Sloveniji in številnih evropskih državah. To je zagotovo njena najpomembnejša in prioritetna raba. Ob drugih rabah (npr. za namene namakanja, industrije in pridobivanje toplote), ki so pomembne za razvoj in blagostanje družbe ima podzemna voda tudi pomembno vlogo pri ohranjanju ekosistemov. Zaradi naraščajočih potreb družbe po podzemni vodi in na drugi strani spreminjajočih se podnebnih razmer, ki spreminjajo njeno obnavljanje, postaja trajnostno upravljanje tega naravnega vira eden ključnih izzivov

prihodnosti. Osnova za trajnostno upravljanje je zagotavljanje dobrega količinskega stanja podzemnih voda. To je v splošnem doseženo, ko z odvzemi ne presegamo razpoložljive količine podzemne vode in ti ne vplivajo neugodno na stanje odvisnih ekosistemov in površinskih voda ter ne povzročajo vdorov slane ali druge vode, ki poslabša kemijsko stanje podzemne vode (Direktiva, 2000; ARSO, 2009).

V prispevku so opisane aktivnosti, ki so medsebojno smiselno povezane in tvorijo sistem za podporo strateškemu načrtovanju rabe podzemnih voda v Sloveniji. Z upoštevanjem ciljev varstva narave in stanja voda ter potreb po rabi voda bodo rezultati naloge v pomoč pri načrtovanju trajnostne rabe voda.

2. Razpoložljivost podzemne vode

Razpoložljiva količina podzemne vode je v osnovi razlika med njenim obnavljanjem in deležem podzemne vode, ki je potreben za dosego dobrega ekološkega stanja površinskih voda in ohranjanje ekosistemov, odvisnih od podzemne vode (EOPV).

Ocena razpoložljivosti podzemne vode na ravni vodnih teles podzemne vode in letnih povprečij časovnih spremenljivk vodne balance je sestavni del ocene količinskega stanja podzemnih voda v Sloveniji (Andjelov et al., 2016). Z namenom natančnejše ocene razpoložljivosti podzemne vode smo predstavljeno oceno izvedli na ravni vodonosnih sistemov ob upoštevanju mesečnih povprečij časovnih spremenljivk vodne bilance, izračunanih z regionalnim vodnobilančnim modelom mGROWA-SI (Frantar et al., 2018).

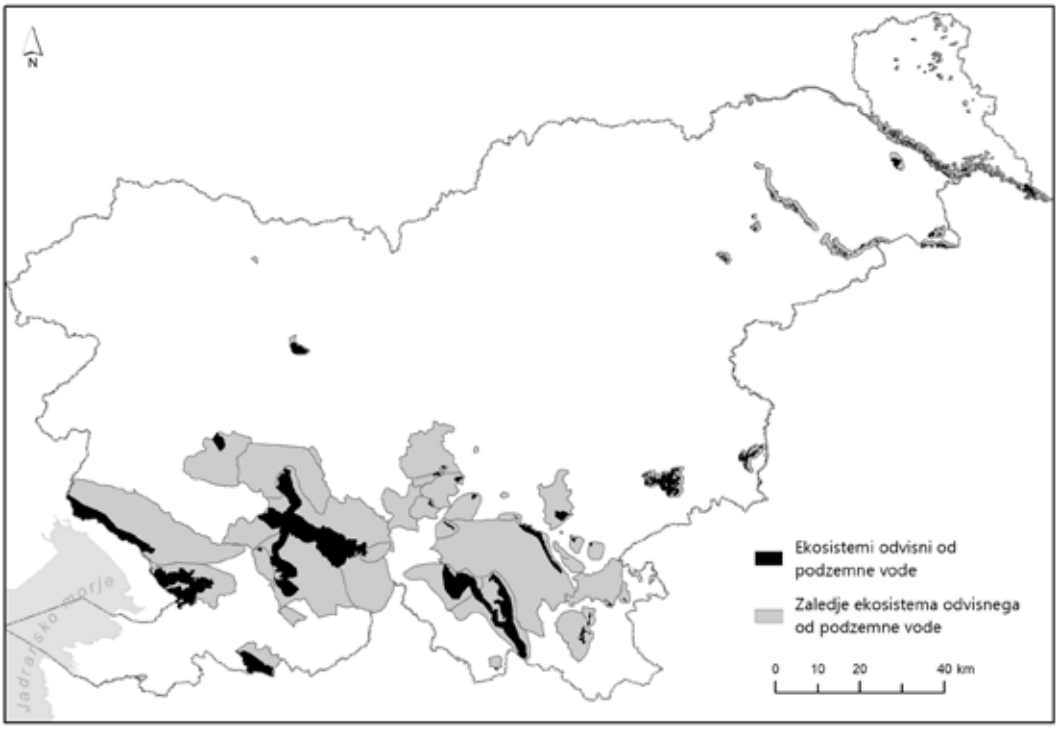
Vodonosni sistemi so opredeljeni kot enoten vodonosnik, sistem povezanih vodonosnikov ali skupina bolj ali manj povezanih vodonosnikov in so osnovni elementi vodnih teles podzemnih voda (Prestor et al., 2004). V Sloveniji je opredeljenih 21 vodnih teles podzemnih voda in 165 vodonosnih sistemov. Vodna telesa podzemnih voda so relativno velike in hidrogeološko zaključene enote, med katerimi je izmenjava podzemne vode praviloma zanemarljiva. Tok podzemne vode preko meja vodonosnih sistemov je pogostejši in je v določenih primerih pomembna komponenta vodne bilance. Za določitev vodne bilance vodonosnih sistemov smo določili hidrodinamski značaj njihovih meja in na podlagi podatkov iz literature, rezultatov modeliranja in poznavanja hidreogeoloških razmer ocenili izmenjavo podzemne vode med vodonosnimi sistemi.

Poleg medsebojne podzemne izmenjave vode je za vodno bilanco vodonosnih sistemov pomembna še izmenjava s površinskimi vodami. To smo ocenili, podobno kot v prejšnjem primeru, na osnovi podatkov iz literature in modelskih ocen ali izračuna na podlagi razpoložljivih podatkov (Šram & Janža, 2021).

Kot kriterij za ohranjanje dobrega ekološkega stanja površinskih voda smo privzeli ekološko sprejemljivi pretok (velik odvzem v sušnem obdobju) na obravnavanih delih vodnih teles površinskih voda za obdobje 1981 - 2010 (Zabret et al., 2023). V metodologiji mora biti ta pretok zagotovljen s podzemnim in površinskim odtokom z območja vodonosnega sistema, ki tvori zaledje obravnavanega vodnega telesa površinskih voda.

2.1 Ekosistemi, odvisni od podzemnih voda (EOPV)

Vodno telo podzemne vode je v dobrem količinskem stanju, če odvzemi podzemne vode ne povzročajo pomembnih poškodb EOPV (Direktiva, 2000). Pri oceni razpoložljivosti podzemne vode smo ta pogoj upoštevali z vključitvijo količine podzemne vode za ohranjanje EOPV, ki smo jo določili na podlagi vodnih potreb obravnavanih habitatnih tipov. Zavod RS za varstvo narave je na območju Nature 2000 opredelil habitatne tipe, ki so odvisni od podzemne vode (območja EOPV) in jih glede na stanje ohranjenosti razvrstil v tri prioritetne razrede (Prioriteta 1 – EOPV v neugodnem stanju ohranjenosti, je poškodovan in/ali ogrožen, zato zahteva obnovitev, da se povrne v ugodno stanje ohranjenosti; Prioriteta 2 – EOPV v neugodnem stanju ohranjenosti, je poškodovan in/ali ogrožen, zato zahteva ohranitev, izboljšanje in obnovitev, da se povrne v ugodno stanje ohranjenosti; Prioriteta 3 – EOPV v ugodnem stanju ohranjenosti, ni poškodovan, a je potrebno to stanje ohranjati). Območje EOPV je površina, ki jo ekosistem pokriva oz. poseljuje in je predstavljena v digitalnem sloju (ZRSVN, 2020, Slika 1). Za vsako območje EOPV smo izdelali hidrogeološki konceptualni model in določili prispevno zaledje EOPV. Dodatno smo opredelili dejavnike v zaledjih, ki lahko vplivajo na stanje podzemne vode in posledično na stanje ohranjenosti EOPV (Koren et al., 2021, Slika 1).



Slika 1 Območja ekosistemov, odvisnih od podzemne vode in njihovih prispevnih zaledij (ZRSVN, 2020; Koren et al., 2021).

Ocena vodne porabe za lehnjakotvorne izvire ter dvoživke in mehkužce v predstavljeni metodologiji temelji na ekološko sprejemljivemu pretoku (*Qes*) - velik

odvzem v sušnem obdobju (Zabret et al., 2023). Pri oceni porabe vode nižinskih gozdnih ekosistemov smo na osnovi virov v literaturi vključili gostoto dreves, delež zastopane drevesne vrste v gozdnem sestoju in sezonsko transpiracijo v sezonskem in zimskem rastnem obdobju. Ocenjeno vodno porabo EOPV smo skupaj s konceptualnimi hidrogeološkimi modeli uporabili za določitev njihovih vplivnih območij. Na teh območjih imajo odvzemi podzemne vode lahko vpliv na kopenske EOPV, kar je pomembno upoštevati pri oceni količinskega stanja vodnega telesa podzemne vode, kakor tudi pri načrtovanju nove rabe podzemne vode.

2.2 Ocena razpoložljivih količin podzemne vode

Ocena razpoložljivosti podzemne vode vodonosnega sistema temelji na izrazu:

$$Q_{razp} = Q_{ef} - Q_{es} + Q_{sw/gw} - Q_{Eko} + Q_{ExIn} - Q_{ExOut}$$

kjer so:

Q_{razp} – razpoložljiva količina podzemne vode

Q_{ef} – efektivne padavine (vodnobilančna komponenta modela mGROWA)

Q_{es} – ekološko sprejemljivi pretok v napajalnem zaledju delov vodnih teles površinskih voda

$Q_{sw/gw}$ – izmenjava med površinsko in podzemno vodo (napajanje (+) in dreniranje (-) podzemne vode)

Q_{Eko} – količina podzemne vode, ki je potrebna za ohranjanje EOPV

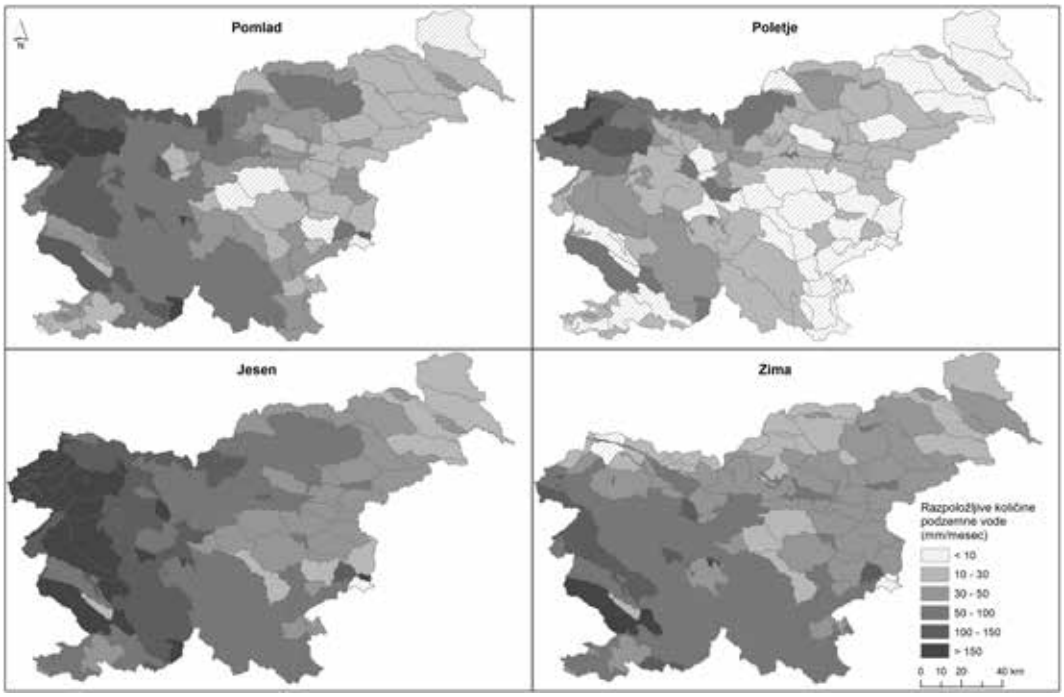
Q_{ExIn} – dotok podzemne vode iz sosednjih vodonosnih sistemov

Q_{ExOut} – odtok podzemne vode iz obravnavanega vodonosnega sistema

2.3 Rezultati

Ocenjena sezonska spremenljivost razpoložljivih količine podzemne vode v sto petinšestdesetih vodonosnih sistemih je prikazana na Sliki 2, kjer vrednosti predstavljajo povprečje mesečne razpoložljive količine podzemne vode v posameznem sezonskem obdobju. Najnižje razpoložljive količine podzemne vode so ocenjene v poletnem obdobju, v povprečju znašajo v vodonosnih sistemih 24,4 mm/mesec in v tretjini vodonosnih sistemov pod 10 mm/mesec (Preglednica 1). Na teh območjih je največja verjetnost, da v poletnem obdobju z odvzemi presegamo obnavljanje in s tem posegamo v zaloge podzemne vode. Obnova teh zalog v obdobjih z več padavin je nujna za dolgoročno zagotavljanje pogojev za odvzem podzemne vode. Najvišje vrednosti razpoložljivih količin podzemne vode so v jesenskem obdobju, povprečno 95,8 mm/mesec in v zgolj dveh vodonosnih sistemih pod 10 mm/mesec (Slika 2). Vodonosni sistemi z najnižjo razpoložljivostjo podzemne vode v poletnih mesecih (pod 10 mm/mesec) so v severovzhodnem, jugozahodnem in

jugovzhodnem delu Slovenije, na območjih z nizkimi vrednostmi efektivnih padavin v tem obdobju. Najvišje vrednosti razpoložljivih količin podzemne vode so večji del leta v severozahodni Sloveniji, razen v zimskem obdobju, ko se v visokogorju zadržuje voda v snežni odeji in je posledično napajanje podzemne in površinske vode nižje.



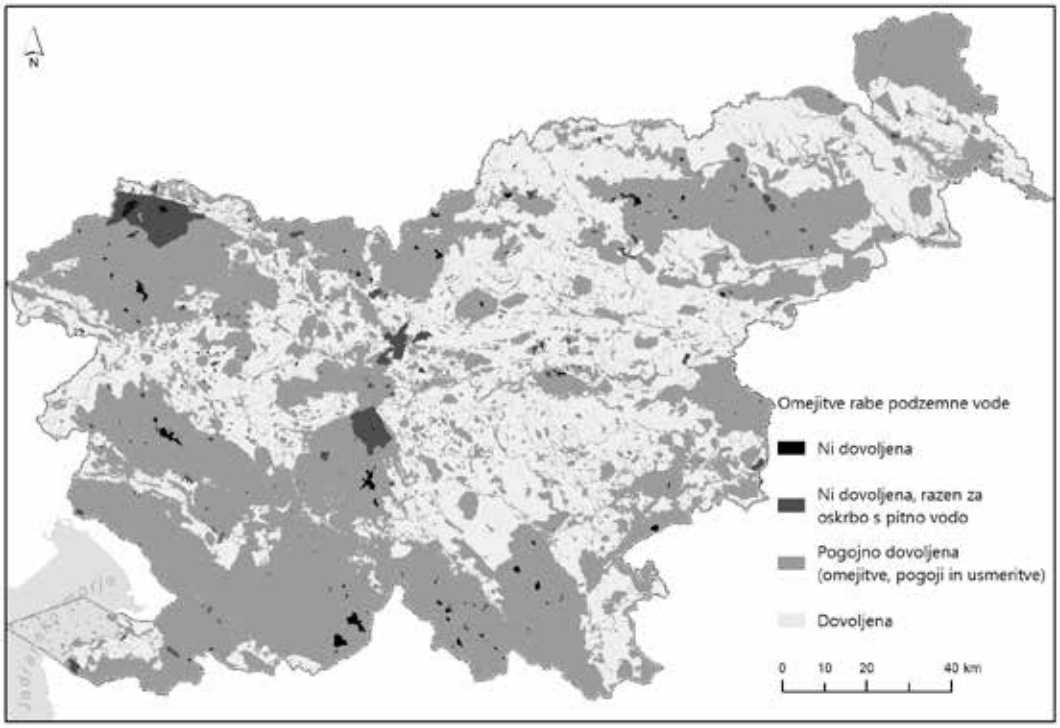
Slika 2 Ocena razpoložljivih količin podzemne vode v vodonosnih sistemih.

Preglednica 1 Vodonosni sistemi (v.s.) razvrščeni po ocenjenih razpoložljivih količinah podzemne vode (p.v.) v sezonskih obdobjih.

Razpoložljive količine p.v. (mm/mesec)	Delež vodonosnih sistemov (%)			
	Pomlad	**Poletje**	**Jesen**	**Zima**
< 10	5,0	30,2	1,3	2,5
10 – 30	23,9	35,8	6,9	17,0
30 – 50	22,6	13,2	21,4	33,3
50 – 100	25,2	15,1	35,8	34,6
100 – 150	14,5	3,8	17,0	10,1
> 150	8,8	1,9	17,6	2,5
Povprečna razpoložljiva količina p.v. na v.s. (mm/mesec)	60,9	24,4	88,3	53,0

3. Omejitve in pogoji rabe podzemne vode

Za načrtovanje nove rabe podzemne vode je nujno poznavanje omejitev in pogojev rabe v prostoru, ki izhajajo iz že obstoječe rabe ali varovanja prostora za druge namene. V analizo smo vključili omejitve na vodovarstvenih območjih in pregledali veljavne uredbe in odloke vodovarstvenih območij ter določili območja in stopnjo omejitve na posameznih območjih. Na podoben način smo analizirali območja poplavne nevarnosti in erozijska območja, plazljiva in plazovita območja ter zavarovana območja in ostala območja varovana s predpisi o ohranjanju narave. Rezultate analize smo združili v informacijski sloj (Slika 3), ki podaja prostorsko porazdelitev teh območij in stopnjo omejitev za novo rabo podzemne vode (Meglič et al., 2021).



