



Ocena količinskega stanja podzemnih voda za Načrt upravljanja voda 2022–2027 (NUV III)

Groundwater quantitative status assessment for River Basin Management Plan 2022–2027 (RBMP III)

Petra SOUVENT¹, Urška PAVLIČ¹, Mišo ANDJELOV¹, Nina RMAN² & Peter FRANTAR¹

¹Agencija Republike Slovenije za okolje, Vojkova 1b, SI–1000 Ljubljana, Slovenija;
e-mail: petra.souvent@gov.si, urska.pavlic@gov.si, miso.andjelov@gov.si, peter.frantar@gov.si

²Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, SI–1000 Ljubljana, Slovenija; e-mail: nina.rman@geo-zs.si

Prejeto / Received 6. 9. 2023; Sprejeto / Accepted 15. 12. 2023; Objavljeno na spletu / Published online 21. 12. 2023

Ključne besede: podzemna voda, vodno telo, preizkus količinskega stanja, vodna bilanca, ekosistemi, odvzemi

Key words: Groundwater, water body, quantitative status test, water balance, ecosystems, abstractions

Izvleček

Ocena količinskega stanja podzemnih voda je del Načrta upravljanja voda 2022–2027 (NUV III). Z njo po določenih kriterijih ovrednotimo količinsko stanje na 21 vodnih telesih podzemnih voda v Sloveniji kot »dobro« ali »slabo«. Ocena je izvedena s štirimi preizkusi, kjer analiziramo vpliv odvzemov (črpanih količin) podzemne vode na: količine 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. Končno skupno oceno, na podlagi opravljenih preizkusov, določa kriterij najslabše ocene. Na podlagi rezultatov izvedenih preizkusov imamo 20 vodnih teles ocenjenih s skupno oceno »dobro«. Vodno telo Dravska kotlina pa je ocenjeno kot »slabo«, ker črpanje podzemne vode povzroča vdore vode slabše kakovosti v vodonosnik. Zadnja obdobjna ocena količinskega stanja 1991–2020 razkriva, da imamo v plitvih vodonosnikih podzemnih vodnih teles letno na razpolago dobrih 4 milijarde m³ podzemne vode. Odvzemi podzemne vode (črpane količine) so v obdobju 2014–2019 v plitvih vodonosnikih dosegali povprečno 135 milijonov m³/leto. Na območju globokega geotermalnega vodonosnika v Murski kotlini so odvzemi v tem obdobju ocenjeni na 2,5 milijona m³/leto. Numerični modeli simulirajo omejeno napajanje, ki se kaže kot izcejanje iz okoliških kamnin v geotermalni vodonosnik v višini približno 2,3 milijona m³ termalne vode na leto.

Abstract

The Groundwater quantitative status assessment is part of River Basin Management Plan 2022–2027 (RBMP III) and is used to evaluate, according to certain criteria, the 21 groundwater bodies (GWBs) in Slovenia. GWB can achieve good or poor quantitative status. The assessment is carried out with four tests, where the impact of groundwater abstraction (pumped quantities) on: groundwater quantity and water balance, the ecological status of associated surface water bodies, groundwater dependent terrestrial ecosystems and the intrusion of saline or poor water quality into the aquifer is analyzed. The final overall assessment of each groundwater body, based on the completed tests, is determined by the criterion of the worst test assessment. Based on the results of the tests, within the assessment period, 20 GWBs in Slovenia achieved good quantitative status. GWB Dravska kotlina achieved poor quantitative status, because the pumping of groundwater causes poor quality water intrusions into the deeper aquifer of that groundwater body. Within the last assessment period 1991–2020, approx. 4 billion m³ of groundwater was available annually in shallow aquifers within groundwater bodies. Groundwater abstraction (pumper quantities) in the period 2014–2019 reached an average of 135 million m³. In the area of deep geothermal aquifers of the Mura basin, abstractions were estimated to sum up to 2.5 million m³ per year. Latest numerical simulations point out induced aquifer recharge of approx. 2.3 million m³ of thermal water.

Uvod

V Sloveniji so količine podzemne vode v prejšnjem stoletju ocenjevali po principih klasifikacije in kategorizacije zalog mineralnih surovin (Andjelov et al., 2016a). Na prehodu v novo tisoč-

letje je okvirna direktiva o vodah, glavni zakon za zaščito voda v evropskem prostoru, postavila nova zakonodajna izhodišča za ocenjevanje količinskega stanja podzemnih voda (Uradni list RS, 2003, 2005, 2009a, 2009b, 2016, 2018). Glavni cilj vodne

direktive je trajnostna raba podzemne vode z zahtevo po dolgoročnem ohranjanju vodnih količin brez povzročanja nesprejemljivih okoljskih in drugih posledic. Vodna direktiva od držav članic zahteva, da uporabljajo načrte upravljanja voda in programe ukrepov za zaščito vodnih teles z namenom, da se doseže dobro stanje voda.

Tretji načrt upravljanja voda v Sloveniji (NUV III) je aktualni načrt upravljanja z vodami za obdobje izvajanja med leti 2022 in 2027. Načrt je strateški dokument države za izvajanje okvirne direktive o vodah (Direktiva, 2000). Izdelan je za obdobje šestih let in predstavlja inštrument za doseganje zaščite, izboljšanja in trajnostne rabe vode oz. vodnega okolja v Evropi. V Sloveniji tako za vsako šestletno obdobje na vodnih telesih preučimo in analiziramo vpliv človekovega delovanja na površinske in podzemne vode in zanje določimo cilje. Del NUV III je tudi ocena količinskega stanja podzemnih voda, ki predstavlja kontinuiteto standardiziranega prikaza ocene ter razvoja metodologije ocene količinskega stanja podzemnih voda predhodnih ciklov ocenjevanja količinskega stanja podzemnih voda od leta 2006 dalje (Andjelov et al., 2006, 2016a, 2021a). Količinsko stanje podzemne vode ocenjujemo z vplivi rabe vode na razpoložljive količine podzemne vode. Razpoložljive količine podzemne vode so opredeljene z razliko med obnovljivo količino podzemne vode, ki predstavlja napajanje vodonosnikov iz padavin in količino podzemne vode, ki je potrebna za ohranjanje ekološkega stanja površinskih voda in kopenskih ekosistemov (Uradni list RS, 2009a, 2012, 2016).

Količinsko stanje podzemnih voda je na podlagi opravljenih preizkusov ocenjeno kot »dobro« ali »slabo« (sl. 1). Preizkus vpliva odvzema podzemne vode na spremembo gladine podzemne vode in vodno bilanco izvedemo na vseh 21-tih vodnih telesih podzemnih voda v Sloveniji. Ostale preizkuse izvedemo le tam, kjer ocenjujemo tveganje, da učinki rabe podzemne vode vplivajo na stanje površinskih vodnih teles, na kopenske ekosisteme, ki so odvisni od podzemnih voda, ali na vdore slane vode oz. vode slabše kakovosti.

V članku so predstavljene metode dela in rezultati ocene količinskega stanja podzemnih voda do vključno leta 2020 v Sloveniji, ki so podlaga NUV III. Podana je primerjava z oceno količinskega stanja iz NUV II (Vlada RS, 2016a, 2016b) ter nakazani predlogi nadaljnjih raziskav za povečanje zanesljivosti ocene stanja za prihodnji načrt upravljanja z vodami.

Metodologija izračuna ocene količinskega stanja podzemnih voda

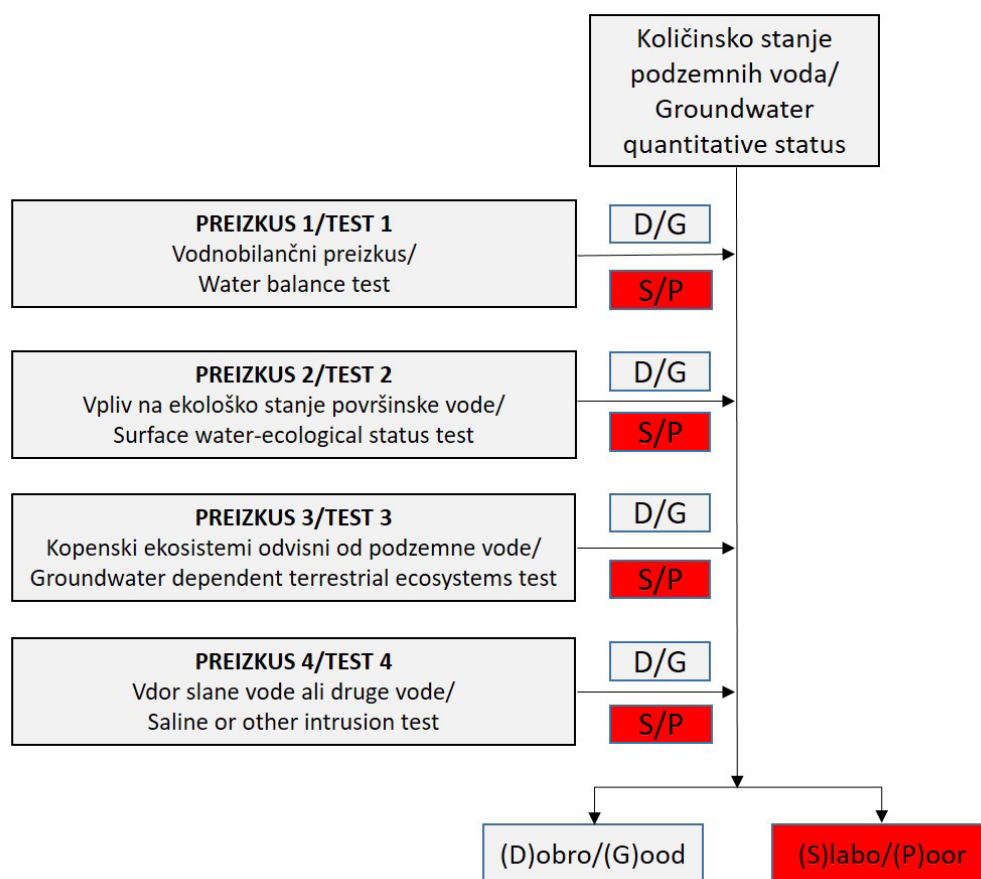
Metode dela

Ocena količinskega stanja podzemnih voda se izvaja za posamezna vodna telesa podzemnih voda (VTPodV) s štirimi preizkusi (Evropska komisija, 2009) (sl. 1). Ugotavlja se vpliv odvzemov podzemne vode, kjer se upoštevajo črpane količine, na:

1. gladine podzemne vode in vodno bilanco (preizkus 1);
2. ekološko stanje površinskih vodnih teles (preizkus 2);
3. kopenske ekosisteme, odvisne od podzemne vode (preizkus 3) in
4. vdore slane vode ali vode slabše kakovosti v vodonosnik (preizkus 4).