Slika 3 Prostorski informacijski sloj omejitev in pogojev za novo rabo podzemne vode.

4. Zaključki

Predstavljena ocena razpoložljivosti podzemne vode in omejitev njene nove rabe daje osnovne informacije za upravljanje in načrtovanje nove rabe podzemne vode. Izpostavljeni vodonosni sistemi z nizkimi razpoložljivimi količinami podzemne vode zahtevajo posebno pozornost pri načrtovanju nove rabe podzemne vode ter poznavanje lokalnih hidrogeoloških razmer. Združitev informacij v enoten sistem bo omogočila učinkovitejšo podporo strateškemu načrtovanju trajnostne rabe podzemnih voda v Sloveniji.

5. Viri

[1] ANDJELOV, M., FRANTAR, P., MIKULIČ, Z., PAVLIČ, U., SAVIĆ, V., SOUVENT, P., & UHAN, J., 2016. Groundwater quantitative status assessment for River Basin Management Plan 2015-2021 in Slovenia. *Geologija*, 59(2), 205–219.

[2] ARSO, 2009: Metodologija za ugotavljanje stanja vodnih teles podzemne vode. Agencija RS za okolje. Dostopno na: http://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/Metodologija.pdf [dostop 20. maj 2023].

[3] DIREKTIVA, 2000. Direktiva 2000/60/ES Evropskega Parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2000, ki določa okvir za delovanje Skupnosti na področju vodne politike.

[4] FRANTAR, P., HERRMANN, F., ANDJELOV, M., DRAKSLER, A., WENDLAND, F., 2018. Vodnobilančni model mGROWA-SI. *Mišičev vodarski dan 2018*. Maribor

[5] KOREN, K., JANŽA, M., MEGLIČ, P., CIGLAR, A., 2023. Opredelitev ekosistemov, odvisnih od podzemne vode. Razvoj sistema za podporo odločanju o rabi podzemnih voda (delovni sklop 5). Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.

[6] MEGLIČ, P., JANŽA, M., KOREN, K., STROJAN, M., 2021: Podatki omejitvah rabe podzemnih voda na območjih varovanja za oskrbo s pitno vodo in 2.4. Drugi podatki omejitve rabe podzemnih voda. Razvoj sistema za podporo odločanju o rabi podzemnih voda. (delovna sklopa 2. 1 in 2.4.). Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.

[7] PRESTOR, J., KOMAC, M., MEGLIČ, P., JANŽA, M., RIKANOVIČ, R., LAPANJE, A., STROJAN, M., BIZJAK, M., MALI, N., 2004. Nacionalna baza hidrogeoloških podatkov za opredelitev teles podzemne vode Republike Slovenije (končno poročilo 2. faza). Karta vodonosnikov R Slovenije 1:250.000. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.

[8] ŠRAM, D., JANŽA, M., 2021. Razvoj sistema za podporo odločanju o rabi podzemnih voda. 3. Ocena razpoložljivosti podzemne vode in priprava izhodišč za razvoj sistema za podporo odločanju o rabi podzemne vode. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.

[9] ZABRET, K., SEVŠEK, M., JAVORNIK, L., AUBREHT, A., ŠANTL, S., 2023. Razvoj sistema za podporo odločanju o rabi površinskih voda. Končno poročilo. Inštitut za vode Republike Slovenije, Ljubljana.

MISIJA EU »ZDRAVI OCEANI, MORJA, OBALNE IN CELINSKE VODE« IN VKLJUČEVANJE OBČANOV V RAZISKAVE

dr. MATEJA GREGO[1] in TIT NEUBAUER[2]

[1]Morska Biološka postaja Piran, Nacionalni inštitut za biologijo,
[2]Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in inovacije

POVZETEK

Prispevek predstavlja Misijo EU programa Obzorja Evropa, ki se osredotoča na oceane, morja, obalne in celinske vode. Pomemben del te misije je vključevanje javnosti v raziskave, s poudarkom na občanski znanosti. V članku je predstavljen primer uspešnega projekta občanske znanosti, imenovanega "Pirati plastike - dajmo, Evropa," ki se ukvarja z onesnaženjem rek z odpadki in mikroplastiko. V projekt so se vključili šolarji in dijaki iz različnih držav EU. Zbrani podatki so dragoceni za razumevanje onesnaženja z plastiko in lahko prispevajo k oblikovanju politik za zaščito voda in oceana.

Ključne besede:

Misija Oceani in vode, občanska znanost, Pirati plastike, onesnaženje voda s plastiko

1. Cilji misije »Zdravi oceani, morja, obalne in celinske vode«

Misije EU so novost okvirnega programa Evropske unije (EU) za raziskave in inovacije, Obzorje Evropa (Horizon Europe), ki so ga na ravni EU zagnali leta 2021. Misije EU programsko koordinira in z državami članicami usklajuje Evropska komisija z namenom združevanja vseh razpoložljivih virov (programov financiranja, politik, predpisov idr. aktivnosti) v EU in sodelujočih državah (pridružene članice programa Obzorje Evropa) za dosego bistvenih prebojev in velikih, dolgoročnih družbenih sprememb na petih, za prihodnost bistvenih, področjih (oceani in vode, prilagajanje na podnebne spremembe, rak, pametna mesta, zdravje tal) do leta 2030. Z mobilizacijo vseh razpoložljivih virov od evropskih, nacionalnih in lokalnih organov, raziskovalcev, podjetnikov, investitorjev, kmetov, društev, do civilnih iniciativ, in posameznih državljanov želijo Misije EU do leta 2030 na navedenih področjih spodbuditi čim boljši prenos in čim hitrejše sprejemanje novih znanj, rešitev in pristopov. Ti bodo državljanom zagotovili oprijemljive koristi in jih vključili v njihovo načrtovanje, izvajanje in spremljanje. S takim pristopom bodo Misije EU pripomogle k bolj zeleni, zdravi vključujoči in prilagodljivi evropski družbi.

Misije spodbujajo aktivno sodelovanje prostovoljcev in nestrokovnjakov pri zbiranju raziskovalnih podatkov. Vključevanje državljanov v raziskave sta s terminom "občanska znanost" sredi devetdesetih let prejšnjega stoletja opisala Alan Irwin in Rick Bonney. Termin opisuje oblike znanosti, ki jo ustvarjajo in posedujejo državljani, in jo cenijo in spoštujejo poleg strokovnega znanja (1, 2). Od takrat se je občanska znanost razširila in uveljavila kot pristop za ustvarjanje znanja, ki ga je pospešil tudi razvoj tehnologije, vključno z razmahom interneta, pametnih telefonov in nizkocenovnih senzorjev ter vse večja dostopnostjo izobraževanja v številnih delih sveta (3). Ključni vidik uporabe občanske znanosti kot metode raziskovalnega dela je tudi preverba zbranih podatkov s strani usposobljenih raziskovalk in raziskovalcev (npr. slikovnega gradiva, dodatna analiza vzorcev), kar pomeni, da se v kasnejših fazah obdelave podatkov nekateri vnosi ne upoštevajo.

2. Cilji misije "Zdravi oceani, morja, obalne in celinske vode"

Cilji Misije EU "Zdravi oceani, morja, obalne in celinske vode" so

1) Varovanje in obnova morskih in sladkovodnih ekosistemov ter biotske raznovrstnosti v skladu s Strategijo EU za biotsko raznovrstnost za leto 2030,
2) Preprečevanje in odpravljanje onesnaževanja naših oceanov, morij in voda v skladu z Akcijskim načrtom EU: Naproti ničelnemu onesnaževanju zraka, vode in tal, in
3) Zagotavljanje trajnostnega modrega gospodarstva, ki bo ogljično nevtralno in krožno, v skladu s predlaganim Evropskim podnebnim zakonom in celostno vizijo, zapisano v Strategiji trajnostnega modrega gospodarstva.

Misija podpira regionalno vključevanje in sodelovanje s pomočjo "svetilnikov" v večjih morskih/rečnih bazenih: Donava-Črno morje, Sredozemsko morje, Atlantik-Arktik in Baltsko-Severno morje. Svetilniki misije so vozlišča, kjer se dejavnosti misije pilotno izvajajo, prikazujejo, razvijajo in uvajajo po morjih in povodjih EU (4).

Misija na področju zdravih oceanov, morij, obalnih in celinskih voda bo pripomogla k širjenju zavedanja o njihovem pomenu ter pomagala najti odgovore na vrsto vprašanj (5). Posamezne raziskovalne in izobraževalne organizacije, nevladne organizacije in podjetja se lahko pridružijo skupnosti za Misijo EU Oceani in vode preko "listine", ki združuje vse zainteresirane akterje (6).

3. Vključevanje občanov v raziskave

Evropska komisija že vrsto let podpira vključevanje državljanov v raziskave in inovacije, projekti občanske znanosti pokrivajo številna področja znanosti od javnega zdravja in ekologije do računalništva in pionirske fizike. V Sloveniji smo nekoliko kasneje kot zahodne države začeli uporabljati spletne platforme, ki zbirajo informacije in omogočajo mreženje na področju občanske znanosti. Mreža za občansko znanost in spletna stran (7) sta v Sloveniji zaživeli šele aprila 2023, na pobudo Centralne tehniške knjižnice Univerze v Ljubljani. Slovenija se je pridružila

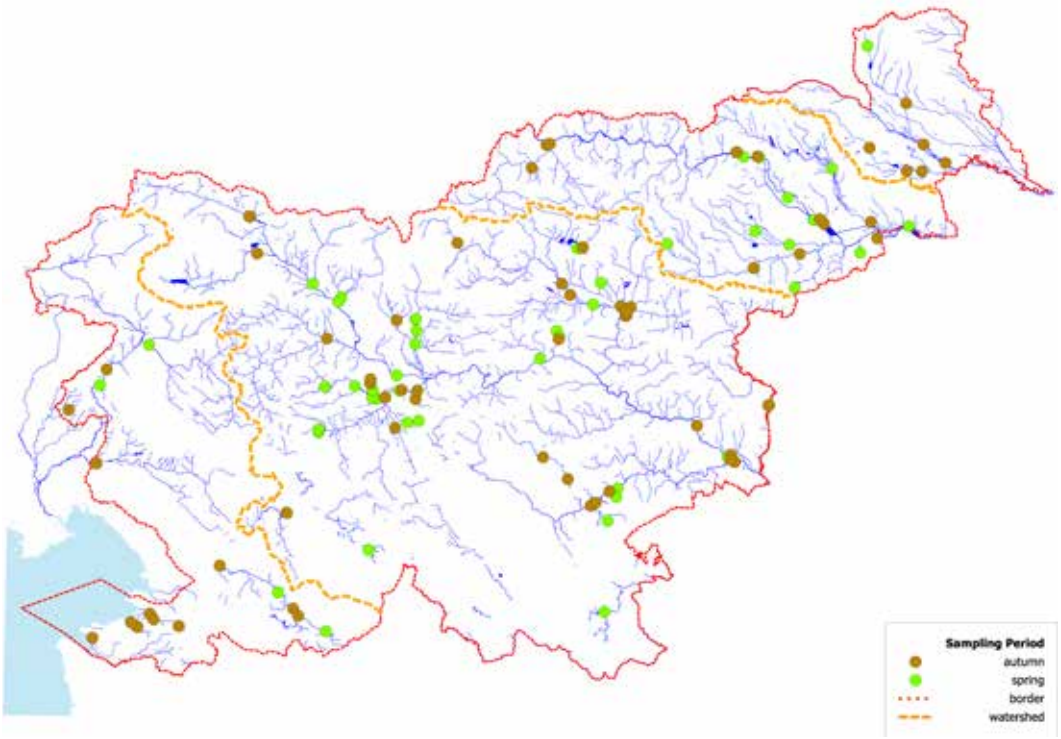
Vaji vzajemnega učenja za občansko znanost (Mutual Learning Exercise – MLE), katere cilji so okrepiti izmenjavo informacij, izkušenj in pridobljenih spoznanj med sodelujočimi državami članicami ter podpreti in razširiti prakso občanske znanosti z opredelitvijo dobrih praks, politik in programov različnih pristopov na lokalni, regionalni in nacionalni ravni. V sklopu Vaj vzajemnega učenja (8) so identificirali projekte občanske znanosti, ki imajo velik potencial za izvajanje in razširjanje (upscaling) v celotnem Evropskem raziskovalnem prostoru, kakršen je tudi projekt Pirati plastike, predstavljen v naslednjem poglavju. Evropski raziskovalni prostor (ERA) je politična pobuda Evropske unije za vzpostavitev enotnega in odprtega raziskovalnega prostora v Evropi, z namenom spodbujanja sodelovanja med evropskimi raziskovalci, institucijami in organizacijami, s ciljem, da se poveča kakovost evropskih raziskav.

Mobilizacija in vključevanje javnosti v raziskave in digitalizacija podatkov oz. znanj o vodah sta dva najpomembnejša pristopa za doseganje ciljev Misije "Zdravi oceani, morja, obalne in celinske vode". Pričakovani rezultat Misije se bo odražal kot vnos podatkov v podatkovne repozitorije, kjer je zagotovljena povezljivost oz. interoperabilnost podatkov, npr. morskih z rečnimi. Poleg Evropske komisije tudi Organizacija združenih narodov (OZN) poziva k krepitvi dialoga v okviru šestega (čista voda in sanitarna ureditev) in štirinajstega (življenje v vodi) cilja trajnostnega razvoja pod sloganom »From Source to sea« (od vira do morja) za pospešitev Agende 2030 s spodbujanjem mednarodnega, medgeneracijskega in medsektorskega sodelovanja med organizacijami, ki postavljajo vodo in ocean v središče svojih raziskav in delovanja (9).

4. Primer vključevanja občanov v pridobivanje podatkov o onesnaženosti rek z odpadki in mikroplastiko – Pirati plastike

Projekt »Pirati plastike - dajmo, Evropa« se je izvajal v letu 2021 kot skupna akcija v okviru trio-predsedovanja Svetu EU v Sloveniji, Nemčiji in Portugalskem, in je bil v Sloveniji financiran kor Cijlni raziskovalni projekt (V1-2040) s sodelovanjem Nacionalnega inštituta za biologijo, Inštituta za vode Republike Slovenije in Ekologov brez meja. Po poteku projekta smo se slovenska delovna skupina jeseni 2022 pridružili širitvi projekta na več držav Evropske unije in zagotovili izkušnje in nasvete novim partnerjem, ki so se projektu pridružile v okviru Misije EU: Ohranimo naše oceane in vode, drugi ukrep »Evropeizacija državljanske znanstvene pobude Pirati plastike« (Europeanization of the Plastic Pirates Citizen Science Initiative). Misija Pirati plastike (10) se izvaja v dvanajstih državah članicah EU (Nemčija, Slovenija, Portugalska, Španija, Belgija, Italija, Avstrija, Madžarska, Litva, Latvija, Grčija in Bolgarija) in Gruziji, z zaključkom konec leta 2024. Glavni cilj projekta je preučiti onesnaženje rek z mikro- in makroodpadki, ter povečati znanstveno opismenjevanje, pri čemer so ciljna skupina osnovnošolci (od desetega leta starosti dalje) in srednješolci. Mobilizacijo in vključevanje širše javnosti smo dosegli z intenzivno komunikacijo z učitelji in preko medijev. V letih 2021 in 2022 je bilo v medijih objavljenih 273 poročil o projektu (167x na spletu, 49x v tisku, 43x na radiu in 14x na televiziji). V letih 2021 in 2022 je Sloveniji v projektu sodelovalo 130 šol,

okvirno 200 učiteljev/učiteljic, ter 2000 slovenskih šolarjev, ki so aktivno sodelovali pri vzorčenju rečnih brežin in voda (Slika 1).



Slika 1 Vzorčna mesta v Sloveniji, kjer so osnovno- in srednješolci raziskali onesnaženost rečnih brežin z odpadki in rek s plavajočo mikroplastiko, v okviru Piratov plastike, v letih 2021 in 2022, vir M. Šiško, NIB

Metodologija Piratov plastike temelji na osnovni metodologiji, ki se uporablja za spremljanje odpadkov v skladu z Okvirno direktivo o morski strategiji (11), vendar je poenostavljena. Šolarji odpadke razvrščajo v le 25 kategorij (glej Tabela 1). Odpadke šolarji najprej poberejo na določenem transektu ob reki, nato pa jih sortirajo in kategorizirajo. Nato slikovno gradivo naložijo na splet, kjer je, po verifikaciji s strani raziskovalcev, dostopno na interaktivnem zemljevidu (12).

Mreže za mikroplastiko raziskovalni partnerji v posamezni državi pošljemo na šole. Po vzorčenju šole vrnejo mreže, nato pa se na znanstvenih inštitutih izvede sortiranje vsebine mrež in analiza delcev z uporabo infrardečega spektrometra s Fourierovo transformacijo (ATR-FTIR) za identifikacijo vrste plastičnega materiala.

Tabela 1: Kategorije odpadkov po metodi Piratov plastike

Vrste odpadkov
PLASTIKA:
Plastične vrečke
Plastenke
Plastični zamaški plastenk/steklenic
Embalaža za hrano za seboj in embalaža hitre prehrane, vključno s kavnimi lončki za enkratno uporabo in njihovimi pokrovčki
Plastični pribor ali plastični krožniki (tudi plastične palčke za mešanje kave in plastične slamice)
Plastična embalaža sladkarij, piškotov, čipsa itd.
Stiropor
Vatirane palčke s plastičnimi držali
Vlažilni robčki, tamponi in higienski vložki
Koščki plastike
Drugi neopredeljeni plastični predmeti
KOVINA:
Pločevinke pijač
Zamaški steklenic
Alu folija
Drugi neopredeljeni kovinski predmeti
STEKLO:
Steklenice
Koščki stekla
Drugi neopredeljeni stekleni predmeti
OSTALI ODPADKI:
Cigaretni ogorki
Papir
Tekstilni izdelki
Baloni
Guma
Drugi neopredeljeni odpadki
Lokalni odpadki

Rezultati so pokazali, da so vse slovenske rečne brežine onesnažene z odpadki, po materialni sestavi so prevladovali odpadki iz plastike. Plavajoča mikroplastika je bila prisotna v več kot 50% vzorcev v Sloveniji (13, 14), podobno kot v nemških rekah (15).

Podatki iz te raziskave, zbrani po enotni metodologiji v več sodelujočih državah, bodo zagotovili dragocene informacije o virih antropogenih odpadkov, njihovih količinah in vnosu v morja ter omogočili primerjave med onesnaženostjo s plastiko med rekami tako na nacionalni kot evropski ravni. Pridobljeni podatki so lahko v pomoč tako strokovni kot splošni javnosti ter dobra osnova, na podlagi katere bo mogoče načrtovati program ukrepov za zmanjševanje onesnaževanja s plastiko in ohranjanje čistega rečnega okolja.

Evropska agencija za okolje je razvila aplikacijo za državljane Marine LitterWatch (16), ki naj bi pomagala zapolniti podatkovne vrzeli pri spremljanju odpadkov na plažah, ki jih zahteva Okvirna direktiva o morski strategiji. Tudi podatki Piratov plastike in ostalih Misij Obzorja Evropa pridobljeni s strani občanov, služijo za okrepitev evropske bazo znanja ter zagotavljajo podporo pri oblikovanju evropske politike na področju odpadkov.

Dolgoročnih učinkov projektov občanske znanosti sicer trenutno še ni mogoče popolnoma oceniti, vendar pa glede na povratne informacije s strani mentorjev in drugih udeležencev projekta Pirati plastike predvidevamo, da se je zaradi sodelovanja v projektu marsikateri učenec ali dijak navdušil za poklic raziskovalca. Poleg tega pričakujemo, da bodo številni mentorji program izvajali tudi po izteku projekta, kar bo pozitivno vplivalo na izobrazbo prihodnjih generacij in prispevalo k povečanju zavedanja o pomenu zdravja morij, voda ter okolja na splošno.

5. Zaključek

Projekti občanske znanosti, poleg izboljšanja ugleda znanosti in splošnega zaupanja vanjo preko izobraževanja javnosti, prispevajo tudi k pridobivanju velikih količin geografsko razpršenih serij podatkov, ki bi jih z ustaljenimi metodami zbiranja podatkov pridobili s težavo in v mnogo daljšem časovnem obdobju. Priložnost za sodelovanje z občani se ponuja preko raziskovalnih in inovacijskih misij Obzorja Evropa, katerih cilj je zagotoviti rešitve nekaterih največjih globalnih izzivov, s katerimi se sooča svet. Slovenski strokovnjaki na področju voda se lahko vključijo v Misijo "Zdravi oceani, morja, obalne in celinske vode" v okvru svetilnika Donava-Črno morje in svetilnika Sredozemsko morje. Eden od globalnih problemov, ki ga naslavlja Misija "Zdravi oceani, morja, obalne in celinske vode," je onesnaženje voda s plastiko. Projekt občanske znanosti "Pirati plastike" uspešno vključuje mladino, staro od 10 do 18 let, v raziskave onesnaženosti rek s plastiko, pri čemer uporablja prilagojeno in poenostavljeno metodologijo v primerjavi z bazičnimi znanstvenimi raziskavami ali monitoringom.

6. Viri

[1] RWIN, A., 1995. Citizen science: a study of people, expertise, and sustainable development, Environment and society. Routledge, London ; New York.

[2] BONNEY, R., 1996. Citizen science: A lab tradition. Living Bird 15, 7–15.

[3] FRAISL, D., HAGER, G., BEDESSEM, B., GOLD, M., HSING, P.-Y., DANIELSEN, F., HITCHCOCK, C.B., HULBERT, J.M., PIERA, J., SPIERS, H., THIEL, M., HAKLAY, M., 2022. Citizen science in environmental and ecological sciences. Nat. Rev. Methods Primer 2, 64. https://doi.org/10.1038/s43586-022-00144-4

[4] ALAO CHANOU, Z., MCCOLGAN, O., BERBEL, J., MORENO, C., BERNARD, H., PEREZ, M., COMOLET, A., PILLE-SCHNEIDER, L., DUPONT, C., QUINTANA, F., RICLET, E., FUCHS, G., RIEDEL, A., GEIDEL, T., ROMAN, L., GOERLITZ, S., SALA PEREZ, M., HERPERS, F., SEEGER, I., INTERWIES, E., STEINERT, M., KAMPA, E., TARPEY, J., KARASZ, I., VEILLET LAVALLÉE, M., LAGO, M., ZAMPARUTTI, T., LANGAAS, S., DWORAK, T., 2023. Commission, E., Research, D.-G. f., Innovation, Baseline study for the implementation of lighthouses of the Mission 'Restore our ocean and waters by 2030 – Atlantic, Arctic, Danube and

Mediterranean lighthouses, Publications Office of the European Union. https://data.europa.eu/doi/10.2777/34856

[5] https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/eu-missions-horizon-europe/restore-our-ocean-and-waters_en

[6] https://ec.europa.eu/eusurvey/runner/MissionOceanWatersCharter

[7] https://citizenscience.si/

[8] https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/statistics/policy-support-facility/psf-challenge/mutual-learning-exercise-citizen-science-initiatives-policy-and-practice

[9] https://sdgs.un.org/partnerships/promoting-more-dialogues-between-sdg6-sdg14-accelerate--2030-agenda-encouraging

[10] https://www.plastic-pirates.eu/sl

[11] FLEET, D., VLACHOGIANNI, TH. AND HANKE, G., 2021. A Joint List of Litter Categories for Marine Macrolitter Monitoring. EUR 30348 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-21445-8, doi:10.2760/127473, JRC121708, https://mcc.jrc.ec.europa.eu/documents/202103260511.pdf

[12] https://www.plastic-pirates.eu/sl/results/map

[13] GREGO, M., TRDAN Š., ROBIČ U., SREŠ K., JAMŠEK J., COLJA Š., ŠIŠKO M., BAJT O., KRANJC J. in KOVAČ VIRŠEK M. (2022): CRP projekt V1-2040: Pirati plastike - dajmo Evropa; mladi skupnostni znanstveniki z misijo pridobivanja podatkov in širjenja znanja o onesnaženosti rek s plastiko in mikroplastiko. Zaključno poročilo, julij 2022. Poročila 201. Morska biološka postaja, Nacionalni inštitut za biologijo, Piran, 45 str.

[14] COLJA, Š., 2022. Microplastic pollution of Slovenian rivers researched with citizen science approach : master thesis, M. IV, 34 str.

[15] KIESSLING, T., KNICKMEIER, K., KRUSE, K., GATTA-ROSEMARY, M., NAUENDORF, A., BRENNECKE, D., THIEL, M. (2021). Schoolchildren discover hotspots of floating plastic litter in rivers using a large-scale collaborative approach. Science of the Total Environment, 789, 147849. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.147849

[16] https://marinelitterwatch.discomap.eea.europa.eu/

SODELOVANJE DRŽAV PRI UREJANJU ČEZMEJNIH REK

URŠKA STOPAR, mag. prava

FLUMINA, pravno in poslovno svetovanje, Urška Stopar s.p.

POVZETEK

Mednarodno okoljsko pravo se osredotoča na varstvo okolja in vsebuje materialna, postopkovna in institucionalna pravila mednarodnega prava, ki so namenjena varovanju okolja. Pri posegih v okolje je namreč pomembno, da pri tem sodelujejo vse države, na katere ima določen poseg v okolje vpliv. Posegi, ki se naredijo v reki, ki teče skozi večje število držav, imajo lahko posledice v vseh državah, ki jih takšna reka povezuje. Pomembno je, da države usklajeno sodelujejo pri posegih v takšne reke, saj posledice posameznih ravnanj subjektov torej niso omejene zgolj na teritorialne meje posameznih držav. Prav zaradi tega države sodelujejo v primeru načrtovanih gradenj hidroelektrarn na čezmejnih rekah. V Sloveniji so iz tega gledišča pomembne reke predvsem reka Sava, Drava in Mura, saj so čezmejne reke, ki imajo hidroenergetski potencial.

Ključne besede:

mednarodno pravo, čezmejne reke, hidroelektrarne, sodelovanje med državami, načelo sodelovanja

1. Splošno

Voda je ena izmed največjih za človeka pomembnih dobrin. Zaradi svoje pomembnosti predstavlja tudi eno izmed večjih okoljskih skrbi, saj brez nje človeštvo ne bi moglo obstajati. Kot ostale naravne vire, se je tudi voda izkoriščala za olajšanje človekovega dela. Predvsem reke so se izkoriščale za transportne poti in za delovanje mlinov. Z razvojem tehnologije se je pokazalo, da se lahko reke uporabljajo tudi za pridobivanje električne energije, in sicer s pomočjo hidroelektrarn.

Okrog 60 odstotkov svetovnih sladkovodnih tokov predstavljajo čezmejne vode. O teh govorimo v primeru vodonosnikov in povodij jezer ter rek, ki si jih delita dve ali več držav. Na svetu si 153 od 192 držav deli 310 rek in jezer ter 592 vodonosnikov. Ti vodni viri predstavljajo vir 42 odstotkom svetovnega prebivalstva. [3]

Sodelovanje med državami glede čezmejnih vodnih virov je zelo zaželeno, saj so ti viri pomembni za vsako od držav. Države sodelujejo na podlagi obstoječih sporazumov ali drugih ustreznih ureditev, pri tem pa se upoštevajo tudi interesi posameznih držav. [4]

Eden izmed večjih posegov, ki se na reki lahko zgodijo, je gradnja hidroelektrarne. Zaradi gradnje lahko nastanejo posledice v rečnem bazenu, ki se lahko nato prenašajo po njem. Na podlagi ustreznega sodelovanja se lahko zagotovi, da bodo vplivi, ki bodo nastali po gradnji hidroelektrarne, takšni, da bodo sprejemljivi za vse države, na katere ima poseg lahko vpliv.

V prispevku je prikazan kratek oris, na kakšen način države sodelujejo pri urejanju čezmejnih rek, s predstavitvijo sodelovanja v primeru presoje vplivov na okolje v primeru gradnje hidroelektrarne.

2. Sodelovanje med državami pri urejanju čezmejnih rek

Vode so zaradi svoje pomembnosti že od nekdaj predmet prizadevanj za nadzor nad njimi s strani posameznih držav. [1] Zaradi pomembnosti vodnih virov za človeštvo se že dlje časa opozarja na nujnost sodelovanja na področju vodnih virov. Na to temo je bila sicer spodbujena razprava o skupnih odgovornostih, ki bi jih morale imeti sosednje države v zvezi z deljenimi naravnimi viri.[2]

Vsaka izmed držav ima svoje interese v zvezi s posameznim delom reke. V izogib konfliktom in boljšemu rezultatu pri reševanju medsebojnih sporov, morajo države tudi na področju upravljanja čezmejnih rek sodelovati. Države pri upravljanju rek sodelujejo predvsem zaradi *koristi za reko* (upravljanje ekosistemov in zagotavljanja kakovosti vode, na podlagi česar se prinese koristi reki), *zmanjševanja stroškov* (predvsem v povezavi z izogibanjem sporov med posameznimi državami, če države ne bi sodelovale pri upravljanju reke za doseganje skupne koristi) ter zaradi *koristi, ki jih imajo od reke*. [5] Sodelovanje na podlagi koristi, ki jih imajo države od reke zajema med drugim tudi upravljanje hidroelektrarn, s katerimi se proizvaja električna energija. [5] Poleg naštetega pa lahko čezmejne reke predstavljajo *vir za sodelovanje* in so na nek način povezane v mrežo vzajemne odvisnosti. [5] Države lahko prav zaradi deljene reke sodelujejo, pri čemer pa se lahko sodelovanje odraža tudi na drugih gospodarskih področjih, kjer države sodelujejo. [5] Eden izmed takšnih primerov je povezan s hidroelektrarnami. V sporu med Laosom in Tajsko je kljub sporu, ki je bil med državama, Laos vedno zagotavljal vodno energijo Tajski, v zameno zanjo pa mu je Tajska vedno plačala. [5]

Poleg takšnega orisa sodelovanja med državami, v primeru čezmejnega urejanja, je vsekakor pomemben tudi pravni vidik urejanja čezmejnih vodnih virov.

3. Pravni okvir urejanja čezmejnih rek

Pri upravljanju čezmejnih vodotokov se lahko države sklicujejo na obstoječa pravila na mednarodnopravni ravni. [6] Na področju mednarodnega prava se je namreč oblikovalo tako imenovano mednarodno pravo voda, ki predstavlja okvir pravil pogodbenega in običajnega prava, pri čemer so določene zakonitosti dejanj držav v zvezi s tistimi vodnimi viri, ki segajo čez nacionalne meje.[1] [6]

[1] Splošna predstavitev mednarodno pravnega urejanja voda je podrobneje prikazana v članku *Spregledan mednarodnopravni vidik ureditve posegov v vode in vodna okolja pri njihovem izvajanju* (prof. dr. Vasilka Sancin, Urška Stopar).

Gre za mednarodna pravila, ki jih urejajo dvostranske, regionalne in globalne pogodbe. Poleg naštetih skupek ureditve tvorijo tudi smernice v nezavezujočih instrumentih, ki so sprejeti s strani različnih mednarodnih organizacij, kot so *Program Združenih narodov za okolje*, *Organizacija za gospodarsko sodelovanje in razvoj* ter *Ekonomska komisija Združenih narodov za Evropo*. Nekatere dokumente na tem področju sprejemajo tudi nevladne organizacije, kot sta *Združenje za mednarodno pravo* in *Inštitut mednarodnega prava*. [7]

V nadaljevanju bo predstavljenih nekaj pravnih dokumentov in pravil mednarodnega prava, ki vsebujejo pravila glede medsebojnega sodelovanja med državami.

Eden izmed pravnih dokumentov, ki pokriva celotno evropsko regijo za čezmejne vode, je *Konvencija o varstvu in uporabi čezmejnih vodotokov in mednarodnih jezer* in predstavlja pravni okvir za regionalno sodelovanje na področju vodnih virov (rek, jezer in podtalnic), ki je bila v slovenskem pravnem redu ratificirana z *Zakonom o ratifikaciji Konvencije o varstvu in uporabi čezmejnih vodotokov in mednarodnih jezer* (Uradni list RS – Mednarodne pogodbe, št. 5/99). Na podlagi omenjene konvencije se pogodbenice zavežejo, da bodo sprejele ustrezne ukrepe za preprečevanje, nadzor in zmanjšanje čezmejnih vplivov. Pogodbenice na podlagi konvencije preprečujejo onesnaževanja voda, ki bi lahko bilo čezmejno, ter zagotavljajo ohranjanje in obnovo ekosistema. [7] Poleg *Konvencije o varstvu in uporabi čezmejnih vodotokov in mednarodnih jezer* lahko države sklepajo še druge dvostranske in večstranske sporazume, saj jih konvencija ne izključuje, prav tako pa lahko sprejmejo in izvajajo tudi strožje ukrepe od navedenih v konvenciji. [7] Sodelovanje med državami tako izhaja že iz same *Konvencije o varstvu in uporabi čezmejnih vodotokov in mednarodnih jezer*. Njen drugi del sicer izrecno opredeljuje še dvostransko in večstransko sodelovanje, pri čemer obrežne pogodbenice opredelijo povodje, ki je predmet sodelovanja in na podlagi sporazuma opredelijo medsebojne odnose glede čezmejnih vplivov. *Konvencija o varstvu in uporabi čezmejnih vodotokov in mednarodnih jezer* napotuje na posvetovanja med državami. Njihov namen je, da na podlagi vzajemnosti, dobre vere in dobrih medsosedskih odnosov, države sodelujejo pri vprašanjih, ki se nanašajo na konvencijo. Države prav tako izvajajo skupne programe za spremljanje stanja čezmejnih voda in čezmejnih vplivov. Na podlagi 13. člena *Konvencije o varstvu in uporabi čezmejnih vodotokov in mednarodnih jezer* si države izmenjujejo razpoložljive podatke v okviru ustreznih sporazumov ali dogovorov glede okoljskih pogojev čezmejnih voda, raziskavah in razvoju, glede podatkov in emisijah, sprejetih načrtih glede nadzora in zmanjšanju čezmejnih vplivov ter dovoljenjih ali predpisih glede odpadnih voda. V primeru, ko bi lahko nastali čezmejni vplivi, države nemudoma medsebojno obvestijo sosednje države, prav tako pa si slednje med sabo nudijo medsebojno pomoč.

Druga vrsta pravnih virov, ki nastaja med državami je običajno pravo. Za razliko od formalnih sporazumov je bolj nepredvidljivo in kompleksno, ker je odvisno od posameznih držav in njihovega ravnanja. [8] Eno izmed načel, ki se nanaša na uporabo voda in posege vanje, je poleg načel *pravične in razumne uporabe*, *obveznosti ne povzročanja škode*, *obveznosti obveščanja posvetovanj in pogajanj* ter *mirnega reševanja sporov* tudi načelo *obveznosti sodelovanja*. Načelo obveznosti sodelovanja

se je na področju varstva okolja prepoznalo iz načela dobrih medsosedskih odnosov ('*good neighbourliness*'). Države so namreč, kljub načelu suverenosti in avtonomnega upravljanja z njenim državnim ozemljem, omejene z upravljanjem deljenih naravnih virov. Slednje izhaja tudi iz načela *sic utere tuo ut alterum non laedas*, ki pomeni, da je potrebno lastnino uporabljati na način, da pri tem ne škodiš drugim. [2] V povezavi s tem pa je pomembno načelo sodelovanja, ki je vsebovano v številnih mednarodnopravnih aktih, prav tako kot tudi v praksi držav. [6] V številnih mednarodno pravnih aktih, ki se nanašajo na varstvo okolja je načelo sodelovanja izrecno vključeno. Nekateri izmed pravnih aktov, ki se nanašajo na urejanje voda in vključujejo načelo sodelovanja so *Konvencija o pravu neplovnih uporab mednarodnih vodotokov*, *Rio deklaracija*, *Stockholmska deklaracija* in nekateri viri mehkega prava, kot so *Berlinska pravila*. Slednja v 11. členu določajo, da države sodelujejo v dobri veri pri upravljanju voda, in sicer v obojestransko korist sodelujočih držav povodja.