Končno skupno oceno, na podlagi opravljenih preizkusov, določa kriterij najslabše ocene (sl. 1).

Ocena vpliva odvzemov podzemne vode na količine podzemne vode (preizkus 1) se je izvedla na vseh enaindvajsetih VTPodV. Prvi del preizkusa 1 je bil ločen za plitve odprte vodonosnike in za globoke zaprte vodonosnike. Za plitve vodonosnike je preizkus temeljil na analizi trenda gladin podzemne vode in malih pretokov izvirov oziroma vodonosnikov v obdelovalnem in napovedovalnem obdobju na izbranih merilnih mestih državnega monitoringa, za globoke vodonosnike pa na analizi piezometrične gladine v opazovalnih vrtinah. Izračun malih letnih pretokov temelji na povprečju najmanjših dnevnih pretokov po posameznih mesecih (Höller, 2004). Drugi del preizkusa 1 je predstavljal vodnobilančno analizo vseh komponent odtoka, ki smo jo izvedli z regionalnim vodnobilančnim modelom GROWA-SI (Andjelov et al., 2016b). Eden izmed rezultatov vodnobilančnega modela GROWA-SI je tudi količinsko obnavljanje podzemne vode oz. obnovljiva količina podzemne vode, ki predstavlja napajanje vodonosnikov oz. VTPodV iz padavin. Obnovljiva količina podzemne vode je bila izhodišče za oceno razpoložljivih količin podzemne vode. Iz obnovljivih količin podzemne vode se je ob upoštevanju potreb teles površinskih voda in ekosistemov, odvisnih od podzemnih voda, t. i. ekološkega odbitka (Janža et al., 2016), ocenilo razpoložljive količine podzemne vode (Andjelov et al., 2016a, 2021a) in nadalje izračunal delež odvzete črpane podzemne vode. Analiza trenda gladin podzemne vode se je za plitve vodonosnike zaključila z zaporedjem preizkusov z ugotavljanjem deleža merilnih mest z zniževanjem gladin v obdelovalnem in napovedovalnem obdobju, ki naj bi na posameznih VTPodV ne presegal 25 % (Andjelov et al., 2016a, 2021a). Vodnobilančni preizkus se je zaključil s



Sl. 1. Postopek ugotavljanja skupne ocene količinskega stanja vodnega telesa podzemne vode – kriterij »odloča najslabša ocena« (prirejeno po Evropska komisija, 2009).

Fig. 1. Overall procedure of tests for assessing groundwater quantitative status – criterion “the worst-case assessment decides” (modified after Evropska komisija, 2009).

primerjavo odvzetih črpanih količin podzemne vode z razpoložljivimi količinami podzemne vode. Količinsko stanje VTPodV je po vodnobilančnem preizkusu ocenjeno kot »dobro«, kadar dolgoročna povprečna letna količina črpanja podzemne vode ne presega razpoložljive količine podzemne vode (Andjelov et al., 2016a, 2021a). Za plitve vodonosnike se je nadalje po različnih kombinacijah podnebnih in emisijskih scenarijev ocenila še povprečna obnovljiva količina podzemne vode do leta 2100. Analiza vpliva podnebnih sprememb na napajanje podzemne vode je bila izdelana z modelom mGROWA-SI z mesečno časovno resolucijo (Draksler, 2019; Frantar et al., 2019).

Ocena vpliva odzvemov podzemne vode na ekološko stanje površinskih vodnih teles (preizkus 2) se je izvedla na štirinajstih VTPodV, ki so povezana z vodnimi telesi površinskih voda, na katerih je bilo ugotovljeno slabo (ocena slabo in zelo slabo) ekološko stanje. Analizo vplivov odzvemov smo tako izvedli na 20 vodnih telesih (VT) površinskih voda, za katere je bilo za obdobje 2014–2019 ocenjeno slabo ekološko stanje (Andjelov et al., 2021a). Analiziran je bil delež vseh odzvemov podzemne vode glede na količine srednjega pretoka površinske vode (Q_s) in glede na povprečno obnavljanje podzemne vode v obdobju 1991–2020, kjer za dob-

ro količinsko stanje delež odzvemov ne sme presehati 10 %, hkrati pa mora biti večina odzvemov iz podzemne vode (Andjelov et al., 2021a).

Ocena vpliva odzvemov podzemne vode na kopenske ekosisteme odvisne od podzemne vode (KEOPV) (preizkus 3) se je izvedla na devetih VTPodV kjer je bilo ocenjeno, da učinki odzvemov podzemne vode lahko vplivajo na kopenske ekosisteme, ki so odvisni od podzemnih voda (Andjelov et al., 2016a, 2021a). Vsi v analizo vključeni kopenski ekosistemi so gozdni habitati in so opredeljeni kot ogroženi oz. poškodovani (Mezga et al., 2015). Analizo količinskega pritiska, oz. primerjavo odzvemov podzemne vode in povprečnega obnavljanja podzemne vode v obdobju 1991–2020 na hidrološkem vplivnem območju habitata, smo izvedli na 13 območjih VTPodV (Andjelov et al., 2021a). Za dobro količinsko stanje VTPodV odzve mi ne smejo presehati mejo 5 % obnovljivih količin podzemne vode na območju ekosistema in njegovega prispevnega zaledja, kar glede na analizo pritiskov predstavlja še zanemarljiv vpliv na KEOPV (WFD Ireland, 2005).

Analiza odzvemov podzemne vode na vdore slane vode ali vode slabše kakovosti v vodonosnik (preizkus 4) se je izvedla za dve vodni telesi podzemne vode: VTPodV 5019 Obala in Kras z

Brkini (slovenski del vodonosnega sistema 50621 Brestovica-Timav) in VTPodV 3012 Dravska kotlina (Andjelov et al., 2021a). Pri preizkusu se je izvedla analiza odvzemov podzemne vode na vdore slane vode ali vode slabše kakovosti, kjer so se povprečne količine odvzema podzemne vode obdobja primerjale s srednjo dolgoletno obnovljivo količino podzemne vode vodonosnika. Nadalje se je primerjalo povprečne dolgoletne vrednosti specifične električne prevodnosti (SEP) z naravnim ozadjem in mejno vrednostjo SEP za pitno vodo. Pri preizkusu se je ugotavljalo tudi trend indikativnih parametrov vdora slane vode (natrij, klorid, SEP) oziroma vode slabše kakovosti (nitrat, SEP) (Andjelov et al., 2016a, 2021a). Za dobro količinsko stanje VTPodV odvzemi ne smejo presegati 10 % obnovljivih količin podzemne vode, ne sme biti presežena meja SEP kakovosti pitne vode in naravnega ozadja ter ne sme biti zaznanega statistično značilnega naraščajočega trenda indikativnih parametrov (Andjelov et al., 2021a).

Ocena količinskega stanja po posameznih VTPodV je podana z določeno stopnjo zaupanja (Evropska komisija, 2016). Visoka stopnja zaupanja pomeni, da so na razpolago kakovostni podatki monitoringa in dober konceptualni model, razumevanje hidrološkega sistema pa temelji na poznavanju naravnih značilnosti in antropogenih pritiskov. Pri srednji stopnji zaupanja imamo na razpolago omejene podatke monitoringa in pomanjkljivo poznavanje hidrološkega sistema. Nizka stopnja zaupanja pa pomeni, da ne razpolagamo s podatki monitoringa oz. ne poznamo hidrološkega sistema.

Vhodni podatki

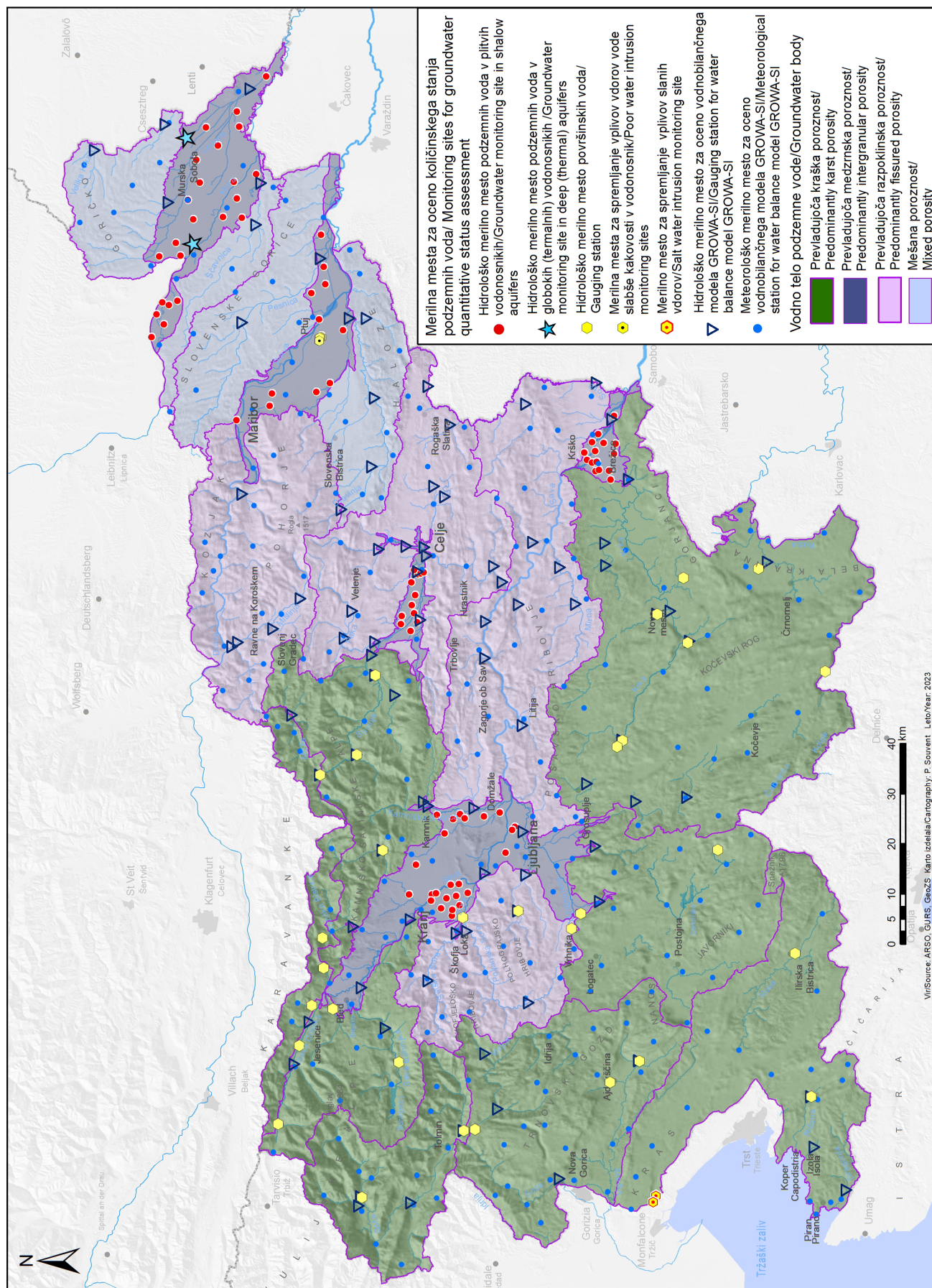
Ocena količinskega stanja podzemnih voda temelji na državnih podatkovnih zbirkah hidrološkega in meteorološkega monitoringa v upravljanju Agencije RS za okolje (Internet 1, Internet 2, Internet 3) ter na podatkih v upravljanju Direkcije RS za vode o odvzetih količinah podzemne vode (Evidenca vodnih povračil). Vodnobilančni model GROWA-SI (Andjelov et al., 2016b) poleg časovnih podatkov upošteva tudi izbrane prostorske podatkovne sloje za ugotavljanje antropogenega vpliva rabe podzemne vode na obnovljive količine podzemne vode.

Na vodnih telesih plitvih vodonosnikov s prevladujočo medzrnsko poroznostjo je bil monitoring usmerjen v meritve gladine podzemne vode (86 merilnih mest) in ugotavljanje trendov gladin podzemnih voda. Na vodnih telesih z vodonosniki s kraško, razpoklinsko ali mešano poroznostjo so vhodne podatke predstavljale meritve pretokov

(30 merilnih mest), kjer se je ugotavljalo trende malih pretokov izvirov in vodotokov na referenčnih merskih profilih. Za umerjanje regionalnega vodnobilančnega modela napajanja vodonosnikov GROWA-SI, je bil vključen del merilne mreže hidrološkega monitoringa površinskih voda z meritvami pretokov in del mreže meteorološkega monitoringa (sl. 2) s podatki padavin in temperature. Za oceno napajanja globokih geotermalnih vodonosnikov je bil uporabljen hidrogeološki matematični model toka podzemne vode in prenosa toplote (Rman & Šram, 2019). Vodnobilančna ocena temelji na podatkih 199 merilnih mest hidrološkega monitoringa podzemnih in površinskih voda z nizom meritev 30 let in ob predpostavki, da meritve ne odražajo umetnih vplivov na merjeni lokaciji (Internet 1). Za monitoring količinskega stanja podzemnih voda v globokem geotermalnem vodonosniku severovzhodne Slovenije smo v oceno vključili dve merilni mesti z nizom meritev 11 let in v upravljanju Geološkega zavoda Slovenije (Rman et al. 2016; Andjelov et al. 2021a, b). Državni monitoring v obdobju 2014–2019 namreč še vedno ni bil vzpostavljen.

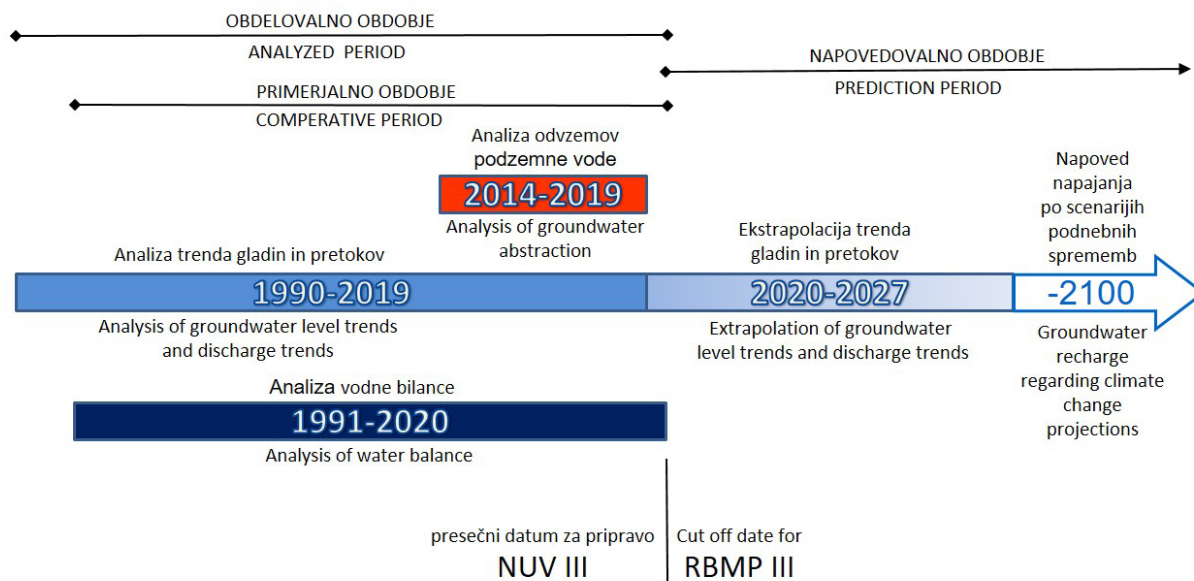
Vhodni podatki za ugotavljanje vpliva črpanih odvzemov podzemnih in površinskih voda na stanje površinskih vodnih teles so ocenjeni pretoki na izhodnem profilu in obnovljive količine podzemne vode (model GROWA-SI) na območju vodozbirnega zaledja vodnega telesa površinske vode s slabim ali zelo slabim ekološkim stanjem (21 površinskih vodnih teles). Obnovljiva količina podzemne vode za preizkus vpliva črpanih odvzemov podzemne vode na KEOPV je pridobljena iz regionalnega vodnobilančnega modela GROWA-SI za območje KEOPV in njihovih prispevnih zaledij. Vhodni podatki za ugotavljanje vdora slane vode (2 merilni mesti) ali druge vrste vdorov (5 merilnih mest) v vodno telo so meritve gladine podzemne vode, SEP vode in meritve indikativnih kemijskih parametrov (kloridni, natrijev in nitratni ion). V oceno so vključeni tudi podatki črpanih količin podzemne vode, odvzetih iz vodnih teles podzemnih voda. Vzorčenje indikativnih parametrov poteka 1 do 2 krat letno, v primeru dveh vzorčenj kot referenčno letno vrednost uporabimo povprečno vrednost.

Časovno okno obdelovalnega obdobja je med letom 1990 in 2020 in sicer je bilo za izračune vodne bilance vzeto obdobje 1991–2020, za analize trenda gladin podzemnih voda in pretokov kraških izvirov iz plitvih vodonosnikov obdobje 1990–2019, za povprečne odvzeme podzemne vode pa obdobje 2014–2019, saj pred letom 2014 ni na razpolago ustreznih podatkov oz. urejenih baz. Tridesetletno primerjalno obdobje je 1991–2020. Količinsko