Poleg mednarodnega prava države zavezujejo tudi pravila, ki so sprejeta na ravni Evropske unije. V letu 2000 je bila sprejeta *Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2000/60/ES z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike* (*Okvirna direktiva o vodah*), ki predstavlja okvir za varstvo celinskih površinskih voda, somornic, obalnega morja in podzemne vode. V 14. točki preambule te direktive je izpostavljeno, da je uspeh direktive odvisen od tesnega sodelovanja in medsebojno povezanih ukrepov na ravni Skupnosti, na ravni držav članic in na lokalni ravni, pa tudi od obveščanja javnosti, posvetovanja z njo in vključevanja javnosti, vključno z uporabniki.

Države lahko poleg naštetih pravnih pravil dodatno urejajo medsebojna razmerja, glede posameznih vodnih virov, ki si jih delijo in z njimi upravljajo.

Na območju Evrope je veliko število čezmejnih vodnih poti, ki so urejene s pogodbami in z različnimi praksami, ki so se izoblikovale pri skupnem upravljanju z vodnimi viri. [6] Nekatere izmed njih so pomembne tudi za Slovenijo.

Na podlagi *Zakona o ratifikaciji Okvirnega sporazuma o Savskem bazenu, Protokola o režimu plovbe k Okvirnemu sporazumu o Savskem bazenu* in *Sporazuma o spremembah in dopolnitvah Okvirnega sporazuma o Savskem bazenu in Protokola o režimu plovbe k Okvirnemu sporazumu o Savskem bazenu* (Uradni list RS-MP, št. 19/2004) deluje Mednarodna komisija za Savski bazen. Poleg ostalih pogodbenic si tudi Slovenija, kot pogodbenica tega sporazuma, prizadeva, da se dosežejo skupni cilji sklenjenega sporazuma. Cilji pogodbenic so namreč vzpostavitev mednarodnega režima plovbe po reki Savi in njenih plovnih pritokih, vzpostavitev trajnostnega upravljanja voda ter sprejetje ukrepov za preprečevanje ali omejevanje nevarnosti ter zmanjševanje in odpravljanje negativnih posledic, vključno s tistimi, ki jih povzročajo poplave, led, suša in nezgode z nevarnimi snovmi, škodljivimi za vodo (2. člen Okvirnega sporazuma o Savskem bazenu).

Še ena izmed relevantnih pravnih podlag, na podlagi katere Slovenija z drugimi državami sodeluje pri upravljanju z vodami, je *Konvencija o sodelovanju pri varstvu in trajnostni uporabi reke Donave*, ki jo je ratificirala z *Zakonom o ratifikaciji Konvencije o sodelovanju pri varstvu in trajnostni uporabi reke Donave - Konvencija*

o varstvu reke Donave (Uradni list RS-MP, št. 12/1998). Na njeni podlagi namreč deluje Mednarodna Komisija za varstvo reke Donave.

Za reko Dravo deluje Stalna slovensko – avstrijska komisija za Dravo, in sicer na podlagi Zakona o ratifikaciji Sporazuma med Republiko Slovenijo in Republiko Avstrijo o nadaljnji veljavnosti določenih jugoslovansko – avstrijskih pogodb v odnosih med Republiko Slovenijo in Republiko Avstrijo ter Sporazuma med Vlado Republike Slovenije in Zvezno vlado Republike Avstrije o nadaljnji veljavnosti določenih jugoslovansko – avstrijskih pogodb v odnosih med Republiko Slovenijo in Republiko Avstrijo (Uradni list RS – MP, št. 4/93). V slednje je namreč zajet Sporazum med Vlado Federativne ljudske republike Jugoslavije in Zvezno vlado Avstrije o vodnogospodarskih vprašanjih, ki se tičejo Drave.

Na reki Muri prav tako deluje Stalna slovensko – avstrijska komisija za Muro na podlagi *Zakona o ratifikaciji Sporazuma med Republiko Slovenijo in Republiko Avstrijo o nadaljnji veljavnosti določenih jugoslovansko – avstrijskih pogodb v odnosih med Republiko Slovenijo in Republiko Avstrijo ter Sporazuma med Vlado Republike Slovenije in Zvezno vlado Republike Avstrije o nadaljnji veljavnosti določenih jugoslovansko – avstrijskih pogodb v odnosih med Republiko Slovenijo in Republiko Avstrijo* (Uradni list RS – MP, št. 4/93). V tem okviru je zajet *Sporazum med Federativno ljudsko republiko Jugoslavijo in Republiko Avstrijo o vodnogospodarskih vprašanjih za mejni tok Mure in mejnih vodah Mure* (Sporazum o Muri; Uradni list FLRJ – MP, št. 10/56).

Kljub temu, da imajo države, poleg obstoječega mednarodnega in evropskega prava zavezujoče obveznosti, pa ni nujno, da bi to, kljub sklenjeni posebni medsebojni pogodbi glede urejanja posameznega vodotoka, preprečilo medsebojne konflikte. Med Indijo in Pakistanom je bila sklenjena Pogodba o vodah Inda (IWT- *Indus Waters Treaty*) v letu 1960, ki predstavlja vir sodelovanja med državama, glede urejanja rek, ki si jih delita. [7] Kasneje, v letu 2010, pa sta kljub takšnemu viru sodelovanja državi zašli v spor, ki je bil predmet arbitraže (*Indus Waters Kishenganga Arbitration (Pakistan v. India)*). [7]

4. Postopek čezmejnega sodelovanja držav v primeru gradnje hidroelektrarne – presoja vplivov na okolje

Pri posegu v okolje, kot je gradnja hidroelektrarne, se mora v okviru obstoječih mednarodnih in nacionalnih pravil upoštevati veliko zahtev glede varovanja okolja. Poleg upoštevanja pravil na mednarodnopravni ravni, ki so že bila predstavljena zgoraj, se mora izvesti tudi presoja vplivov na okolje. S tem se želi zagotoviti, da se naravi ne bi škodovalo oziroma, da bi se škodljive posledice omejile na najmanjši možen obseg.

Obveznost izvedbe presoje vplivov na okolje je določena v številnih mednarodnih pravnih aktov. Tudi 14. člen *Konvencije o biološki raznovrstnosti*, katere pogodbenica je tudi Slovenija na podlagi *Zakona o ratifikaciji Konvencije o biološki raznovrstnosti* (Uradni list RS – Mednarodne pogodbe, št. 7/96), določa to obveznost. S konvencijo je določeno, da mora vsaka pogodbenica uvesti ustrezne postopke, ki zahtevajo

presojo vplivov na okolje za tiste predlagane projekte, za katere obstaja verjetnost, da bodo imeli pomembne škodljive učinke na biotsko raznovrstnost. Pri tem se želi doseči, da bi se pogodbenice izognile takim učinkom ali jih zmanjšale na najmanjšo možno mero. Uvedba postopka presoje vplivov na okolje je prisotna še v *Konvenciji o presoji čezmejnih vplivov na okolje* (*Espoo konvencija*), ki v slovenskem pravnem redu velja na podlagi *Zakona o ratifikaciji Konvencije o presoji čezmejnih vplivov na okolje* (Uradni list RS – Mednarodne pogodbe, št. 11/98). Obveznost izvedbe presoje vplivov na okolje določa tudi slovenski *Zakon o varstvu okolja* (Uradni list RS, št. 44/22 in 18/23 – ZDU-1O; ZVO2).

Države morajo pred torej izvajanjem posegov v okolje izvesti presojo vplivov na okolje, kar je dolžnost v okviru potrebne skrbnosti za preprečevanje resne čezmejne okoljske škode. Pri tem je pomembno, da je obveznost presoje vplivov na okolje stalne narave in ne zgolj enkratna zahteva. [9]

V mednarodno pravni praksi je znan primer, poimenovan *Gabčikovo-Nagymaros Project*, kjer sicer ni bilo izrecne zahteve po presoji vplivov na okolje, vendar je bilo postavljeno vprašanje glede ustreznosti izvedenih ocen glede vplivov in nujnosti izvedbe nadaljnjih ocen pri izvedbi projekta gradnje hidroelektrarne. [10] V zadevi *Pulp Mills*, kjer je šlo za poseg v reko, pa je bilo odločeno, da se mora presoja vplivov na okolje izvesti v primeru, ko bi poseg lahko povzročil znatno čezmejno škodo. [9] V zvezi s tem mora vsaka država v svoji nacionalni zakonodaji predvideti, kdaj je potrebno, glede na predlagan poseg v okolje in na njegove vplive, opraviti presojo vplivov na okolje in v kakšnem obsegu.

Države morajo dokazati, da je bila presoja vplivov na okolje dejansko izvedena, in sicer pred samo izvedbo projekta in ne šele po končani izvedbi projekta.[11] V kolikor je v okviru presoje vplivov na okolje potrjen določen škodljiv vpliv na okolje, mora država, ki želi izvesti predlagan poseg, obvestiti države, na katere bi poseg imel vpliv. [11] V tem okviru se potem lahko določajo preventivni in omilitveni ukrepi.

4.1 Primer reke Save

V Sloveniji je že nekaj časa aktualna problematika umeščanja novih hidroelektrarn na reke. Eden izmed odmevnejših primerov gradnje hidroelektrarne, je gradnja hidroelektrarne na reki Savi. Poleg udeležencev iz nacionalnega okolja, so v okviru javne razgrnitve dokumentacije mnenja podali tudi subjekti iz sosednjih držav. Hrvaško Ministrstvo za zaščito okolja in narave je slovenskemu Ministrstvu za okolje in prostor poslalo pripombe na poročilo o vplivih na okolje, ki jih je zbralo tekom javne razgrnitve dokumentacije. V postopku pred Agencijo Republike Slovenije za okolje je bil namreč s sklepom prekinjen postopek, zaradi reševanja predhodnega vprašanja pri pristojnem organu države članice Republike Hrvaške, do podaje dokončnega mnenja o nameravanem posegu.

Na podano mnenje in pripombe prejete s strani Hrvaške, je Slovenija preko Ministrstva za okolje in prostor podala odgovore na podane pripombe. Nato je Hrvaška podala dokončno mnenje o nameravanem posegu. Iz tega izhaja, da je Uprava za zaščito

narave Ministrstva za zaščito okolja in narave ugotovila ustrezno dopolnitev ocene vpliva na cilje ohranjanja in celovitosti območja ekološke mreže v Republiki Hrvaški Natura 2000. Ocenili so, da je bila ocena vpliva izgradnje in uporabe hidroelektrarne na ciljne vrste in habitatne tipe ter območja ekološke mreže ustrezno dopolnjena, tako da je skladna z *Uredbo o ekološki mreži* (Uradni list RE, številka 124/13 in 105/15). Prav tako je bila dokumentacija dopolnjena tudi z vplivom na območja na Hrvaškem, ki so zaščitena na podlagi Zakona o varstvu narave (ornitološki rezervat Sava-Strmec), ocenjen je bil čezmejni vpliv na biotsko raznovrstnost, predpisani so bili dodatni ukrepi za omilitev, kot tudi za spremljanje stanja, zadovoljiva pa je bila na predhodno podane pripombe podana tudi ustrezna obrazložitev. [12]

Zaradi podanega pozitivnega dokončnega mnenja o nameravanem posegu, se je v Sloveniji nadaljeval postopek izdaje okoljevarstvenega soglasja za gradnjo hidroelektrarne.

5. Zaključki

Države niso povsem avtonomne pri upravljanju z njihovim ozemljem. Na svojem ozemlju lahko namreč ravnajo zgolj tako, da sosednjim državam ne škodijo. Pri tem je potrebna posebna pozornost držav v primeru deljenih naravnih virov, saj se morajo upoštevati še dodatne zahteve, ki jih postavlja mednarodno pravo. Države morajo tako v primeru posega v čezmejni vodni vir upoštevati zavezujoče mednarodno pravo, predvsem formalne vire, pa tudi običajno pravo, ki se je med posameznimi državami razvilo. Poleg naštetega je pomembna tudi izoblikovana praksa mednarodnih razsodišč.

Za varovanje nekaterih konkretnih vodnih virov so države sklenile posebne pogodbe ali sporazume, ki podpisnice takšnih sporazumov tudi dodatno zavezujejo. Na takšen način pa se izkazuje tudi sodelovanje držav pri urejanju posameznih deljenih rek. Opazimo lahko, da je urejanje čezmejnih rek specifično in terja veliko poznavanja pravnih predpisov in prakse, pa tudi običajnega ravnanja oziroma sodelovanja med državami.

V primeru umestitve hidroelektrarne v prostor, je potrebno upoštevati vse povezane predpise, saj gre za obsežen poseg v okolje. Ravno na podlagi presoje vseh potencialnih posledic, ki na okolju nastanejo, se lahko z dobrim načrtovanjem preprečijo nepotrebne škodljive posledice na okolje ali pa se te vsaj zmanjšajo. Zaradi tega je izredno pomembna izvedba postopka presoje vplivov na okolje. Tudi v Sloveniji je opazno sodelovanje z drugimi državami glede urejanja skupnih vodnih virov preko zakonske obveznosti v okviru presoje vplivov na okolje. Postopek presoje vplivov na okolje predstavlja enega izmed pravnih institutov na podlagi katerega se načelo sodelovanja med državami konkretno izraža. Državam omogoča, da vplivajo na posamezne odločitve glede deljenega vodnega vira, ki se sprejme v državah, s katerimi se vodni vir deli. V primeru, ko sodelovanje med državami ni takšno, kot bi sicer moralo biti na podlagi pravno zavezujočih virov, pa imajo države v okviru mednarodnega prava možnosti, s katerimi takšne kršitve naknadno odpravljajo ali sankcionirajo.

6. Viri

[1] EARLE A., JÄGERSKOG A., ÖJENDAL J., 2010, Introduciton: Setting the scene for transboundary water managment approaches. V: A. Earle, A. Jägerskog, J. Öjendal, ur., Transboundary water managment, Routledge, 1.

[2] SCHRIJVER N., 2009, Sovereignty over Natural Resources, Cambridge University Press, str. 233.

[3] United Nations and the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2021). Progress on Transboundary Water Cooperation [online]. Geneva and Paris, UNECE, UNESCO. Dostopno na https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2021/09/SDG6_Indicator_Report_652_Progress-on-Tranboundary-Water-Cooperation_2021_EN_UNESCO.pdf [dostop 15. maj 2023], str. IX.

[4] United Nations Conference on Environment & Development Rio de Janerio, Brazil (1992). AGENDA 21 [online]. Dostopno na https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf?_gl=1*68h2j1*_ga*MTE0MjI3OTA4Ni4xNjczNjkxNTIw*_ga_TK9BQL5X7Z*MTY5MDc0NDMxNS4yLjAuMTY5MDc0NDMxOS4wLjAuMA [dostop 5. maj 2023].

[5] GREY, D., SADOFF, C., 2002. Beyond the River: The Benefits of Cooperation on International Rivers. Water science and technology, 47, 389–403.

[6] WOUTERS, P. (2013). International Law – Facilitating Transboundary Water Cooperation. Global Water Partnership, Dostopno na: https://ssrn.com/abstract=2363809 [dostop 11. junij 2023]

[7] SANDS P.J., FABRA A. AND MACKENZIE R., 2018. Principles of International Environmental Law. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press.

[8] DELLAPENNA, J. W., 2001. The customary international law of transboundary fresh waters. International journal of global environmental issues, 1 (3-4), 264–305.

[9] Pulp Mills on the River Uruguay (Argentina v. Uruguay), Judgment, I.C.J. Reports 2010, pp. 14–107. Dostopno na: https://www.icj-cij.org/public/files/case-related/135/135-20100420-JUD-01-00-EN.pdf [dostop 11. junij 2023].

[10] Gabčikovo-Nagymaros Project (Hungary v Slovakia), Judgment, 1. C. J. Reports 1997.

[11] Certain Activities Carried Out by Nicaragua in the Border Area (Costa Rica v. Nicaragua) and Construction of a Road in Costa Rica along the San Juan River (Nicaragua v. Costa Rica), Judgment, I.C.J. Reports 2015, pp. 665–742. Dostopno na: https://www.icj-cij.org/public/files/case-related/150/150-20151216-JUD-01-00-EN.pdf [dostop 12. december 2022].

[12] HSE Invest d.o.o., (2021). POROČILO O VPLIVIH NA OKOLJE ZA HE MOKRICE [online]. Dostopno na: https://www.gov.si/assets/ministrstva/MNVP/Dokumenti/CPVO/Postopek_prevlade_javne_koristi/Mokrice/Zvezek-0.pdf [dostop 11. junij 2023].

EVROPSKI PROJEKT CROSScade – PREGLED REZULTATOV PRVE FAZE HIDRAVLIČNIH RAZISKAV

doc. dr. GORAZD NOVAK, prof. dr. MATJAŽ ČETINA,
izr. prof. dr. GAŠPER RAK

Univerza v Ljubljani, Fakuteta za gradbeništvo in geodezijo,
Katedra za mehaniko tekočin

POVZETEK

Evropski projekt CROSScade (Cross-border cascading risk management for critical infrastructure in Sava river Basin) obravnava potresna in poplavna tveganja kritične infrastrukture na mejnem območju Slovenije in Hrvaške vzdolž Save. Poudarek projekta je na analizi učinkov, ki bi jih lahko povzročila kaskadna zaporedja izrednih dogodkov, na primer kombinacija močnega potresa in poplave. Nedavni potresi na Hrvaškem (marec in december 2020), ki so poškodovali tako sistem protipoplavne zaščite kakor tudi transportno infrastrukturo, dokazujejo, da je tovrstna analiza upravičena oz. potrebna. CROSScade se zato osredotoča na ranljivost sistema protipoplavne zaščite, pregrad hidroelektrarn in transportne infrastrukture. Rezultati projekta bodo vključevali metodologijo in načrte ukrepov, ki bodo prispevali k izboljšanju odpornosti kritične infrastrukture in meddržavni komunikaciji med upravitelji kritične infrastrukture in civilno zaščito. Projekt je izrazito interdisciplinaren, saj združuje strokovnjake z zelo različnih področij (potresno inženirstvo, hidravlično modeliranje, geotehnika itd.) in je primer dobrega sodelovanja obeh držav.