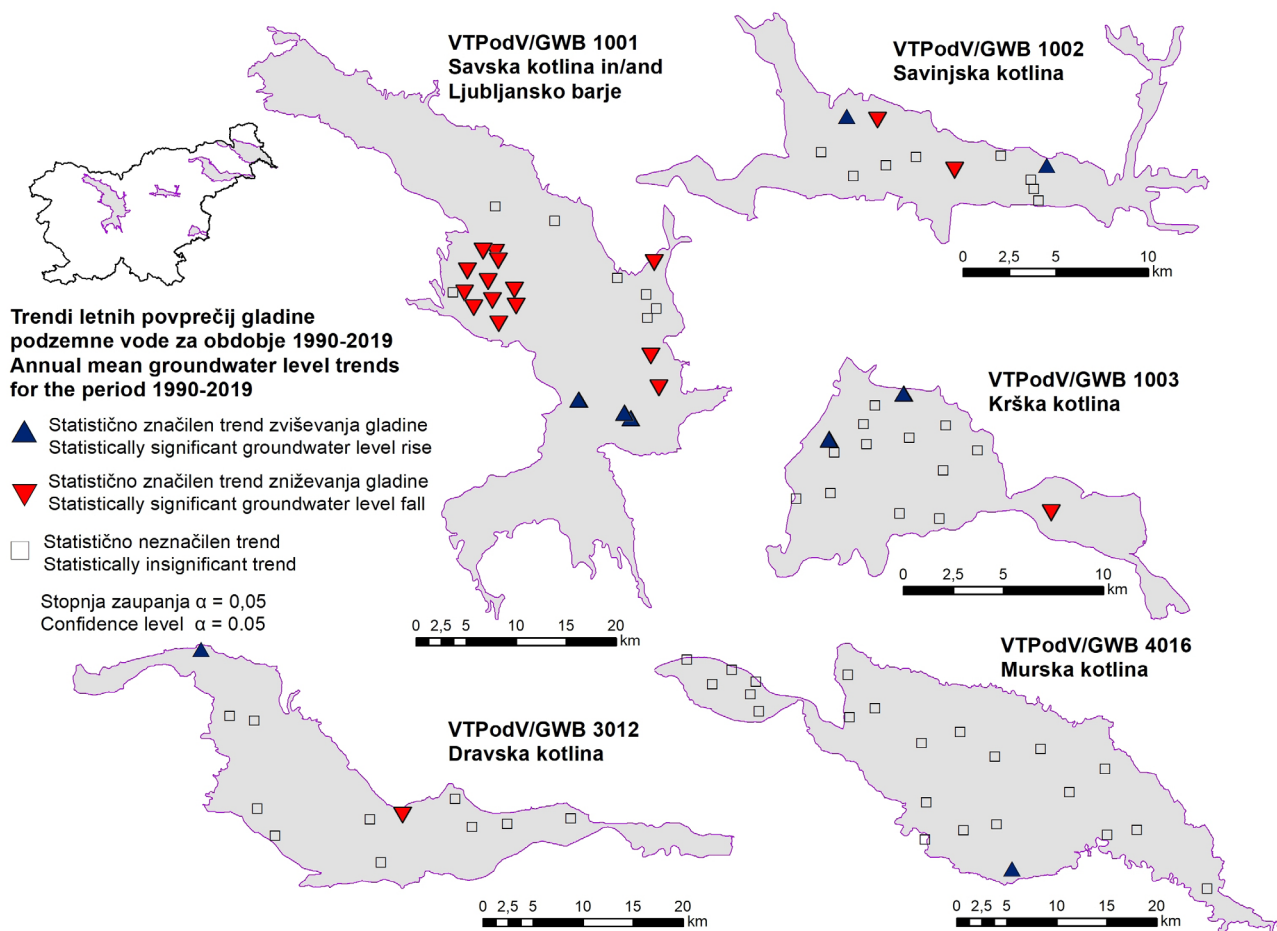


Sl. 2. Merilna mesta vključena v oceno količinskega stanja podzemnih voda v obdobju ocenjevanja za NUV III.

Fig. 2. Monitoring sites for groundwater quantitative status assessment for RBMP III.



Sl. 3. Časovni okvir ocenjevanja količinskega stanja podzemnih voda za pripravo NUV III (2022–2027) Časovna skala ni v merilu.
Fig. 3. Time frame of groundwater quantitative status assessment for RBMP III (2022–2027). Timeline is not in scale.



Sl. 4. Trendi letnih povprečij gladine podzemne vode za obdobje 1990–2019 za VTPodV s prevladujočo medzrnsko poroznostjo (geotermalni vodonosniki tukaj niso presojani).
Fig. 4. Annual mean groundwater level trends for the period 1990–2019 for GWBs with predominant intergranular porosity (geothermal aquifers are not included).

stanje podzemnih voda vključuje tudi napovedovalni obdobji 2020–2027 za oceno ekstrapolacije trenda gladin in pretokov iz plitvih vodonosnikov ter 2021–2100 za oceno sprememb napajanja plitvih vodonosnikov po scenarijih podnebnih sprememb do leta 2100 (sl. 3). Za globok geotermalni vodonosnik severovzhodne Slovenije so zanesljivi podatki o odvzemih in gladinah v aktivnih vrtinah na voljo šele od leta 2017, ko je bil po letu 2015 zaradi podeljenih koncesij po Zakonu o vodah uveden nadzor rabe termalne vode (Andjelov et al., 2019).

Rezultati

Izmed 86 reprezentativnih merilnih mest, ki so bila vključena v *preizkus 1* z namenom določitve trendov gladin podzemnih voda na vodnih telesih plitvih vodonosnikov s pretežno medzrnsko poroznostjo (Andjelov et al., 2016a, 2021a), beležimo statistično značilne upadajoče trende letnih povprečij gladin podzemnih voda (stopnja zaupanja $\alpha=0,05$) na 18 merilnih mestih, statistično značilne trende zviševanja gladine pa na 9 merilnih mestih (sl. 4). Delež merilnih mest z zniževanjem gladin v napovedovalnem obdobju nikjer ne presega praga 25 % (Uradni list RS, 2009a, 2012, 2016; Andjelov et al., 2021a).

Tudi analiza trenda malih pretokov površinskih voda in izvirov na 30 reprezentativnih merilnih mestih obdelovalnega obdobja 1990–2019 izkazuje nekatere statistično značilne trende zmanjševanja malih letnih pretokov (stopnja zaupanja $\alpha=0,05$) na 5 merilnih mestih: 3320 Bohinjska Bistrica - Bistrica, 5030 Vrhnika II - Ljubljana, 8561 Vipava II - Vipava, 6060 Nazarje - Savinja in 8450 Hotešk - Idrija. Mali letni pretoki po oceni/ekstrapolaciji linearnega trenda do konca napovedovalnega leta 2027 ne bodo dosegli vrednosti praga 95 % pretoka iz krivulje trajanja (Q_{95}) (Andjelov et al., 2021a).

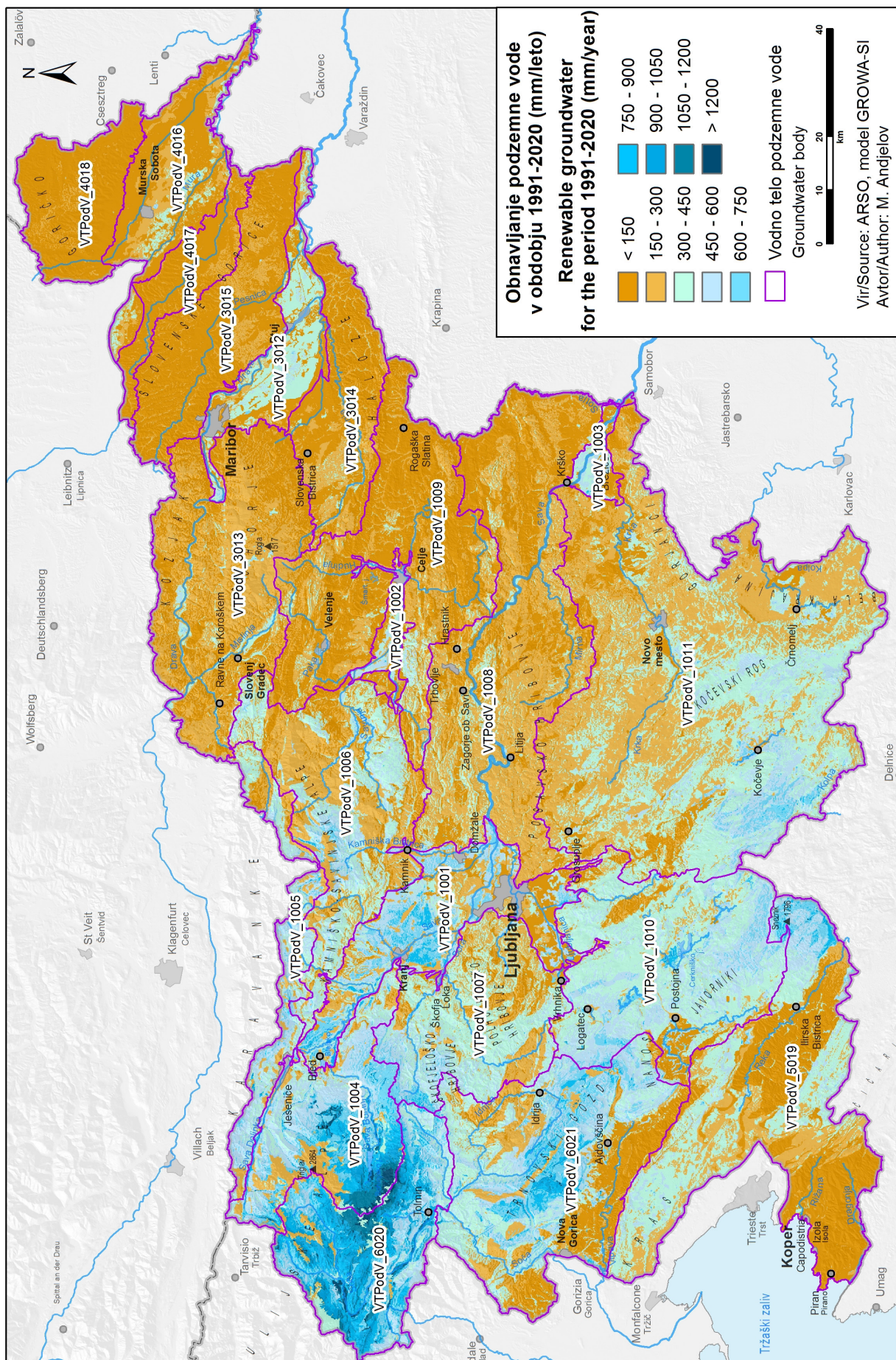
Vodnobilančni preizkus (preizkus 1) vseh komponent odtoka (GROWA-SI) kaže, da je v obdobju 1991–2020 v Sloveniji letno padlo povprečno 1.447 mm padavin, od te količine se je z evapotranspiracijo letno vrnilo v ozračje povprečno 650 mm. Povprečni skupni letni odtok je znašal 797 mm, od tega je bilo 505 mm direktnega odtoka (količina vode, ki odteče površinsko in z vmesnim odtokom) in 292 mm podzemnega odtoka (količina vode, ki napaja oz. obnavlja podzemno vodo). Največ skupnega povprečnega letnega odtoka je bilo v porečju Soče, na območju VTPodV 6020 Julijske Alpe v porečju Soče, najmanj pa v porečju Mure, na območju VTPodV 4018 Goričko, kar se odraža tudi pri količinskem obnavljanju podzemne vode (sl. 5).

Iz obnovljivih količin podzemne vode (sl. 5) se je ob upoštevanju potreb teles površinskih voda in ekosistemov, odvisnih od podzemnih voda, t. i. ekološkega odbitka (Janža et al., 2016), ocenilo razpoložljive količine podzemne vode (Andjelov et al., 2016a, 2021) in nadalje izračunal delež odvzete podzemne vode od le-te. Odvzemi s črpanjem podzemne vode so v izbranem obdobju 2014–2019 v plitvih vodonosnikih dosegli povprečno 135 milijonov m^3 . Delež povprečnih letnih črpanih količin podzemne vode za obdobje 2014–2019 pa je bil, glede na model napajanja vodonosnikov GROWA-SI in izračun razpoložljive količine podzemne vode za obdobje 1991–2020, največji na območjih treh aluvialnih vodnih teles: VTPodV 3012 Dravska kotlina (25,9 %), VTPodV 1001 Savska kotlina in Ljubljansko Barje (22,4 %) in VTPodV 4016 Murska kotlina (20,9 %) (Tabela 1, sl. 6).

Analiza vpliva podnebnih sprememb na napajanje podzemne vode, po scenarijih izpustov RCP4.5 in RCP8.5 do konca stoletja, kaže na povečanje napajanja podzemne vode. Predvidoma se bo do leta 2100 po srednjem scenariju RCP4.5 napajanje enakomerno povečevalo po vsej državi v vseh obdobjih, po scenariju RCP8.5 je največje povečanje predvideno v sredini stoletja, proti koncu stoletja pa se količina napajanja ustali. Po scenariju RCP8.5 se konec stoletja kaže tudi zmanjšanje napajanja v posameznih predelih južne Slovenije.

Sezonski pregled kaže, da se bo po obeh scenarijih povečalo napajanje pozimi, v ostalih letnih časih pa je odklon napajanja nepredvidljiv. Do konca stoletja je po scenariju RCP4.5 v Sloveniji predvideno povečanje napajanja za približno 20 %, po scenariju RCP8.5 pa za približno 10 %, medtem ko so relativne vrednosti povečanja v severovzhodni Sloveniji nekoliko višje. Največjo zanesljivost vpliva podnebnih sprememb po obeh scenarijih imajo napovedi za povečanje napajanja na vzhodu države.

Analiza mesečnih povprečij piezometričnih gladin podzemne vode v vrtini Do-1 v Dobrovniku in vrtini V-66 v Petanjcih v globokih geotermalnih vodonosnikih SV Slovenije, kot del *preizkusa 1*, kaže v obdobju 2009–2019 statistično značilno zniževanje piezometrične gladine. V letu 2019 so bile, glede na obdobje 2009–2019, izmerjene najnižje piezometrične gladine v obeh vrtinah (sl. 7) in do obrata trenda ni prišlo, se pa je zniževanje gladine nekoliko upočasnilo. Hidrogeološka simulacija z modelom vodne bilance naravnega stanja geotermalnega vodonosnika Murske formacije, ki jo je izvedel Geološki zavod Slovenije, ocenjuje letno napajanje na približno 5,6 milijona m^3 (Rman et al., 2014). Povprečni odvzemi termalne podzemne



Sl. 5. Obnovljive količine podzemne vode v plitvih vodonosnikih VTPodV v obdobju 1991–2020.

Fig. 5. Renewable groundwater quantity in shallow aquifers of GWBs in the period 1991–2020.

Tabela 1. Razmerja med črpanimi količinami podzemne vode (2014–2019) in razpoložljivo količino podzemne vode (1991–2020) v plitvih vodonosnikih VTPodV Slovenije.

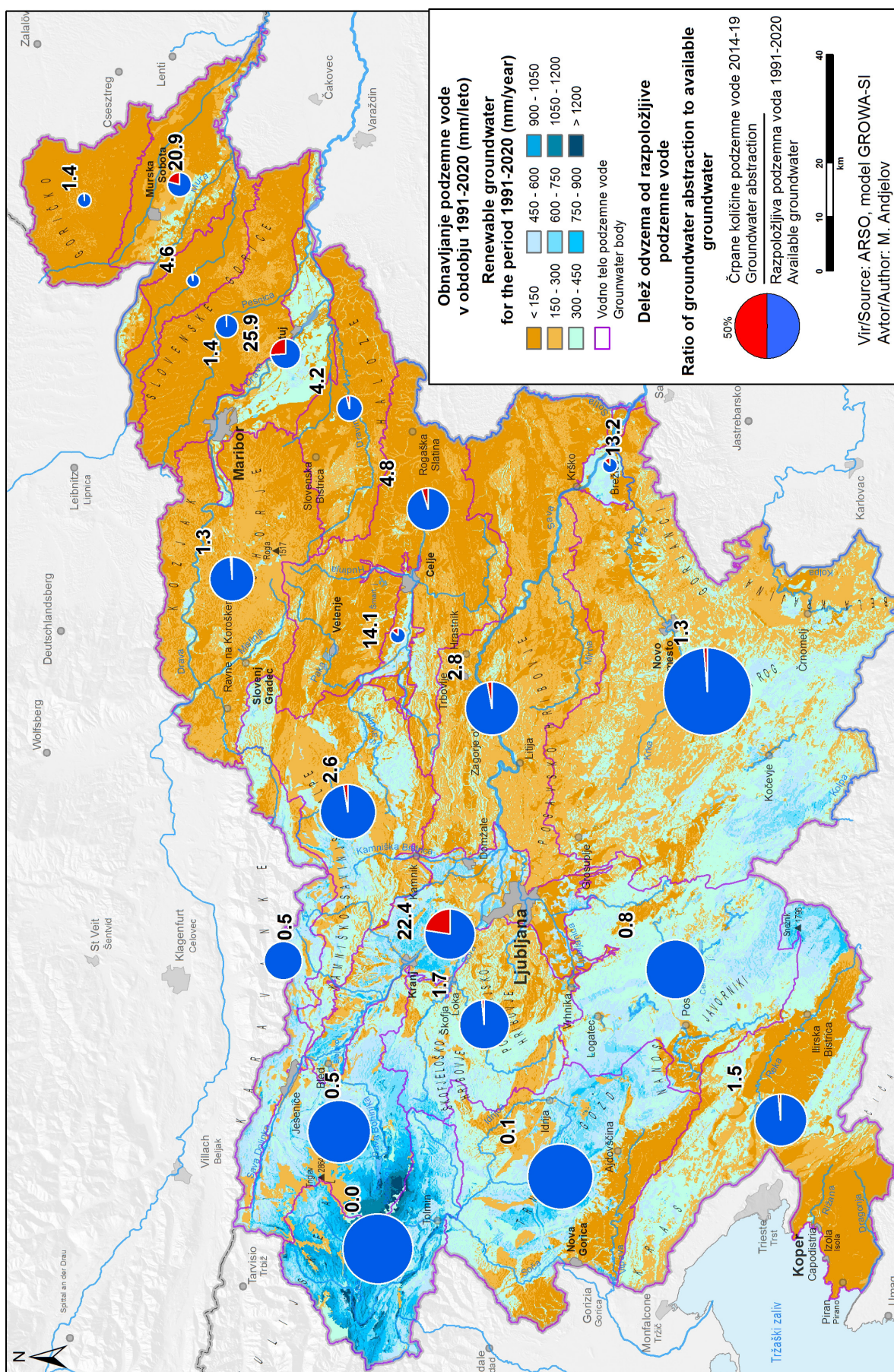
Table 1. Rate of groundwater abstraction (2014–2019) in relation to available groundwater quantity (1991–2020) in shallow aquifers of GWBs in Slovenia.