V prispevku so predstavljeni rezultati prvega sklopa hidravličnih raziskav z 2D numeričnimi modeli, ki obravnavajo potencialne izredne dogodke na odseku spodnje Save v Sloveniji. Simulirani so scenariji, ki so bili iz širokega nabora nedavnih študij opredeljeni kot potencialno najbolj neugodni. Namen izračunov je določiti hidravlično obremenitev mostnih opornikov (v smislu hitrosti in globine toka) na odseku od HE Brežice do državne meje ter hidrogram Save na lokaciji državne meje. Rezultati globin in hitrosti bodo v naslednji fazi projekta uporabljeni v študijah mostnih konstrukcij, hidrogram pa bo zgornji robni pogoj za simulacije razlivanja Save na odseku od meje do Zagreba.

Ključne besede:

projekt CROSScade, hidravlični modeli, poplavno tveganje, mejno območje, Sava

1. Uvod

Evropski projekt CROSScade (Cross-border cascading risk management for critical infrastructure in Sava river Basin) obravnava potresna in poplavna tveganja kritične infrastrukture na mejnem območju Slovenije in Hrvaške vzdolž Save (https://crosscade.eu/). Poudarek projekta je na analizi učinkov, ki bi jih lahko povzročila kaskadna zaporedja izrednih dogodkov, na primer kombinacija močnega potresa in poplave. V projektu sodelujejo partnerji s Hrvaške (Univerza v Zagrebu - Fakulteta za gradbeništvo, Hrvatske vode, podjetje Infra Plan konzalting) in Slovenije (ZAG - Zavod za gradbeništvo, Univerza v Ljubljani - Fakulteta za gradbeništvo).

Skupina UL FGG se v okviru projekta v prvi vrsti ukvarja s hidravlično problematiko. Doslej smo zbrali in pregledali širok nabor obstoječih študij, ki so bile nedavno narejene prav na FGG za različne naročnike, kot je navedeno v virih [1] do [7]. Na podlagi rezultatov različnih modelov smo izbrali pet potencialno najbolj neugodnih scenarijev in zanje nadgradili obstoječe modele, tako da njihove razširjene domene zdaj omogočajo simulacije razmer vse do državne meje. Glavni rezultati nadgrajenih simulacij so bili: 1) hitrosti in globine toka, ki bodo na lokacijah mostov uporabljene v potresnih analizah, ki jih bo izvedel projektni partner ZAG, 2) hidrogrami Save na lokaciji državne meje, ki bodo predstavljali zgornji robni pogoj za naše kasnejše hidravlične simulacije odseka od državne meje do Zagreba.

Ta odsek je sicer že vključen v obsežen model Save za simulacije poplavnih valov na ravni povodja, ki je bil z orodjem HEC-RAS narejen v okviru mednarodne Savske komisije (The International Sava River Basin Commission, ISRBC) leta 2018 [8]. Vendar so bili takrat upoštevani še stari robni pogoji in na obravnavanem odseku ni bil uporabljen polni dvodimenzijski model, temveč so bila poplavna območja zajeta le kot retenzijski volumni brez celovite dinamike pretakanja prelite vode.

1.1 Dosedanje študije in izbor scenarijev

Odsek spodnje Save v Sloveniji so za potrebe načrtovanja izgradnje verige hidroelektrarn obravnavale številne hidravlične študije. Ker CROSScade obravnava območje v bližini slovensko – hrvaške državne meje, smo se pri izboru potencialno najbolj neugodnih scenarijev omejili predvsem na rezultate, ki se nanašajo na odsek dolvodno od HE Krško in tako izbrali naslednje scenarije:

1) Porušitev ene zapornice HE Brežice ob naravnem pretoku Save 1200 m^3/s, HE Mokrice ni zgrajena; hidrogram neposredno dolvodno od jezovne zgradbe HE Brežice ima maksimalno vrednost pretoka cca. 1500 m^3/s
2) Odpiranje petih zapornic HE Brežice ob naravnem pretoku Save 1200 m^3/s, HE Mokrice ni zgrajena; hidrogram neposredno dolvodno od jezovne zgradbe HE Brežice ima maksimalno vrednost pretoka cca. 4100 m^3/s
3) Odpiranje vseh zapornic visokovodnega razbremenilnika (VVR) HE Brežice ob naravnem pretoku Save 1200 m^3/s, HE Mokrice ni zgrajena; hidrogram

neposredno dolvodno od jezovne zgradbe HEB ima maksimalno vrednost pretoka cca. 1300 m^3/s

4) Zaporedna porušitev po ene zapornice od HE Vrhovo do HE Krško ob naravnem pretoku Save 1200 m^3/s, blokada zapornic HE Brežice in blokada visokovodnega razbremenilnika (VVR) HE Brežice, izpad vseh turbin verige, HE Mokrice ni zgrajena; hidrogram neposredno dolvodno od jezovne zgradbe HE Brežice ima maksimalno vrednost pretoka cca. 900 m^3/s

5) Rušenje nasipa HE Brežice, desni breg, ob naravnem pretoku Save 2500 do 2650 m^3/s, HE Mokrice ni zgrajena; hidrogram neposredno dolvodno od jezovne zgradbe HE Brežice ima maksimalno vrednost pretoka cca. 3500 m^3/s.

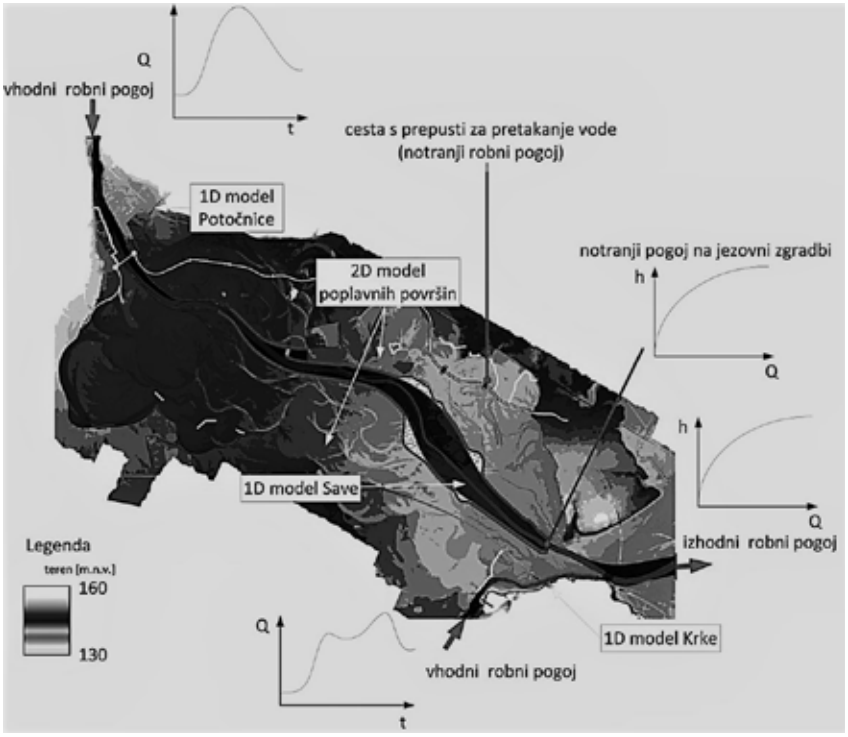
2. Hidravlični model

Za simulacije izbranih petih scenarijev je bil narejen nov model z orodjem MIKE FLOOD. V računu se kombinira enodimenzijski (1D) in dvodimenzijski (2D) pristop, in sicer se 1D uporablja za simulacijo toka v glavni strugi, v akumulacijah med energetskimi nasipi in ob pregradah, 2D pa za tok po inundacijah zunaj nasipov. Stik med 1D in 2D modelom je dinamično povezan, tako da 1D+2D model deluje kot celota. Poplavna območja so modelirana s celicami velikosti 20 x 20 m, a kot t.i. polni 2D model, kar pomeni, da je tudi tam upoštevana dejanska dinamika toka in da inundacije niso zgolj neaktivni volumni.

Za zgornje in spodnje robne pogoje so uporabljeni hidrogrami (odvisno od scenarija), poleg njih pa nastopajo še notranji robni pogoji, ki opisujejo delovanje hidromehanske opreme, tj. zapornic na pregradah in visokovodnem razbremenilniku.

Podlaga za izdelavo 2D modela je bil digitalni model terena (DMT, mreža 2x2 m), pridobljen z LIDAR posnetkom terena iz leta 2007, iz katerega so bili izločeni obstoječi objekti (da je bil določen potek terena). Za izdelavo prečnih profilov 1D modela potoka Potočnice so bili uporabljeni LIDAR podatki, obdelani v natančnem DMR (mreža 1x1 m). Za izdelavo 1D modela struge Save in Krke pa so bili uporabljeni podatki o izmerjenih prečnih profilih leta 2007 in 2011 (za analizo obstoječega stanja). Dodatno so bile v model vgrajene vse projektne rešitve posegov in ureditev DPN HE Brežice.

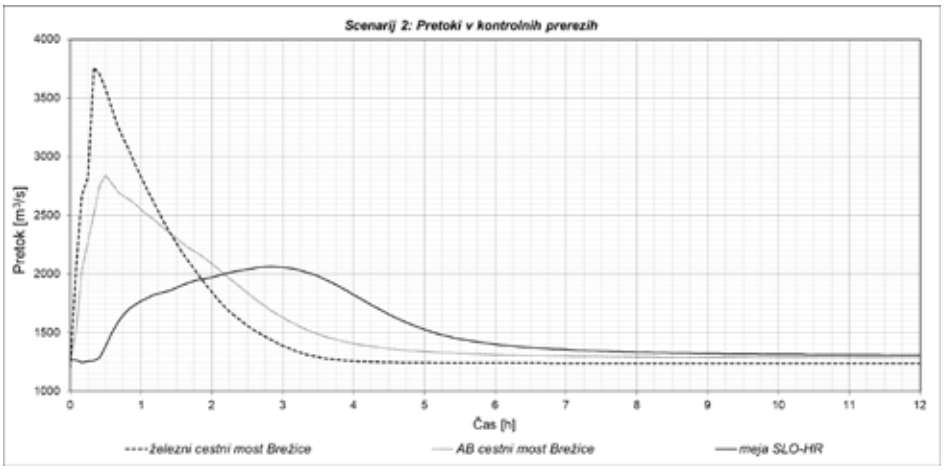
Značilnosti modela območja HE Brežice so prikazane na Sliki 1. Za odsek reke Save med HE Brežice in mejo s Hrvaško je bilo upoštevano trenutno stanje, torej brez HE Mokrice. Robni pogoj obdelav na slovenski strani je bil v prerezu vodomerne postaje Jesenice na Dolenjskem.



Slika 1 Obravnavano območje, vrste hidravličnih modelov in robni pogoji

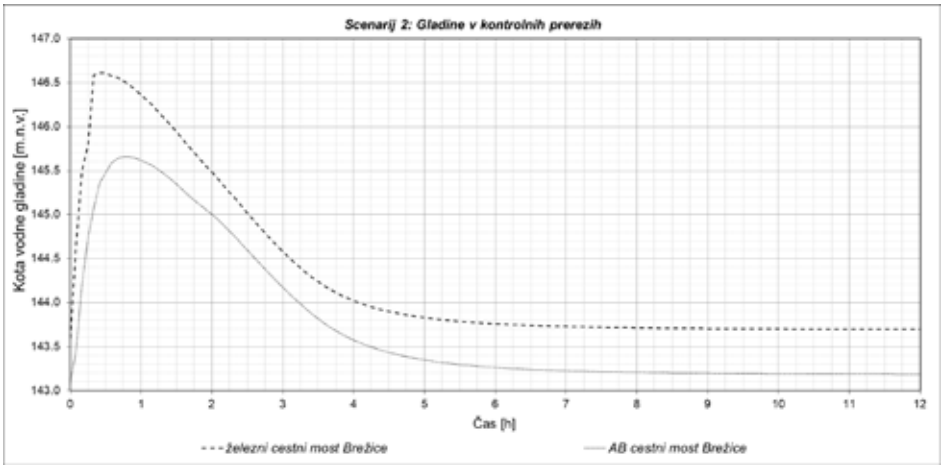
3. Rezultati

Kot primer so v nadaljevanju predstavljeni rezultati za scenarij št. 2 (glej tč. 1.1), pri katerem je vhodni hidrogram podan za lokacijo tik dolvodno od HE Brežice, njegova konica pa znaša zelo visokih 4100 m^3/s. V rezultatih je poudarek na lokacijah obeh savskih mostov dolvodno od HE Brežice (železni most je cca. 300 m dolvodno od pregrade, betonski most pa še dodatnih 1000 m dolvodno) in na lokaciji državne meje. Rezultati so podani na slikah 2, 3 in 4.



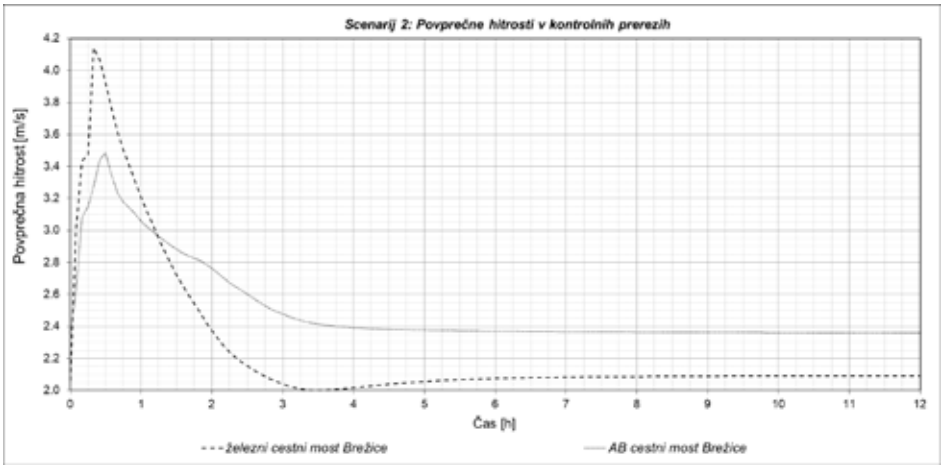
Slika 2 Rezultati za scenarij 2 – pretoki

Iz slike 2 je razvidno, da je zaradi izrednega odpiranja zapornic konica hidrograma na gorvodnem delu modela (tj. pri železnem mostu) zelo visoka in znaša Q = 3761 m^3/s. Vendar se val zaradi ozke oblike dolvodno hitro splošči, tako da se do mejnega profila konica vala praktično prepolovi na pretok Q = 2062 m^3/s, ki je dosežen približno tri ure po izrednem dogodku na HE Brežice. Vodna masa nad pretočno sposobnostjo rečne struge se razlije in zadrži na območju Brežiškega polja.



Slika 3 Rezultati za scenarij 2 – globine toka na lokacijah mostov

Iz slike 3 je razvidno, da se takoj po izrednem odpiranju zapornic gladina na lokaciji obeh mostov hitro in izrazito dvigne, po približno šestih urah pa se ustali na bistveno nižjih začetnih vrednostih. Časovno spreminjanje globine bo dragocen vhodni podatek za potresne analize mostnih konstrukcij.



Slika 4 Rezultati za scenarij 2 – hitrosti toka na lokacijah mostov

Iz slike 4 je razvidno, da se takoj po odpiranju zapornic hitrost toka na lokaciji obeh mostov hitro in izrazito poveča, po približno štirih urah pa se ustali na bistveno

nižjih začetnih vrednostih. Časovno spreminjanje globine bo dragocen vhodni podatek za potresne analize mostnih konstrukcij.

4. Zaključki

Prispevek podaja opis hidravličnih študij, ki so bile doslej izvedene v okviru evropskega projekta CROSScade. Na primeru je prikazano, kako so bili z nadgrajenimi hidravličnimi modeli pridobljeni rezultati, na podlagi katerih bodo v nadaljevanju izvedene simulacije ciljnega območja na obeh straneh državne meje.

V nadaljevanju projekta bo narejen polni 2D model odseka od državne meje do Zagreba, na podlagi katerega bodo lahko izvedene analize ogroženosti kritične infrastrukture za različne scenarije, vključno s kaskadnimi zaporedji različnih potresov in poplav.

5. Viri

[1] Steinman, F., Rak, G., Müller, M., Šantl, S., Kvaternik, K., Goršak, D. 2012. Hidravlična analiza odtočnih razmer na območju gradbene jame HE Brežice v posameznih fazah izgradnje.

[2] Steinman, F., Rak, G., Kvaternik, K., Brenčič, M. 2014 Hidravlična analiza stanja faznosti gradnje HE Brežice in analiza končnega stanja prostorsko predvidenih ureditev

[3] Steinman, F., Rak, G. 2016. Dodatni hidravlični izračuni z modelom HHM za izdelavo obratovalnih navodil prelivnih objektov HE Brežice

[4] Rak, G., Steinman, F. 2018. Primerjava hidrogramov odtoka Save na državni meji za stanje naravnega vodotoka in po izgradnji verige HE na Spodnji Savi

[5] Rak, G., Steinman, F. 2018. Obratovanje verige hidroelektrarn na Spodnji Savi pri visokih vodah v primeru izjemnih obratovalnih dogodkov

[6] Rak, G., Širca, A., Brenčič, M., Steinman, F. 2018. Vrednotenje in obvladovanje posledic porušitev pregrad, nasipov in morebitnega nepravilnega obratovanje HE stopenj na spodnji Savi - 2D hidravlični računi in analize

[7] Rak, G., Steinman, F. 2021. Izdelava KPN in KRPN za območje DPN HE Brežice in DPN HE Mokrice

[8] US Army Corps of Engineers, 2018. Sava River Basin Flood Study: HEC-RAS Technical Documentation Report

STRATEŠKI POMEN VODA ZA RAZVOJ SLOVENIJE: KAKŠEN JE PRISPEVEK HIDROELEKTRARN K BLAŽENJU VPLIVOV PODNEBNIH SPREMEMB IN NJIHOV POMEN ZA DRUŽBO PRIHODNOSTI?

BOŠTJAN PIŠOTEK, vodja kompleksnih projektov HESS d.o.o.,
SILVESTER JERŠIČ, vodja tehničnega sektorja HESS, d.o.o.