Vodno telo podzemne vode (šifra in ime)	Razpoložljiva količina podzemne vode v obdobju 1991–2020 (m ³ /leto)	Črpane količine podzemne vode v obdobju 2014–2019 (m ³ /leto)	Količine umetnega napajanja vodonosnikov v obdobju 2014–2019 (m ³ /leto)	Črpane količine podzemne vode / razpoložljiva količina podzemne vode (%)
Groundwater body (code and the name)	Available groundwater for the period 1991–2020 (m ³ /year)	Groundwater abstraction for the period 2014–2019 (m ³ /year)	Aquifer artificial recharge for the period 2014–2019 (m ³ /year)	Groundwater abstraction / available groundwater (%)
1001 Savska kotlina in Ljubljansko Barje	221.403.160	49.600.836	-	22,4
1002 Savinjska kotlina	20.164.080	2.847.899	-	14,1
1003 Krška kotlina	19.678.974	2.603.761	-	13,2
1004 Julijske Alpe v porečju Save	338.492.669	1.510.625	-	0,5
1005 Karavanke	125.820.501	682.520	-	0,5
1006 Kamniško-Savinjske Alpe	262.596.713	6.765.793	-	2,6
1007 Cerkljansko, Škofjeloško in Polhograjsko hribovje	212.960.161	3.534.514	-	1,7
1008 Posavsko hribovje do osrednje Sotle	245.263.218	6.794.722	-	2,8
1009 Spodnji del Savinje do Sotle	156.813.961	7.503.786	-	4,8
1010 Kraška Ljubljana	303.755.271	2.355.408	-	0,8
1011 Dolenjski kras	670.405.039	8.616.673	-	1,3
3012 Dravska kotlina	77.966.028	21.367.493	4.624.071	25,9
3013 Vzhodne Alpe	170.109.873	2.129.343	-	1,3
3014 Haloze in Dravinjske gorice	55.736.483	2.350.677	-	4,2
3015 Zahodne Slovenske gorice	44.999.217	612.698	-	1,4
4016 Murska kotlina	50.701.290	10.609.688	-	20,9
4017 Vzhodne Slovenske gorice	14.811.330	683.197	-	4,6
4018 Goričko	16.740.011	231.843	-	1,4
5019 Obala in Kras z Brkini	235.464.524	3.452.254	-	1,5
6020 Julijske Alpe v porečju Soče	426.824.855	115.482	-	0,03
6021 Goriška brda in Trnovsko-Banjska planota	371.034.890	545.106	-	0,2
Slovenija	4.041.742.249	134.914.318	4.624.071	3,3

vode so bili v obdobju 2014–2019 približno 2,5 milijona m³ letno, kar predstavlja 44 % z modelom naravnega stanja ocenjenih letno obnovljivih količin termalne podzemne vode (Andjelov et al., 2021a). Kasnejši model (Rman & Šram, 2019) je bil umerjen na dostopne podatke iz obdobja 2009–2016 in validiran s podatki gladin iz vrtin Do-1, V-66 in Fi-5 (v Renkovcih) v obdobju 2017–2018. Pokazal je bolj omejeno napajanje, ki se kaže kot izcejanje iz okoliških kamnin v geotermalni vodonosnik v višini približno 2,3 milijona m³ termalne vode na leto. Ker je bil šele po letu 2017 vzpostavljen zanesljiv obratovalni monitoring, je negotovost numeričnega modela Murske formacije še vedno velika, vendar se z novimi vsakoletnimi meritvami in kalibracijo stalno zmanjšuje. Analiza

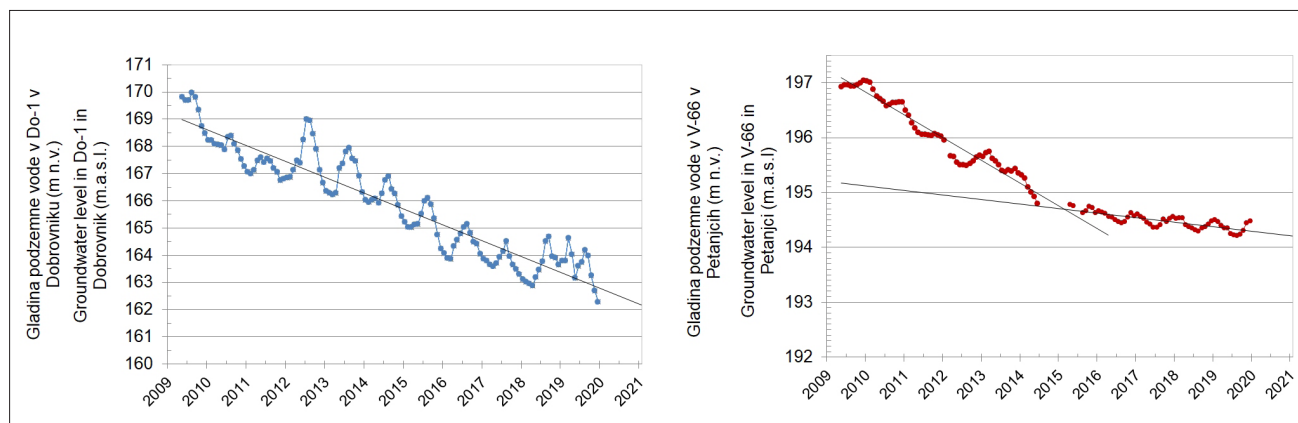
obratovalnih monitoringov je hkrati pokazala, da je v 15–20 % objektov vsako leto ugotovljena sprememba kemijske sestave termalne vode, ki presega odstopanje ± 20 % za relevantne parametre (Lapanje et al., 2018; Tancar & Vižintin, 2021).

Rezultati *preizkusa vpliva odvzemov podzemne vode na ekološko stanje površinskih voda* (preizkus 2) kažejo, da pri nobenem obravnavanem vodnem telesu površinskih voda odvzemi podzemne vode ne povzročajo slabega ekološkega stanja. Delež vseh odvzemov od srednjega pretoka površinske vode (Q_p) je na 19 obravnavanih vodnih telesih pod mejno vrednostjo za dobro stanje, ki je pri 10 % (Andjelov et al., 2021a). Mejna vrednost je presežena le v primeru VT Hudinja povirje – Nova Cerkev (SI1688VT1), kjer je delež odvzemov



Sl. 6. Razmerje med črpanimi količinami podzemne vode (2014–2019) in razpoložljivo količino podzemne vode (1991–2020), na karti tudi obnovljive količine podzemne vode (GROWA-SI).

Fig. 6. Rate of groundwater abstraction (2014–2019) in relation to available groundwater quantity (1991–2020) in shallow aquifers of GWBs in Slovenia, together with renewable groundwater quantity (GROWA-SI).



Sl. 7. Mesečna povprečja piezometrične gladine podzemne vode v opazovalnih vrtinah Do-1 (Dobrovnik) in V-66 (Petanjci) v obdobju 2009–2019 (Andjelov et al., 2021b).

Fig. 7. Monthly averages of the piezometric groundwater level in piezometers Do-1 (Dobrovnik) and V-66 (Petanjci) for the period 2009–2019 (Andjelov et al., 2021b).

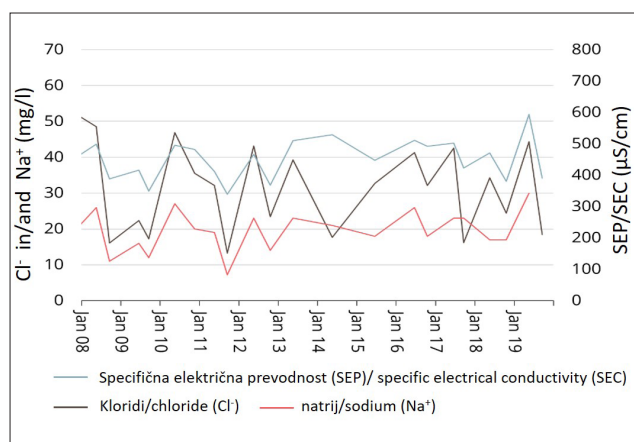
12,8 %. Na tem vodnem telesu prevladuje odvoz površinske vode, tako da odvoz podzemne vode ni razlog za slabo stanje tega telesa.

Rezultati *preizkusa vpliva odvzemov podzemne na KEOPV (preizkus 3)* kažejo, da so odvzemi evidentirani na 4 KEOPV, znotraj 4 VTPodV in sicer na: Sava Medvode – Kresnice v VTPodV 1001 Savska kotlina in Ljubljansko Barje, Krakovski gozd v VTPodV 1011 Dolenjski kras, Boreci v VTPodV 4017 Vzhodne Slovenske Gorice in Mura 1 v VTPodV 4016 Murska kotlina. Odstotek odvzemov glede na povprečne obnovljive količine podzemne vode v obdobju 1991–2020 je na območju ekosistema in njegovem zaledju za območje Sava Medvode – Kresnice 0,1 %, za Krakovski gozd 0,5 %, za območje Boreci 2 % in za območje Mura 1,3 %. Črpane količine ne presegajo meje 5 %, kar glede na analizo pritiskov predstavlja zanemarljiv vpliv na KEOPV (Andjelov et al., 2021a). Podzem-

na voda se na teh KEOPV rabi največ za namakanje kmetijskih zemljišč, sledi oskrba s pitno vodo in raba za tehnološke namene, nekaj se je porabi tudi za lastno oskrbo s pitno vodo.

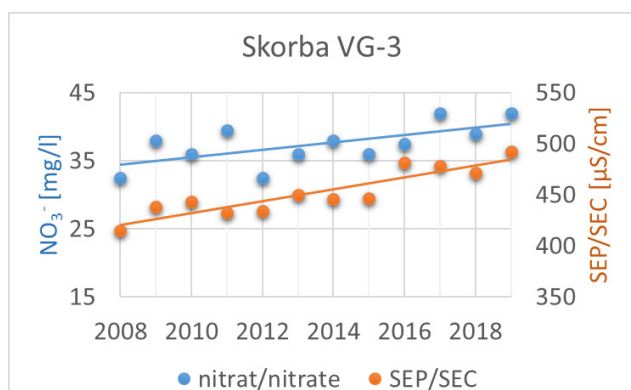
Rezultati *analize odvzemov podzemne vode na vdore slane vode ali vode slabše kakovosti (preizkus 4)* kažejo, da razmerje med odvzemi (povprečje obdobja 2014–2019) podzemne vode v črpališču Klariči (VTPodV 5019 Obala in Kras z Brkini) in z modelom GROWA-SI ocenjeno povprečno obdobjno obnovljivo količino podzemne vode ne presega 1 %, kar je pod mejno vrednostjo 10 % za dobro količinsko stanje. Po podatkih ARSO monitoringa kakovosti podzemnih voda (sl. 8), je v črpališču Klariči povprečna vrednost SEP v obdobju 2008–2019 451 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in ne presega mejne vrednosti SEP naravnega ozadja (519 $\mu\text{S}/\text{cm}$) in mejne vrednosti SEP za pitno vodo (2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$), ki sta pogoja dobrega količinskega stanja (Andjelov et al., 2021a). Trend časovne vrste obdobja 2008–2019 za specifično električno prevodnost, kloride in natrij je statistično neznačilen.