POVZETEK

Voda v 21. st. postaja vse bolj pomembna strateška dobrina in hkrati nudi priložnost za povezovanje. Možnost njenega zadrževanja je za Slovenijo predvsem privilegij v procesu prilagajanja podnebnim spremembam in krepitvi odpornosti. Poplave in suše so praktično že del našega vsakdanjika. Energetsko-ekonomska kriza opozarja, da je za državo, ki želi biti suverena, nujno, da čim prej okrepi stopnjo samooskrbnosti z električno energijo, hrano in hkrati poskrbi za učinkovito upravljanje vodnih virov. Zato moramo pri upravljanju z vodami rešiti izziv, kako postati dovolj odprti in razumni za vpeljavo potrebnih sprememb, hkrati pa na preudaren in učinkovit način uvajati celovite rešitve, ki bodo zadostile potrebe vseh deležnikov v prostoru in krepile trajnostni razvoj ter odpornost. V članku predstavljamo učinke večnamenskih vodarsko-energetskih strateških projektov državnega pomena, ki z izgradnjo hidroelektrarn urejajo prostor ob rekah in spreminjajo kakovost življenja. Na primeru spodnje Save je predstavljen interdisciplinarni model, uporabljen pri izvedbi projekta, ki izpostavlja pomen odgovorne rabe voda na način, da se dosegajo okoljska in energetska-infrastrukturna odličnost ter socialni in gospodarski razvoj.

Ključne besede:

Družba, energija, habitat, hidroelektrarne, interdisciplinarni model, lokalna skupnost, narava, razvoj okolja, upravljanje vodnih virov.

1. Uvod

Redkokdo bi mogel nasprotovati trditvi, da je učinkovito upravljanje z vodami temeljni pogoj za obstoj in razvoj družbe. Zgodovina človeštva je bila zaznamovana z različnimi okoljsko-družbenimi krizami. Mnoge kulture so jih bile sposobne premagati in jih izkoristiti za svoj napredek, druge pa se jim niso bile sposobne prilagoditi in so zato propadle. Iz kultur, ki so se prilagodile, kot tudi tistih, ki so krizam podlegle, se moramo učiti in ne ponavljati njihovih napak.

Pozornost pritegne primer civilizacije Majev, za katere znanstveniki sklepajo, da je bila suša, ki jih je prizadela dovolj intenzivna, da je povzročila hude družbeno politične pretrese, ki bi pojasnili propad njihove civilizacije. Raziskave (Evans idr.,

2018) kažejo, da so med obdobjem, ko je njihova kultura dosegla višek, med 6. in 8. stoletjem, doživljali hude suše, ki so močno vplivale na njihovo sposobnost kmetovanja, oskrbe s pitno vodo ter posledično na preživetje in stabilnost njihove družbe. Maji niso bili sposobni prenesti suše, ker na njo niso bili pripravljeni, saj s takšnim pojavom še nikoli prej niso imeli izkušnje. Po drugi strani, kot ugotavljata Pišotek in Rajh (2015), so se številne civilizacije zavedale pomena celostnega upravljanja z vodami in so tako postale najbolj razvite družbe z visoko stopnjo blaginje. Njihovi projekti so bili namreč večnamenski in so vključevali interese najširšega kroga deležnikov na obvodnem prostoru, zato so bile te družbe gonilo razvoja in napredka.

2. Uporaba vodnega potenciala v Sloveniji



Slika 1: Medenov mlin v okolici Žužemberka. [10]

Človek že več stoletij nenehno preoblikuje in pregrajuje vodotoke z namenom, da si olajša delo, izboljša kakovost življenja ter da energija vode opravlja fizično delo namesto njega. V slovenskem prostoru se je energija vode v glavnem uporabljala za pogon žag, črpalk in mlinov. Slednji so se pri nas pričeli pojavljati v 9. st. (Kos, 1906) in so postali množični v 12. in 13. st. (Bogataj, 1982), ob koncu 19. stoletja pa jih je delovalo že okoli 1700. Reki Krka in Kolpa sta polni ostankov takšnih jezov. Pred več kot 100 leti so se začele graditi prve hidroelektrarne (HE) na Dravi. Na Soči in njenih pritokih so že v obdobju med obema svetovnima vojnama zgradili deset HE in v 80. letih prejšnjega stoletja še HE Solkan. Z obdobjem planskih graditev se je po letu 1945 pospešeno zgradilo tri HE na gorenjskem delu Save in v začetku 90. let še HE Vrhovo. Zelo kmalu po osamosvojitvi je Slovenija smelo pristopila k večnamenskemu projektu izgradnje verige HE na spodnji Savi, ki je trenutno največji projekt obnovljivih virov energije (OVE) v državi. Gre za območje od Zidanega Mostu do državne meje z Republiko Hrvaško, kjer so že zgrajene štiri od petih načrtovanih HE. Z izgradnjo HE Mokrice bo spodnje savska veriga HE zaključena in bo omogočala proizvodnjo 800 GWh, kar predstavlja dobrih 6 % proizvedene električne energije v Republiki Sloveniji. Pri tem se izpusti CO2 zmanjšajo za 820.000 ton letno, kar predstavlja ekvivalent petine vseh izpustov iz Termoelektrarne Šoštanj.

3. Učinki večnamenskih vodarsko energetskih strateških projektov

Vodilo projekta izgradnje spodnje savskih HE je zavedanje, da »vse kar vzamemo iz okolja mu moramo vrniti z nekajkratnim presežkom«. In pri tem pojma »okolje« ne smemo ozko razumeti zgolj kot samo en vodotok ali eno posamezno živalsko vrsto, temveč moramo v obzir vzeti celotno naravo oz. vse gradnike, ki omogočajo življenje na planetu Zemlja – torej tudi ljudi, podnebje, vodo, rastlinstvo, živalstvo, krajino, infrastrukturo, skratka vse, kar obdaja človeka in mu omogoča kvaliteto

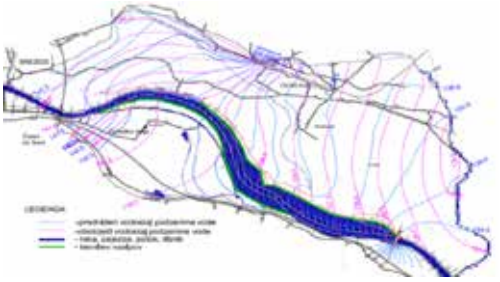
bivanja. Nenazadnje tudi družbeno in gospodarsko okolje. In prav večnamenski projekt HE na spodnji Savi je rezultat takšnih najširših pozitivnih in sinergijskih učinkov, ki se manifestirajo predvsem v izboljšani protipoplavni varnosti, razvoju kmetijstva, turizma in ribištva, športno-rekreacijskih dejavnosti ter lokalne in državne infrastrukture. Projekt pomembno prispeva tudi k udejanjanju trajnostnega razvoja, povečanju deleža obnovljivih virov energije in uresničevanju zavez Republike Slovenije do Evropske Unije v procesu prilagajanja podnebnim spremembam, ohranjanju konkurenčnosti ter krepitvi slovenske industrije, zagotavljanju večje zaposlenosti in doprinos k prihodkom v proračun države in občin.

V sklopu vodarsko-energetskih rešitev spodnje Save se je posebna pozornost namenila predvsem naravovarstvenim ureditvam, katerih rešitve upoštevajo slovensko in mednarodno zakonodajo, najnovejša dognanja in smernice s področja varovanja okolja ter primere dobrih praks. V nadaljevanju na referenčnem primeru HE Mokrice izpostavljamo ključne rešitve (predvsem ukrepe vezane na vode in naravo), ki prikazujejo sinergijske učinke oz. dokazujejo, kako se lahko s HE celovito ureja prostor ob reki in poplavna varnost ter kako se izboljšuje kakovost okolja in življenja.

Podzemne vode

Načrtovane rešitve iz postopka celovite presoje vplivov na okolje (CPVO) so se, na podlagi večletnih meritev ničelnega stanja podzemne in površinske vode, v postopku presoje vplivov na okolje (PVO) ponovno preverile z modelom podzemne vode (matematični model vodonosnikov dobovskega in čateškega polja). Na podlagi modelskih izračunov se je izvedla izboljšava prvotno predvidenih rešitev dreniranja zalednih voda. Med drugim se spremembe odražajo v stabilizaciji gladin podtalnice na zalednih kmetijskih površinah, kar bo ugodneje vplivalo na kmetijsko proizvodnjo. V primeru visokih vod se pričakujejo približno enaki nivoji podtalnice, v primeru srednjih in nizkih vod (sušna obdobja) pa nekoliko višje, kot so sedaj.

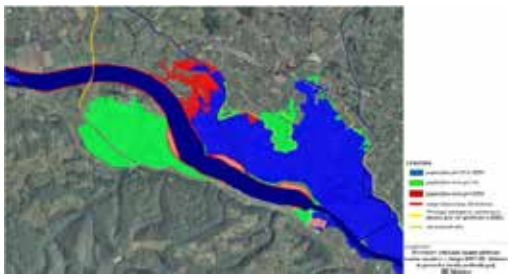
Za potrebe kmetijstva so predvidena tudi črpališča za namakanje kmetijskih površin, kar predstavlja odgovor na potrebe, ki jih prinašajo podnebne spremembe, saj se sušna obdobja daljšajo. Rezultati modela kažejo tudi ugodno stanje nivoja podtalnice na čezmejnem območju, saj predvideni poseg izgradnje in obratovanja HE Mokrice na obmejnem območju med Slovenijo in Hrvaško ne bo znižal podzemne vode pod obstoječe nivoje, temveč ravno obratno. Vpliv pretočne akumulacije (PA) dolv-odno od HE Mokrice se bo poznal predvsem s povečanjem dotokov in razpoložljivih količin podzemne vode črpališča Bregana.



Slika 2: Smer in nivo podzemne vode na čateškem in dobovskem polju po zgrajeni HE Mokrice – po modifikaciji drenaže v postopku PVO. [12]

Površinske vode

Zasnovana rešitev PA HE Mokrice bo omogočala obratovanje, ki bo zagotavljalo, med Slovenijo in Hrvaško, dogovorjeni naravni vodni režim reke Save v mejnem profilu. Načrtovani volumen PA znaša 8,3 milijona m^3 in je skupaj s prelivnim objektom ter retenzijskimi površinami optimiziran za zagotavljanje naravnega odtočnega režima. Te rešitve tako omogočajo, da se oblike in konice poplavnih valov različnih povratnih dob na mejnem profilu ne spreminjajo bistveno v primerjavi z obstoječim stanjem. Za potrebe umeščanja in preveritve posameznih projektnih rešitev se je izdelal hibridno–hidravlični model odtočnih razmer za sedanje in bodoče stanje ter karte razredov poplavnih nevarnosti, ki z vidika upravljanja z vodami izkazujejo primernost rešitev in izboljšanje obstoječega stanja poplavne ogroženosti.



Slika 3: Primerjava obsega poplavljenosti med obstoječim in bodočim stanjem pri ozkem visokovodnem valu s konico Q = 4000 m3/s. S hibridno-hidravličnim modelom in njegovimi novelacijami je dokazano, da se poplavna varnost z izvedbo HE Mokrice bistveno izboljšuje. [17]

Ureditve za ohranjanje dobrega stanja ekosistemov, rastlinstva in živalstva

Ključne ureditve za naravo predstavljajo vzpostavitev šestih mirnih območij, dveh naravnih habitatov, dveh prehodov za vodne organizme, ureditve izlivnega dela Krke, vzpostavitev novih drstišč, suhih travišč, obrečnih gozdov, avtohtonih zasaditev in oživitev mrtvic.

Ureditev izlivnega dela Krke (MO1)

V izlivnem odseku Krke se z nadvišanjem dna in razširitvijo iztočnega profila ohranjajo rečni pretočni režim in hidromorfološke rečne značilnosti Krke (globine in hitrosti vode ter sorazmernosti globin s pretokom). Načrtovane projektne rešitve zajemajo tudi vzpostavitev oz. ohranjanje drstišč, počivališč, skrivališč, tolmunov in kotanjastih poglobitev. Rešitve omogočajo prehodnost vsem ribam oz. vodnim organizmom ob različnih pretokih Krke in v vseh obratovalnih pogojih HE Mokrice, hkrati pa zagotavljajo tudi poplavno varnost Krške vasi in Velikih Malenc (večnamensko urejanje prostora). Uvedena je bila tudi faznost prilagoditev, ki bodo omogočile postopno stabilizacijo modificiranih razmer habitata. V postopku PVO so bile na osnovi raziskav (Hidroinštitut in ZzRS, 2020) zasnovane nove rešitve, ki številnim ribjim vrstam izboljšujejo pogoje za drst in povečujejo njihov habitat.



Slika 4: Prikaz mirnih območij (MO) in naravnih habitatov (NH) in drugih ureditev za naravo. [16]

Dovod vode za oživitev mrtvic MO4

Z namenom zagotavljanja povezljivosti se je že v postopku CPVO v projektne rešitve uvrstil t. i. prehod za vodne organizme (PZVO), ki je sledil zasnovam že delujočega in v praksi potrjenega učinkovitega prehoda ob HE Arto-Blanca. V postopku PVO se je na podlagi smernic za uvedbo ukrepov za zagotavljanje migracij rib (Schmutz in Mielach, 2013) naredil bistven napredek k izboljšanju rešitev povezljivosti. Iz priporočil smernic izhaja, da naj bosta na večjih rekah (širine več kot 100 m) pri gradnji hidroelektrarn izvedena 2 PZVO, in sicer po en prehod na vsaki strani reke.

Skladno s to zahtevo je bil v okviru modifikacije Mirnega območja 4 (MO4) vpeljan dodaten PZVO oz. obvodna struga na levem bregu Save, ki je zasnovana na način, da se z njo uresničujeta dva bistvena cilja, to sta prehodnost za vse prisotne vrste mimo jezovne zgradbe in vzpostavitev pogojev za njihovo drst. Drstišča bodo tako umeščena blizu mesta, kjer ribe vstopijo v prehod, kar je za drstnice v času drsti bistvenega pomena. Predvidena so kamnita drstišča, s pogoji, ki ustrezajo litofilnim drstnicam. Definirane so štiri vrste struktur, ki predstavljajo različne habitate: vhodna drča, drstišča, prehodi in tolmuni. Ribe, ki bodo prepotovale celotno obvodno strugo, bodo pot lahko nadaljevale po PA navzgor in lahko dostopale tudi do Krke. Projektna rešitev poleg vzpostavitve dodatne obvodne struge sočasno rešuje tudi oživitev mrtvic.

Druge pomembne ureditve za naravo

Med ostale pomembne ureditve za naravo, ki so načrtovane s projektom, lahko uvrstimo obrečne gozdove s plitvinami (MO2 in MO3), oživitev suhega rokava stare Gabernice (MO5), ureditve prilipske mrtvice (MO6) ter ureditev suhih travnikov (NH1) in prodišč (NH2). Vse naštete ureditve so namenjene ohranjanju značilnega krajinskega vzorca nižinskih poplavnih gozdov ter struktur in elementov obstoječega vodnega habitata. Poleg tega se ohranja minimalno 20 % dolžin brežin PA Save kot naravna in razgibana brežina, pri čemer se obstoječi obvodni habitati, gozd in gozdni robovi ohranjajo v največji možni meri.

Izvedlo se bo še 11 gnezdilnih sten za gnezdenje vodomca, 4 gnezdilne splave za čigre v velikosti 60 m^2, postavilo več kot 100 netopirnic ter eko-celice iz starejših dreves za saproksilne hrošče. Brežine PA se uredijo sonaravno, kar vključuje ozelenitev zgornjega dela z avtohtonim rastjem, zasaditev grmovnic in plezalk na območju kamnitih oblog, mestoma se predvidi sonaravna ekoremediac ijska ureditev brežin, ki vključuje npr. zasaditev obrečnega vrbovja, jesenovja, jelševja, vzpostavitve novih suhih travišč kot habitatov za ptice in metulje. Z dodatnimi zasaditvami se na novo vzpostavlja 45 ha sonaravnih ekoremediacijskih ureditev. Poseg HE Mokrice bo s pripadajočimi okoljskimi ukrepi, ki so bili določeni v okoljski presoji oz. presoji sprejemljivosti, omogočil celovito funkcionalno povezanost območja med Sotlo in Krko ter zagotovil povezanost vseh ribjih populacij (kot npr. blistavec, platnica, upiravec, zvezdogled idr.).

Razvojni učinki HE za družbo, okolje in gospodarstvo iz prakse

Lokalna skupnost prepoznava, da sta umeščanje v prostor in gradnja HE iz projekta v projekt bolj upoštevala obrečni prostor kot kompleksno ekonomsko, socialno in ekološko območje, medtem ko je vključevanje prebivalstva prispevalo k bistvenim omilitvam vplivov na okolje. Poplavna varnost je učinkovito urejena, kakovost vode je višja, rečni in obrečni prostor pa je bistveno bolj varen in uporaben. Prav tako so spodnjesavske HE doprinesle k izboljšanju prometne in komunalne infrasturkture, razvoju kmetijstva, ribištva, turizma, rekreativnih dejavnosti pri čemer so lokalne skupnosti pridobile številne infrastrukturne objekte v splošno korist; ti objekti bi bili brez tega velikega projekta bistveno težje izvedljivi, tako pa bodo še desetletja omogočali boljše pogoje življenja in dela v celotni posavski regiji (Kink idr., 2019).



Slika 5: Sevnica 2010 – učinek protipolavne zaščite z zgrajeno HE, višji pretoki kot leta 1990, QVP Čatež =3700 m3/s. [3] (foto: arhiv HESS)



Slika 6: Sevnica 1990 – pred izgradnjo HE na spodnji Savi, QVP Čatež=3267 m3/s. [3] (foto: arhiv HESS)

Po ugotovitvah Ribiške družine Sevnica zgledno sodelovanje na projektu spodnje savskih HE ohranja ribje vrste (Kink idr., 2019) hkrati pa izpostavljajo prehod za vodne organizme ob HE Arto-Blanca, ki ga v ribiški družini tudi upravljajo, kot referenčni primer in primer dobre prakse. V tem prehodu živi kar 36 ribjih vrst, ki jim je na ta način omogočen prost prehod do drstišč. Rezultati izlovov izkazujejo pestrost vrstnosti in številčnosti ribjih vrst v PA, pri čemer so bile tudi po izgradnji spodnje savskih HE zabeležene vrste, ki so se tam nahajale pred posegi v vodotok. Leta 2022 so tako v PA HE Brežice ob vzorčenju ujeli 3763 osebkov rib, ki so pripadali 24 vrstam, med katerimi so tudi kvalifikacijske vrste Natura 2000, kot so zvezdogled, beloplavuti globoček, keslerjev globoček, navadni globoček, zlata nežica, platnica idr. (Zanella, 2022). Ob izvajanju ihtiološkega monitoringa PA HE Boštanj in PA HE Arto-Blanca v letu 2022 je po biomasi (WPUE) bilo v ulovu največ platnic, klenov, navadnih okunov, mren in rdečeok (Podgornik, 2022). Da platnici ustreza življenjski prostor tudi po izgradnji HE, pričajo raziskave na primerljivi pregradi na reki Dobri (HE Lešće), kjer Mrakovčić (2019) ugotavlja, da je tu količina platnice večja, kot je bila pred izgradnjo HE. Pri tem izpostavlja tudi raziskave preučevanja vpliva izgradnje HE Đerdap na ihtiofauno Donave, ki so potrdile, da izgradnja HE ni vplivala na razširjenost platnice.

Dokazano je, da se z izgradnjo verige HE na spodnji Savi dosegajo bistveno bolj ugodni vplivi na površinske in podzemne vode, predvsem pa se znatno minimalizira finančna škoda zaradi naravnih pojavov poplav in suš, medtem ko se v času gradnje HE in njihovih spremljajočih infrastrukturnih ureditev krepita slovensko gospodarstvo in zaposlenost (Pišotek in Rajh 2015).

4. Interdisciplinarni model umeščanja hidroelektrarn v prostor

Dejstvo je, da je poseg hidroelektrarn velik poseg v prostor s specifičnimi vplivi in ukrepi za njihovo zmanjšanje, ki jim je v postopkih umeščanja v prostor posvečena prav posebna pozornost. Zahtevnost se odraža tako v časovnem trajanju (op. p. v primeru HE Mokrice že več kot 15 let) kot številčnosti deležnikov na projektu, pri čemer so bile v izoblikovanje rešitev vključene številne strokovne institucije, inštituti, zavodi, fakultete in nevladne organizacije. Sodelovali so uveljavljeni domači in tuji strokovnjaki, ki so s svojim znanjem in strokovnostjo pripomogli k uresničevanju tega obsežnega projekta, ki uspešnost nujno pogojuje z usklajenim in interdisciplinarnim sodelovanjem najrazličnejših strok (biologije, ihtiologije, kemije, hidrotehnike, specialnih znanj s področja presoje okolja in narave, inženirstva, pravnega področja, itd.).

Ključno pri modelu načrtovanja in umestitve zahtevnih posegov v prostor je, da projektna pobuda izhaja iz razvojne strategije države, kot v primeru večnamenskega projekta izgradnje verige HE na spodnji Savi. Da je projekt izjemnega strateškega pomena za Slovenijo dokazuje dejstvo, da je državni zbor leta 2000 z zakonom ZPKEPS uzakonil izgradnjo petih HE na spodnji Savi. Kot so zapisali predlagatelji zakona (Avšič idr., 2000) v svojih obrazložitvah, takšen koncept spodnje savske verige učinkovito uresničuje zahteve po zagotovitvi poplavne varnosti na tem območju in predstavlja najmanjši možni vpliv na okolje, sočasno trajno ureja prostor ob Savi in zagotavlja pokrivanje potreb po vršni energiji, ki jo v slovenskem elektroenergetskem sistemu (EES) primanjkuje.

Interdisciplinarni model temelji na dejstvu, da projekt ni enoznačno omejen, ampak je večnamensko in ciljno usmerjen proces, katerega rezultati izpolnjujejo več zadanih strategij države in lokalnih skupnosti (podnebno energetsko strategijo, strategijo prostorskega razvoja, upravljanje voda, kmetijstva, turizma, športa, prometa idr.). Uskladitvi projekta s strategijami in določitvijo namenskih ciljev projekta sledi priprava strokovnih podlag, študij, projektne, prostorske in okoljske dokumentacije, pridobivanje pogojev nosilcev urejanja prostora in vključitev čim širšega kroga deležnikov ter javnosti v proces pridobivanja dovoljenj in iskanja komplementarnih rešitev. Ključni del modela za uspešno realizacijo tovrstnih projektov je prepoznati cilje deležnikov in jih združiti v namenske cilje, s katerimi se lahko identificirajo vsi deležniki. Pri spodnjesavskih HE je skupni namen vseh deležnikov uresničiti trajnostni razvoj na Savi. Pri tem se zasledujejo cilji prilagajanja klimatskim spremembam, učinkovitega upravljanja z vodami, zagotavljanja protipoplavne varnosti in stabilizacije podtalnice, proizvodnje električne energije iz OVE, ohranjanja ekosistemov, rastlinstva in živalstva, varovanja kmetijskih zemljišč pred vedno pogostejšimi sušami, izboljšanja kakovosti bivanja ter izboljšanja lokalne in državne infrastrukture.

5. Zakaj je za uspešno družbo prihodnosti pomembna učinkovitost virov

Pri odločanju, kako bomo v prihodnosti celovito in trajnostno upravljali z vodami, ne moremo zanemariti privilegija, ki nam ga vodni potencial ponuja za pridobivanje energije. Pomembno merilo, ki definira vplive posamezne tehnologije na okolje, je faktor ERoEI (Energy Returned on Energy Invested), ki predstavlja razmerje med pridobljeno in v njeno pridobivanje vloženo energijo. Kot definira Mihalič (2020), energenti z nizkim EroEI preprosto niso dovolj, da bi družba lahko razvila t. i. višje družbene dejavnosti, zato je smiselno rabiti vire s čim večjim razmerjem. Pri tem izpostavi vodo kot daleč najbolj učinkovit vir za proizvodnjo zelene energije, s faktorjem ERoEI >100:1. Po analizah (IEA, 2021) HE bistveno prispevajo k fleksibilnosti in zanesljivosti EES.

Ob upoštevanju naravnih danosti Slovenije in vseh v članku prikazanih dejstev o učinkih vodarsko-energetske sinergije lahko zaključimo, da imajo tako z vidika upravljanja voda kot tudi z vidika energetske proizvodnje med OVE največji potencial hidroelektrarne. V kolikor si res želimo postati okoljsko odgovorna, samozadostna in dolgoročno vzdržna družba, moramo zato v Sloveniji čim hitreje izvesti vse projekte večnamenskih hidroelektrarn.

6. O avtorjih

Boštjan Pišotek, mag. inž. Str. Je diplomiral na Univerzi v Mariboru iz energetskega, procesnega in okoljskega strojništva. Zaključil je program Managerial & Organization & Entrepreneurship na University of Glasgow, MBA na London School of Economics and Political Science ter program Executive Leadership na University of Oxfordu. Zaposlen je v podjetju HESS kot vodja kompleksnih projektov, odgovoren za naložbene in razvojne projekte. Kot predstavnik naročnika projekta je aktivno sodeloval pri gradnji večnamenskega projekta hidroelektrarne (HE) Brežice. Trenutno vodi projekt HE Mokrice, ki je zadnji del večnamenskega projekta izgradnje verige HE na spodnji Savi. Je aktiven član in delegat Slovenskega združenja za projektni management v mednarodnem združenju za projektni management (IPMA). Bil je eden od ustanoviteljev sekcije mladih projektnih managerjev, ki jo je tudi vrsto let vodil, in deloval v projektnih skupinah, ki so razvijale nove tehnične rešitve za podjetji BSH GmbH in Gorenje.

Silvester Jeršič, mag. gosp. inž. zaključil študij elektrotehnike – energetike in gospodarskega inženiringa. Tekom kariere se je udeleževal tečajev, delavnic in drugih oblikah usposabljanja za izpopolnjevanje znanja in veščin s področja elektrotehnike, sistemov vodenja kakovosti in ravnanja z okoljem po standardu ISO, poslovanja in vodenja projektov. Več kot 35-letna poslovna pot v sektorju proizvodnje električne energije se je začela v Termoelektrarni Brestanica na področju elektro vzdrževanja, nato vodenja področij vzdrževanja, kakovosti in okolja, sodelovanja pri večjih projektih vzdrževanja (podaljšanje življenjske dobe parnih enot moči 26 MW, nadgradnja plinskih enot moči 69 MW na plinsko gorivo) in vodenja projekta postavitve plinskih turbin moči po 114 MW ter njihovega simulatorja. Sledila je

vključitev v večnamenski strateški državni projekt izgradnje petih novih HE skupne moči 180 MW in pripadajoče vodne, državne in lokalne infrastrukture na Spodnji Savi. Ustanovljena je bila družba HESS, d.o.o. za nadaljnji razvoj in dokončanje projekta, Jeršič pa je postal tehnični vodja in direktor projekta za energetski del. Trenutno je direktor projekta za tri nove HE na srednji Savi moči 101 MW.

7. Viri

[1] Avšič Jože, Janc Branko, Anderlič Tone. Poročilo k predlogu zakona o pogojih koncesije za izkoriščanje energetskega potenciala spodnje Save (ZPKEPS). Odbor za infrastrukturo in okolje. Maj 2000.

[2] Kink Barbara, Rožman Nuša, Kvaternik Krešimir, Hribar Andraž, Žigante Peter, Oršanič H. Teo. Spodnja Sava - vzor načrtovanja in urejanja. The lower Sava River, an emblem pf planning and landscaping. INFRA. Zbornik. 2019

[3] Kobold Mira. Primerljivost poplave septembra 2010 z zabeleženimi zgodovinskimi poplavnimi dogodki. UJMA. Številka 25. 2011. Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje Ministrstva za obrambo. Pridobljeno: 17. 8. 2023. https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/URSZR/Publikacija/Ujma/2011/048-056-vsebina-za-tisk.pdf

[4] Mihalič Rafael. Energetika za vsakogar in za vse ostale. Tehniška založba Slovenije. 2020.

[5] Mrakovčić Milorad. Hidroelektrarna Mokrice, najpomembnejše lastnosti vpliva na ciljno vrsto Rutilus virgo. Strokovno mnenje. Julij 2019.

[6] Nicholas P. Evans, Thomas K. Bauska, Fernando Gázquez-Sánchez, Mark Brenner, Jason H. Curtis, David A. Hodell. Quantification of drought during the collapse of the classic Maya civilization. SCIENCE. 2018. Pridobljeno 27. 7. 2023. DOI: 10.1126/science.aas9871

[7] Pišotek Boštjan, Rajh Anrej. Hidroelektrarne kot pomemben vodnogospodarski projekt, multiplikativni učinki izgradnje. 26. Mišičevi vodarski dnevi 2015. Zbornik referatov str. 129-136. Pridobljeno 25. 8. 2023. http://www.mvd20.com/LETO2015/R25.pdf

[8] Podgornik Samo. Ihtiološki monitoring v pretočnih akumulacijah HE Boštanj in HE Arto – Blanca v letu 2022. NEPO. Končno poročilo. November 2022.

[9] Rodič Primož, Mlačnik Jurij, Prešeren Tanja. Hidravlična modelna raziskava izlivnega odseka Krke. Hidroinštitut. Poročilo. Februar 2020.

[10] Slovenski etnografski muzej. Pridobljeno 23. 8. 2023. https://www.etno-muzej.si/sl/digitalne-zbirke/zuzemberk/f0000014273

[11] Stefan Schmutz, Carina Mielach. Measures for ensuring fish migration at transversal structures. ICPDR. Technical paper. 2013. Pridobljeno 17. 8. 2023. https://www.icpdr.org/flowpaper/app/#page=1

[12] Supovec Ivan, Petauer Darko, Vižentin Goran, Hiti Tadej. Simulacije vpliva HE Mokrice na nivoje podzemne vode. HGEM, GEORAZ. Končno poročilo. Maj 2015.

[13] Zabric Daša, Kodela Tjaša. Skladnost rezultatov hidravlične modelne raziskave (HMR) na fizičnem in matematičnem hidravličnem modelu z ihtiološkimi smernicami za ureditev izlivnega dela Krke v okviru ureditev za HE Mokrice. ZzRS. Poročilo o ugotovitvah in strokovno mnenje. Marec 2020.

[14] Zanella Davor, Ćaleta Marko, Mustafić Perica, Marčić Zoran. Elektro-izlov in monitoring zaradi nizkega vodostaja Save. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet. Raziskava. Julij 2022.

[15] Hydropower Special Market Report Analysis and forecast to 2030. IEA. Julij 2021. Pridobljeno 21. 8. 2023. https://iea.blob.core.windows.net/assets/4d2d4365-08c6-4171-9ea2-8549fabd1c8d/HydropowerSpecialMarketReport_corr.pdf

[16] Idejne tehnične zasnove in določitev omilitvenih ukrepov za vzpostavitev nadomestnih habitatov in mirnih območij za HE Mokrice. HSE Invest & Boson. Junij 2017.

[17] Preveritev odtočnih razmer glede na končne ureditve v sklopu DPN HE Mokrice in preverba števila prelivnih polj HE Mokrice. Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo & IBE. December 2014.

[18] Kos Franc. Gradivo za zgodovino Slovencev v srednjem veku. Druga knjiga. 1906.

[19] Bogataj Janez. Mlinarji in žagarji v dolini zgornje Krke. 1982.

EVROPA IN NJEN POGLED NA VLOGO IN POMEN HIDROENERGIJE

KARINA MEDVED BREGAR, Samostojni svetovalec za energetske politike in EU zadeve ter podpredsednica delovne skupine za hidroenergijo Euroelectric

Holding Slovenske elektrarne d.o.o.

POVZETEK

V luči doseganja ambicioznih podnebnih ciljev 55 % zmanjšanja emisij toplogrednih plinov do 2030 ter doseganja podnebne nevtralnosti EU do 2050 bo po ocenah Evropske komisije za doseganje EU cilja 35 % deleža obnovljivih virov energije (OVE) kar 63-67 % proizvodnje električne energije moralo temeljiti na OVE, med katerimi se na ravni EU predvideva zvišanje proizvodnje iz hidroelektrarn za dodatnih 33 TWh in kapacitet črpalnih hidroelektrarn za dodatnih 18-20 GW. Nedavno sprejeta prenovljena OVE direktiva pa cilje EU na področju deleža OVE še zvišuje (na 42,5 % do 2030), zato bo vloga vodne energije kot domačega obnovljivega vira ključnega pomena pri doseganju ciljev zelenega prehoda, ki je zaradi velike odvisnosti od ruskega plina in za dolgoročno zagotovitev zanesljive in konkurenčne energetske oskrbe postal še bolj nujen.

Pri odpravi ovir pri umeščanju OVE projektov v prostor, vključno s hidroelektrarnami, je bistvenega pomena, da se v okviru akcijskega načrta REPowerEU in nove OVE direktive uvaja določilo, da se za naprave za proizvodnjo energije iz obnovljivih virov pri tehtanju pravnih interesov v posameznem primeru domneva, da so v prevladujočem javnem interesu.

Hkrati pa evropski zeleni dogovor zajema tudi cilje v okviru Strategije o biotski raznovrstnosti EU do 2030 in večje napore na področju ohranjanja biodiverzitete, tudi na vodnih ekosistemih, vendar je pri tem pomemben konsistenten in usklajen pristop k uresničevanju ciljev s področja biodiverzitete ter ambicioznih podnebnih in energetskih ciljev. Številni primeri v državah članicah EU namreč kažejo, da lahko hidroelektrarne prispevajo k omilitvi negativnih vplivov na ekosisteme, obstajajo pa tudi primeri, ko so se bogati ekosistemi razvili ravno na območju obstoječih oz. novih hidroenergetskih objektov, celo za ogrožene vrste.

Zato je pri doseganju EU cilja 25.000 km prosto tekočih rek do 2030 tudi v okviru predloga Uredbe obnovi narave, ki je v postopku sprejemanja na EU ravni, ključno, da se ukrep odstranjevanja zastarelih pregrad nanaša le na pregrade, ki ne služijo več osnovnemu namenu, med drugim proizvodnji električne energije, ter da to v nobenem primeru ne ogroža delovanja obstoječih in gradnje načrtovanih hidroelektrarn.

Ključne besede:

Zeleni prehod, OVE, REPowerEU

1. Pomen vloge hidroenergije kot obnovljivega vira energije pri zelenem prehodu EU

Direktiva o obnovljivih virih energije [1] v 2. členu definira energijo iz obnovljivih virov (OVE), med katere sodi tudi vodna energija. EU si je v okviru zakonodajnega paketa Fit for 55 [2], ki temelji na dolgoročnem cilju doseganja podnebne nevtralnosti EU do 2050, in akcijskega načrta REpowerEU [3], zastavila ambiciozen cilj doseči 42,5 % deleža OVE v bruto končni rabi energije do leta 2030, s prizadevanjem za dosego 45 % cilja. Evropska komisija namreč v luči energetske krize poudarja, da je treba drastično pospešiti prehod v čisto energijo in s tem povečati energetsko samozadostnost Evrope. Za dolgoročno zagotovitev zanesljive in konkurenčne energetske oskrbe EU so ključni tudi ukrepi za pospešitev rabe OVE. To pomeni, da bo treba izkoristiti ves razpoložljivi potencial, ki ga imajo države članice na voljo za proizvodnjo električne energije iz OVE, vključno s proizvodnjo električne energije iz hidroelektrarn, ki poleg proizvodnje električne energije iz OVE nudi tudi prepotrebne kapacitete za zagotavljanje stabilnosti elektroenergetskega sistema v luči vedno večjega deleža nestanovitnih OVE v energetski mešanici. Po ocenah Evropske komisije bo za doseganje EU cilja 35 % deleža OVE kar 63-67 % proizvodnje električne energije moralo temeljiti na OVE, med katerimi se na ravni EU predvideva zvišanje proizvodnje iz hidroelektrarn za 10 % (dodatnih 33 TWh) in kapacitet črpalnih hidroelektrarn za 40 % (dodatnih 18-20 GW). Z višjim ciljem v prenovljeni OVE direktivi bodo potrebe po izkoriščanju domačih razpoložljivih OVE virov, vključno z vodnimi, še narasle.