Razmerje med črpanimi odvzemi in obnovljivo količino podzemne vode (povprečje obdobja 2014–2019) na območju VTPodV 3012 Dravska kotlina v črpališčih komunale Ptuj in Slovenska Bistrica, znaša približno 5 % in je pod mejno vrednostjo 10 % za dobro količinsko stanje. Povprečna vrednost SEP je v obdobju 2008–2019, na izbranem merilnem mestu Skorba VG-3, ki je v upravljanju komunalnega podjetja Ptuj, 480 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in je pod SEP naravnega ozadja (802 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Andjelov et al., 2021a). Povprečna vsebnost nitrata, 37 mg/l na tem merilnem mestu presega naravno ozadje nitrata v podzemni vodi (2 mg/l) (Mihorko & Gacin, 2019). Trend časovne vrste obdobja 2008–2019 za SEP in nitrat je statistično značilno naraščajoč (sl. 9).



Sl. 8. Nihanje specifične električne prevodnosti vode ($\mu\text{S}/\text{cm}$), kloridov (mg/l) in natrija (mg/l) v obdobju 2008–2019 v črpališču Klariči v VTPodV 5019 Obala in Kras z Brkini.

Fig. 8. Oscillation of specific electrical conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$), chloride (mg/l) and sodium (mg/l) ions for the period 2008–2019 in pumping station Klariči in GWB 5019 Obala in Kras z Brkini.



Sl. 9. Nihanje indikativnih parametrov NO_3^- in SEP na merilnem mestu Skorba, (merilno mesto VG-3) v obdobju 2008–2019.

Fig. 9. Oscillation of indicative parameters NO_3^- and SEC at monitoring site Skorba, (measuring station VG-3) in the period 2008–2019.

Razprava

Analiza trendov gladin podzemnih voda (Andjelov et al., 2021a) je za vodna telesa s prevladujočo medzrnsko poroznostjo v plitvih aluvialnih vodonosnikih izpostavila nekatere statistično značilne upadajoče trende letnih povprečij gladin podzemnih voda v obdelovalnem obdobju 1990–2019 na VTPodV 1001 Savska kotlina in Ljubljansko Barje, 1002 Savinjska kotlina, 1003 Krška kotlina in VTPodV 3012 Dravska kotlina (sl. 4). Delež merilnih mest z zniževanjem gladin podzemne vode v plitvih vodonosnikih v napovedovalnem obdobju do leta 2027 sicer nikjer ne presega praga 25 % obravnavanih merilnih mest na danem VTPodV, kar je eden od pomembnih kriterijev za doseganje dobrega količinskega stanja (Uradni list RS, 2009a, 2012, 2016; Andjelov et al., 2021a). Stanje gladin ostaja primerljivo razmeram analiziranim v NUV II (Andjelov et al., 2015). Izjema je VTPodV 1003 Krška kotlina, kjer so se razmere z izgradnjo akumulacijskega bazena in tesnilne zavese za HE Brežice izboljšale in na večini merilnih mest beležimo trend zviševanja gladin podzemne vode. Analiza trendov malih pretokov v površinskih območjih vodnih teles s kraško, razpoklinsko ali mešano poroznostjo ni zaznala zmanjšanja malih letnih pretokov do leta 2027 pod mejno vrednost referenčnega obdobja. Kljub nekaterim ugotovljenim statistično značilnim trendom zmanjševanja letnih in sezonskih malih pretokov izvirov oziroma vodotokov lahko zaključimo, da so trendi posledica naravne spremenljivosti podnebja in ne prekomerne rabe podzemne vode. Glede na rezultate analize trendov gladin in pretokov v obdobju 1990–2019 količinsko stanje podzemnih voda plitvih odprtih vodonosnikov vseh vodnih teles podzemnih voda ocenjujemo kot »dobro« z visoko stopnjo zaupanja.

V plitvih vodonosnikih VTPodV je v obdobju 1990–2020 razpoložljive količine podzemne vode 4.042 milijonov m^3 . Letni odvzemi (črpane količine) v treh VTPodV, 3012 Dravska kotlina, 1001 Savska kotlina in Ljubljansko Barje in 4016 Murska kotlina, presegajo mejno vrednost 20 %, ki jo Evropska okoljska agencija uporablja kot začetno opozorilo količinskega pritiska na vodne vire (Evropska okoljska agencija, 2005). Delež odvzemov v primeru nobenega od treh VTPodV ni večji kot 65 %, kar kot mejno vrednost količinskega pritiska povzema evropski projekt GENESIS (Preda et al., 2014). Črpanje vode iz vodonosnikov na območju Slovenije v skupni povprečni letni količini 135 milijonov m^3 predstavlja 3,3 % skupne razpoložljive količine podzemne vode. Količinsko stanje podzemnih voda plitvih odprtih vodonosnikov, glede na rezultate vodne bilance z modelom GROWA-SI v obdobju 1991–2020 (Andjelov et al., 2016b, 2021b), tako ocenjujemo kot »dobro« z visoko stopnjo zaupanja za vsa vodna telesa podzemne vode. V primerjavi z oceno količinskega stanja podzemnih voda za NUV II (Andjelov et al., 2015), novejša ocena NUV III podaja nekoliko nižje skupne razpoložljive količine podzemne vode (razpoložljive količine NUV II: 4.285 milijonov m^3) in nekoliko višje količine odvzema podzemne vode (NUV II: 132,815 milijonov m^3 oziroma 3,1 % razpoložljivih količin podzemne vode). Raba podzemne vode se je v zadnjem ocenjevalnem obdobju NUV III v primerjavi z NUV II povečala v 17 od skupno 21 vodnih telesih podzemne vode. Največje povečanje odvzemov zaradi črpanja je bilo ugotovljeno v vodnih telesih podzemne vode VTPodV 1003 Krška kotlina, za 1,288 milijonov m^3 /leto, in v VTPodV 1002 Savinjska kotlina, za 1,119 milijonov m^3 /leto. Nižje količine kot v NUV II so bile v NUV III ugotovljene v 4 od skupno 21 vodnih teles podzemne vode. Največje zmanjšanje črpanih odvzemov beležimo v VTPodV 1009 Spodnji del Savinje do Sotle, za 2,731 milijonov m^3 /leto, in v VTPodV 3012 Dravska kotlina, za 1,335 milijonov m^3 /leto.

Za ocenjevanje količinskega stanja termalnih voda v Mursko-Zalskem bazenu se od leta 2014 v sodelovanju med Agencijo RS za okolje in Geološkim zavodom Slovenije razvija matematični model toka podzemne vode in prenosa toplote (Rman & Šram, 2019), ki služi kot podpora oceni količinskega stanja podzemne vode in odločanju za podeljevanje novih in podaljševanje obstoječih vodnih pravic. Kljub indikacijam o zniževanju piezometrične gladine podzemne vode v opazovalnih vrtinah je količinsko stanje podzemne vode v globokem vodonosniku vodnega telesa VTPodV 4016

Murska kotlina opredeljeno kot »dobro« s srednjo stopnjo zaupanja. Pri tem smo upoštevali podatke obeh opazovalnih vrtin in obratovalnega monitoringa, pri čemer so zanesljive meritve obratovalnega monitoringa na območju celotnega bazena poročane šele po letu 2017, kar vpliva na večjo negotovost ocene. Isto dejstvo vpliva tudi na negotovost vodne bilance matematičnega modela (Rman & Šram, 2019), ki opozarja, da so količine odvzema termalne vode verjetno že dokaj blizu obnovljivih količin. K nižji stopnji zaupanja ocene prispeva tudi dejstvo, da državni monitoring stanja podzemnih voda globokih vodonosnikov še ni vzpostavljen. Predstavljena ocena vključuje le podatke do vključno leta 2019, ker je bila izdelana za NUV III. Za tem obdobjem smo v letih 2020–2021, v času epidemije korona virusa, opazili izrazit vpliv začasnega zaprtja nekaterih črpaljšč termalne vode na gladine podzemne vode. Takrat je na številnih lokacijah prišlo do obrata trenda - gladine so se bodisi stabilizirale bodisi zvišale (sl. 10). Ker je bil skupni odzvem termalne vode v letu 2022 še vedno opazno nižji, kot je bil v letu 2019 in pred tem (Rajver et al., 2023), torej kot je bil uporabljen za oceno stanja za NUV III, so trendi trenutno ugodni. V letu 2023 se je takšen obrat trenda prvič zaznal tudi v opazovalni vrtini v Dobrovniku.