Hkrati pa po analizah Eurelectric [4] obstaja investicijska vrzel glede na obstoječe Nacionalne energetske in podnebne načrte (NEPN) držav članic, in sicer 29 % v proizvodnji električne energije iz hidroelektrarn ter 40 % v inštaliranih kapacitetah. Države članice so trenutno v procesu prenove NEPN, ki morajo biti Evropski komisiji posredovani do junija 2024. Poročilo VGBE [5] tudi kaže, da je v EU še precej tehnološko neizkoriščenega hidro potenciala (v EU 652 TWh na leto, brez črpalnih hidroelektrarn) [6].

Novi projekti na področju proizvodnje električne energije iz OVE, med drugim tudi hidroenergije, so tako ključni za doseganje nacionalnih in EU ciljev na področju OVE in ciljev doseganja podnebne nevtralnosti do 2050, hkrati bodo prispevali k razogljičenju elektroenergetskega sektorja, povečanju samozadostnosti ter zanesljivosti oskrbe. Hidroelektrarne so ključne pri zelenem prehodu, saj gre za čisto in fleksibilno OVE tehnologijo (v EU predstavljajo kar 40 % vseh OVE), ki bistveno prispeva k zagotavljanju stabilnosti elektroenergetskega sistema, njeno prilagodljivo delovanje in zmogljivost shranjevanja namreč omogočata integracijo proizvodnje nestanovitne energije vetrnih in sončnih elektrarn kot tudi sistemske storitve. Črpalne hidroeketrarne (ČHE) pa še vedno predstavljajo največjo razpoložljivo tehnologijo shranjevanja energije (v EU več kot 90 % kapacitet hranilnikov predstavljajo ČHE) [7].

Poročilo JRC [8] priznava, da ima hidroenergija, vključno s črpalno akumulacijsko hidroelektrarno, ključno vlogo pri dolgoročni razogljičenju in prispeva k doseganju

ciljev glede obnovljive energije, določenih v direktivi o obnovljivi energiji in akcijskem načrtu REPowerEU. Tudi v okviru taksonomije [9] je EU izkoriščanje hidroenergije oz. hidroelektrarne prepoznala kot trajnostno tehnologijo oz. tehnologijo, ki prispeva k blaženju in prilagajanju na podnebne spremembe, kar ponuja podlago za nove investicije, ki morajo upoštevati določene tehnične pogoje, da se klasificirajo kot trajnostne. Pri tem velja tudi poudariti, da hidroenergija kaže najnižje emisije toplogrednih plinov v svojem življenjskem ciklu v primerjavi z ostalimi tehnologijami OVE.

Kljub kompleksnosti sektorja in njegovim izzivom je inštalirana zmogljivost v Evropi 254 GW z letno proizvodnjo energije 620 TWh (podatek za leto 2021). Evropski rezervoarji hidroelektrarn zagotavljajo skladiščno zmogljivost 220 TWh (85 TWh se nahaja na Norveškem). V EU je trenutna zmogljivost hidroelektrarn 151 GW s povprečno letno proizvodnjo 360 TWh, kar je poleg vetrne energije največji delež iz obnovljivih virov energije. V EU deluje 44 GW črpalnih hidroelektrarn, kar je četrtina svetovne nameščene zmogljivosti teh hranilnikov energije. Tehnologija predstavlja 32 % celotne proizvodnje električne energije iz OVE in 12 % bruto proizvodnje električne energije v EU [10}.

Med ključnimi ovirami za spodbujanje in umeščanje OVE v prostor so tako Evropska komisija kot tudi investitorji in države članice prepoznali dolgotrajne postopke pridobivanja dovoljenj. Zato je bila za spodbujanje postopkov pridobivanja dovoljenj in umeščanja OVE na EU ravni sprejeta tudi zakonodaja [11] za pospešitev uvajanja energije iz obnovljivih virov. Ta uvaja določilo, da se za načrtovanje, gradnjo in obratovanje obratov in naprav za proizvodnjo energije iz obnovljivih virov (med te sodijo tudi hidroelektrarne), njihovo priključitev na omrežje, povezano omrežje ter sredstva za skladiščenje pri tehtanju pravnih interesov v posameznem primeru domneva, da so v prevladujočem javnem interesu ter služijo javnemu zdravju in varnosti. Države članice sicer lahko določene tehnologije iz uporabe tega načela izločijo, vendar je pomembno, da se pri tem upoštevajo tudi strateški cilji na energetskem in podnebnem področju. Enako načelo uvaja tudi v 2023 sprejeta spremenjena OVE direktiva.

Zakonodaja ter drugi strateški dokumenti na EU ravni na energetsko-podnebnem področju tako uvrščajo hidroenergijo med ključne OVE vire in prepoznavajo njeno pomembno vlogo pri zelenem prehodu, hkrati pa se seveda poudarjajo izpolnjevanje obveznosti iz Okvirne vodne direktive ter Habitatne in Ptičje direktive, da se zagotovi sinergija med ohranjanjem narave in biodiverzitete ter doseganjem podnebnih ciljev EU.

2. Hidroenergija in ohranjanje biotske raznovrstnosti

Cilji in ukrepi za doseganje evropskega zelenega dogovora med drugim zajemajo tudi cilje v okviru Strategije o biotski raznovrstnosti EU do 2030 [12]. Evropska komisija, države članice kot tudi sektor energetike se strinjajo, da so potrebni večji napori na področju ohranjanja biodiverzitete, tudi na vodnih ekosistemih, ki je ključna pri prilagajanju na podnebne spremembe. Pri tem pa je bistven konsistenten

pristop k uresničevanju ciljev s področja biodiverzitete ter ambicioznih podnebnih in energetskih ciljev.

Številni primeri [13] v državah članicah EU namreč kažejo, da hidroelektrarne lahko prispevajo k omilitvi negativnih vplivov na nekatere vodne in obvodne ekosisteme. Obstajajo tudi primeri, ko so se pomembni ekosistemi, ki predstavljajo nadomestne habitate za mnoge celo ogrožene živalske in rastlinske vrste, razvili ravno na območju obstoječih oz. novih hidroenergetskih objektov. Primer so jezera, ki predstavljajo nekatera evropsko zaščitena območja oz. območja NATURA 2000, ki so nastala ravno zaradi hidroelektrarn(primer hidroelektrarn na reki Isere v Franciji in reke Drave v Sloveniji, katerih akumulacije vode predstavljajo pomemben habitat za ptice). Hkrati pa sektor proizvajalcev električne energije iz hidroelektrarn investira v nove, tehnično ustrezne omilitvene ukrepe povsod, kjer je to ekonomsko in geografsko izvedljivo, skladno z veljavno okoljsko zakonodajo na tem področju (primer patentirane inovativne ribje steze prav tako na reiki Isere, Beauvoir HE, ki zajema plavajočo napravo za zajem in premesitev rib iz spodnjega v zgorji tok [14]).

V procesu sprejemanja na EU ravni je tudi Uredba o obnovi narave [15], ki naj bi prispevala k uresničevanju ciljev iz Strategije o biotski raznovrstnosti 2030. Poleg cilja vzpostaviti 30 % zaščitenih območjih na kopnem in 30 % na morju je tudi obnova 25.000 km rek v prosto tekoče reke. Evropska komisija pa že v predlogu zakonodaje o obnovi narave prepoznava vlogo in pomen hidroenergije, saj se ukrep odstranjevanja zastarelih pregrad, ki ga bodo morale države članice izvajati, nanaša na pregrade, ki ne služijo več svojemu osnovnemu namenu, med drugim proizvodnji električne energije, ter da to v nobenem primeru ne ogroža delovanja obstoječih in gradnje načrtovanih hidroelektrarn in s tem prispevanja k doseganju nacioalnih in EU ciljev na področju deleža OVE. Manj kot 10 % vseh pregrad na evropskih rekah namreč predstavljajo hidroelektrarne. Podobne rezultate daje ocena drugih evropskih načrtov upravljanja voda, iz katere izhaja, da je 34 % rek v EU prizadetih zaradi hidromorfoloških sprememb, vendar jih je le približno 6 % prizadetih zaradi hidroelektrarn [16].

Načrt obnove narave, ki ga bodo države članice morale pripraviti, ko bo omenjena zakonodaja sprejeta, bo moral vsebovati tudi popis vseh pregrad in zastarelih pregrad. Pri tem pa je pomembno, da države upoštevajo tudi Smernice [17] Evropske komisije o odstranjevanju zastarelih pregrad, ki jih je Komisija objavila novembra 2021. Iz njih izhaja, da se ukrepi odstranjevanja rečnih pregrad nanašajo le na t. i. »obsolete barriers« (»zastarele ovire/pregrade«), ki ne izpolnjujejo več svoje osnovne funkcije in zato niso več potrebne. Gre torej za elektrarne, ki niso več uporabne za proizvodnjo električne energije, oskrbo z vodo ali protipoplavno zaščito ali poškodovane jezove, ki morda tudi zaradi sprememb v geomorfološki strukturi reke niso več potrebni. Ocena (držav članic), ali je določena elektrarna/pregrada zastarela, pa bo morala biti izvedena na podlagi »case-by-case« pristopa in upoštevati specifične namene ter lokalne in regionalne posebnosti. Bistveno je, da so vodna telesa, ki so v skladu z izvajanjem Okvirne vodne direktive določena kot močno preoblikovana (HMVB), izvzeta iz obveznosti glede odstranjevanja pregrad, izvajati pa morajo določene omilitvene ukrepe za obnovo rečne kontinuitete (kot

so npr. ribje steze), kar sektor izvaja v okviru koncesijskih pogodb in vodnih dovoljenj v skladu z nacionalno in evropsko okoljsko zakonodajo. Države članice morajo pripraviti prioritizacijo pregrad za odstranitev z namenom doseganja rečne kontinuitete v čim večji meri, a morajo pri tem upoštevati pomembno obstoječo rabo rečnega bazena, vključno s proizvodnjo električne energije.

3. Zaključek

Hidroenergija je kot pomemben obnovljiv vir energije, ki prispeva k zagotavljanu zanesljivosti oskrbe, prepoznana na EU ravni tako v okviru zakonodaje kot strateških usmeritev. Na državah članicah je, da v svojih nacionalnih politikah, strategijah in usmeritvah na energetskem in podnebnem področju poiščejo ravnotežje med ohranjanjem narave in biodiverzitete kot tudi izpolnjevanjem energetskih in podnebnih ciljev EU, pri tem pa izkoristijo domač razpoložljiv potencial OVE, vključno z vodnim, na čim bolj okoljsko sprejemljiv in ekonomsko upravičljiv način.

4. Viri

[1] Direktiva 2018/2001 o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov, 11. 12. 2018 (OVE direktiva).

[2] Delivering the European Green Deal, Evropski zeleni dogovor, 14. 7. 2021.

[3] Sporočilo Komisije COM(2022) 230, Načrt REPowerEU, 18. 5. 2022.

[4] Hydropower Fit for 55, Eurelectric, How the European powerhouse can help deliver EU climate targets, 2021.

[5] VGBE, Hydropower in Europe: Facts and Figures, 2023.

[6] Hydropower & Dams World Atlas, 2022: Technically feasible hydropower potential – izključuje črpalne hidroelektrarne.

[7] Hydropower Fact sheets, Eurelectric, Maj 2018.

[8] Hydropower and pumped hydropower storage in the European Union, JRC, 2022.

[9] Delegirana Uredba Komisije (EU) 2021/2139, 4. 6. 2021.

[10] Evropska komisija, Hydropower, dostopno na https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/hydropower_en, 4. 9. 2023.

[11] Uredba Sveta (EU) 2022/2577 z dne 22. decembra 2022 o okviru za pospešitev uvajanja energije iz obnovljivih virov.

[12] Sporočilo Komisije COM(2020) 380, Strategija EU za biotsko raznovrstnost do leta 2030, 20. 5. 2020.

[13] Eurelectric, Power Plant Project, 2022, PowerPlant - Eurelectric.

[14] Eurelectric, Power Plant case Studies, EDF, The Hydroelectric Powerplants on the Isere – A habitat for birds, 2022.

[15] Predlog Uredbe Evropskega parlamenta in Sveta o obnovi narave, COM(2022) 304, 22. 6. 2022.

[16] EU power sector calls to avoid restrictions and constraints to renewable electricity generation in the Nature restoration regulation, 9. 5. 2023

[17] Guidance on barrier removal for River restoration, European Commisison, december 2021.

infra



Infra d.o.o., javno podjetje, ki vodi investicije spremljajoče infrastrukture ob gradnji verige HE na spodnji Savi, vključno z izvedbo protipoplavnih ukrepov in skrbi za življenje ob vodi in v vodi.







INFRA d.o.o., Ulica 11. novembra 34, 8273 Leskovec pri Krškem
www.infra.si, Telefon: 07/81 63 800

- NAČRTOVANJE
- IZVAJANJE
- VZDRŽEVANJE

vodnih objektov
komunalne hidrotehnike
objektov varstva okolja

www.vgp-drava.si

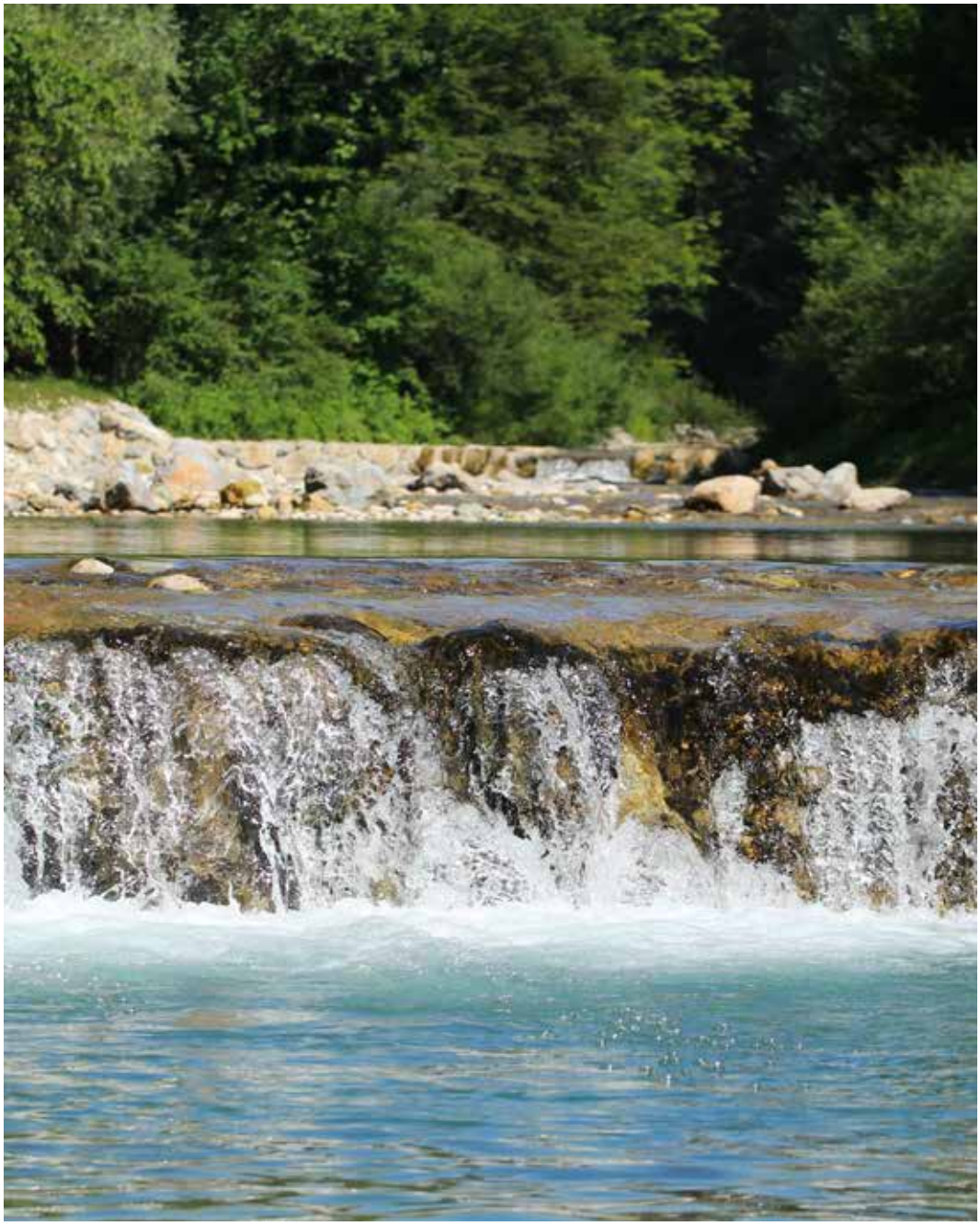
DRAVA

VODNOGOSPODARSKO PODJETJE PTUJ, d.o.o.

Glej zeleno
Delaj modro

Ptuj | Ravne na Koroškem | Ilirska Bistrica | Koper
Slovenija | Hrvaška | Srbija | Črna gora

Žnidaričevo nabrežje 11, 2250 Ptuj
E-mail: info@vgp-drava.si
Telefon: 02 787 50 00



Hidrotehnik
Vodnogospodarsko podjetje d.o.o.

KJER JE ZNANJE O VODAH DOMA.





NIVO EKO, d.o.o.

Ulica XIV. divizije 10, SI-3000 Celje

Kontakt: +386 3 42 24 109 ali info@nivoeko.si



Javni holding Ljubljana

Energetika Ljubljana · Voka Snaga · LPP

POMGRAD

VODNOGOSPODARSKO PODJETJE



TC VODE

TEMATSKI CENTER ZA RAZISKAVE, ŠTUDIJE
IN RAZVOJ PROJEKTOV NA VODAH, D.O.O.

HNG

Hidrotehnika, nizke in
komunalne gradnje, d.o.o.

EHO
PROJEKT

VODNOGOSPODARSKI
BIRO MARIBOR d.o.o.

Tempos
okoljsko gradbeništvo

INŽENIRSKA ZBORNICA SLOVENIJE
JARŠKA CESTA 10B
1000 LJUBLJANA
SLOVENIJA

USTVARJAMO TRAJNOSTNO PRIHODNOST

ZELENO. VARNO. DIGITALNO.