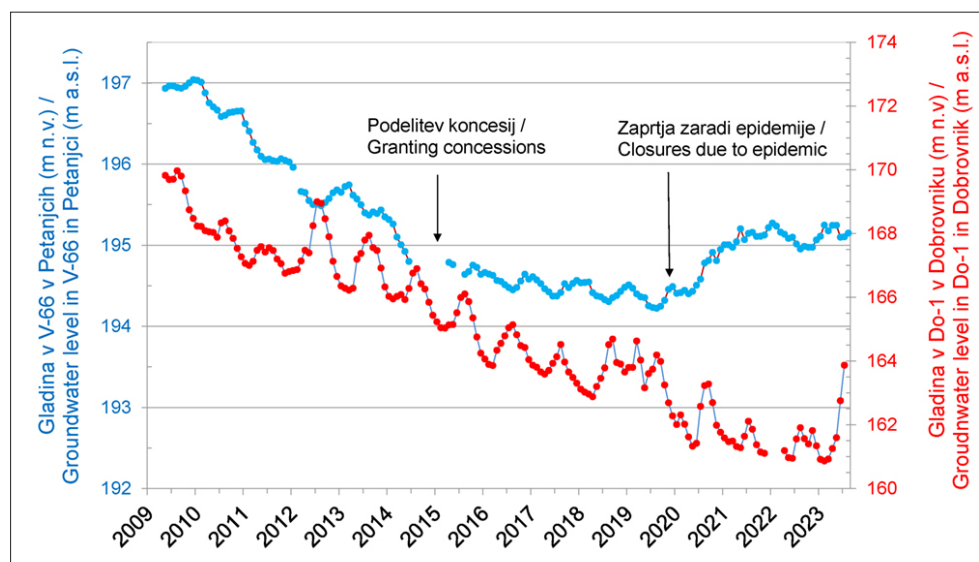
Količinsko stanje podzemne vode je po preizkusu vpliva odvzemov podzemne vode na ekološko stanje površinskih vodnih teles ocenjeno kot »dobro« s srednjo stopnjo zaupanja. Pri nobenem obravnavanem vodnem telesu površinskih voda odvzemi podzemne vode ne povzročajo slabega ekološkega stanja. Stopnja zaupanja rezultatov preizkusa je ocenjena kot srednja predvsem zaradi nezadostnega poznavanja hidravličnih odnosov med površinskimi in podzemnimi vodami. Izdelava

ocene je izpostavila potrebo po pregledu metodološkega pristopa tega preizkusa. Potrebno je preveriti metodologijo na območju kraških vodnih teles in aluvialnih vodonosnikov, saj zaradi posebnih hidrogeoloških značilnosti lahko pri interpretaciji prihaja do napačnega razumevanja rezultatov.

Ocena preizkusa vpliva odvzemov podzemne vode na kopenske ekosisteme, odvisne od podzemne vode, ne odkriva znatnega vpliva črpanja podzemne vode na obravnavane kopenske ekosisteme, kar zagotavlja oceno količinskega stanja kot »dobro«. Preizkus ima srednjo stopnjo zaupanja, predvsem zaradi pomanjkanja informacij o mejnih vrednostih gladine podzemne vode za ohranjanje habitata in zaradi pomanjkanja podatkov o gladini podzemne vode na nekaterih območjih KEOPV.

Preizkus vpliva odvzemov podzemne vode na vdore slane vode je bil opravljen za vodonosni sistem 50621 Brestovica – Timava (VTPodV 5019 Obala in Kras z Brkini), ki je domnevno v stiku z morsko vodo, obenem pa predstavlja strateško pomemben vir regionalne oskrbe s pitno vodo (Urbanc, 2020). Ugotovljeno je bilo, da črpanje podzemne vode ne povzroča vdora slane vode, kar so potrdili tudi raziskovalni rezultati 30-dnevnega črpalnega poskusa na štirih vrtinah vodnega vira Brestovica – Klariči v letu 2008 (Urbanc et al., 2012) ter rezultati raziskav s ciljem izboljšanja konceptualnega modela in transporta podzemne vode v zahodnem delu kraškega vodonosnika Krasa (Petrič et al., 2018, 2019, 2020, 2021, 2022).

Preizkus vpliva odvzemov podzemne vode na vdore vode slabše kakovosti je bil opravljen tudi za VTPodV 3012 Dravska kotlina, za katerega je bilo količinsko stanje podzemne vode opredeljeno kot »slabo«. Že v NUV II na vodnem območju Donave iz leta 2016 (Vlada RS, 2016a) je opredeljeno,



Sl. 10. Mesečna povprečja piezometrične gladine podzemne vode v opazovalnih vrtinah Do-1 (Dobrovnik) in V-66 (Petanjci) v obdobju 2009–2023 z opaznim obratom trenda (Rman et al., 2023).

Fig. 10. Monthly averages of the piezometric groundwater level in piezometers Do-1 (Dobrovnik) and V-66 (Petanjci) for the period 2009–2023 with evident trend reversal (Rman et al., 2023).

da okoljski cilji glede količinskega stanja v vodnem telesu podzemne vode VTpodV Dravska kotlina do leta 2021 morda ne bodo doseženi. Na osnovi NUV II iz leta 2016 je Računsko sodišče RS v poročilu »Učinkovitost dolgoročnega ohranjanja virov pitne vode« ugotovilo, da do leta 2021 obstaja tveganje, da bo v drugem, pliocenskem vodonosniku prišlo do poslabšanja količinskega stanja podzemne vode (RSRS, 2019a). Na podlagi Revizijskega poročila je Ministrstvo za okolje in prostor predlagalo popravljalne ukrepe v odzivnem poročilu, ki so opisani v Porevizijskem poročilu (RSRS, 2019b). Tveganje za slabo količinsko stanje v tem vodnem telesu je opredeljeno tudi v osnutku NUV III na vodnem območju Donave za obdobje 2022–2027 (MNVP, 2021). »Slaba« ocena količinskega stanja za VTpodV 3012 Dravska kotlina pritrjuje ugotovitvam računskega sodišča o vdoru onesnažene vode iz zgornjega, kvartarnega vodonosnika v spodnji, pliocenski vodonosnik, povzročenega s prekomerno rabo podzemne vode. V prihodnje bo potrebna izvedba raziskav za nadaljnji razvoj konceptualnega modela pliocenskega vodonosnika, ki vključujejo natančno opredelitev napajalnega zaledja vodnega telesa in napajalnega zaledja območij črpanja podzemne vode, natančno opredelitev dinamike toka in gladine podzemne vode tako zgornjega kvartarnega kot tudi spodnjega pliocenskega vodonosnika in poglobitev znanja o geološki zgradbi vodonosnika, ki zajema analizo prisotnosti slabše prepustnih plasti nad obravnavanim vodonosnikom. Za potrditev tehnične primernosti črpalnih objektov bi bil, z namenom doseganja dobrega stanja vodnega telesa podzemne vode, potreben tudi ustrezen tehnični pregled objektov in sanacija le-teh v primeru neprimerne stanja.

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 (Bertalančič et al., 2018). Največje spremembe v skupni količini padavin bodo v zimskem času, ko se pričakuje več padavin in s tem tudi večje količine napajanja podzemne vode (Draksler, 2019). 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, pogostejše pa se bomo srečevali tudi z vmesnimi sušnimi obdobji, na kar kažejo tudi kazalci hidrološke suše podzemne vode v zadnjih desetletjih (Pavlič, 2023).

Zaključek

Ocena količinskega stanja podzemnih voda za NUV III je celovit in standardiziran obdobjni pregled rezultatov monitoringa ter analize količinskega stanja podzemnih voda. Usmerjena je v podporo načrtovanju ukrepov za izboljšanje oz. dolgoročno ohranjanje dobrega stanja podzemnih voda v Sloveniji.

Na podlagi rezultatov izvedenih preizkusov se količinsko stanje v ocenjevalnem obdobju 2014–2019 v večini vodnih teles podzemne vode v Sloveniji ocenjuje s skupno oceno »dobro« s srednjo do visoko stopnjo zaupanja. Izjema je vodno telo podzemne vode VTpodV 3012 Dravska kotlina, kjer je bilo zaradi neizpolnjevanja kriterijev dobrega količinskega stanja, s preizkusom vpliva odvzemov podzemne vode na vdore slane vode ali vode slabše kakovosti, stanje ocenjeno kot »slabo« s srednjo stopnjo zaupanja.

V prihodnosti lahko pričakujemo močnejše in pogostejše nalive ter neurja, pogostejše pa se bomo srečevali tudi z vmesnimi sušnimi obdobji, zato se bo potrebno v prihodnjem načrtu upravljanja z vodami resneje in celostno osredotočiti na prihodnje izzive spopadanja z ekstremnimi hidrološkimi pojavi, ki jih povzroča spremenjeno podnebje ter se nanje ustrezno prilagoditi. Večjo pozornost bo v prihodnje potrebno nameniti tudi vzdržni rabi podzemne vode v globokem geotermalnem vodonosniku na severovzhodu države (vodno telo podzemne vode VTpodV 4016 Murska kotlina).

Zahvala

Razvoj metodologije za oceno količinskega stanja podzemnih voda je plod večletnega dela sodelavcev ARSO, kjer izpostavljamo strokovni prispevek bivših kolegov Nika Trišiča in dr. Jožeta Uhana. Za njun doprinos se iskreno zahvaljujemo. Zahvala gre tudi recenzentoma revije za hiter in strokoven pregled članka ter konstruktivne pripombe.

Literatura

- Andjelov, M., Gale, U., Kukar, N., Trišič, N. & Uhan, J. 2006: Groundwater quantitative status assessment in Slovenia. *Geologija*, 49/2: 383–391. <https://doi.org/10.5474/geologija.2006.027>
- Andjelov, M., Frantar, P., Mikulič, Z., Pavlič, U., Savič, V., Souvent, P. & Trišič, N. 2015: Količinsko stanje podzemnih voda v Sloveniji - Osnove za NUV 2015–2021. Agencija RS za okolje, Ljubljana: 64 p. Internet: <https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/hidro/wa->

- tercycle/text/sl/publications/monographs/Kolicinsko_stanje_podzemnih_voda_v_Sloveniji_OSNOVE_ZA_NUV_2015_2021_2015.pdf (19.9.2023)
- Andjelov, M., Frantar, P., Mikulič, Z., Pavlič, U., Savič, V., Souvent, P. & Uhan, J. 2016a: Groundwater quantitative status assessment for River Basin Management Plan 2015–2021 in Slovenia. *Geologija*, 59/2: 205–219. <https://doi.org/10.5474/geologija.2016.012>
- Andjelov, M., Mikulič, Z., Tetzlaff, B., Uhan, J. & Wendland, F. 2016b: Groundwater recharge in Slovenia: results of a bilateral German-Slovenian Research project. *Schriften des Forschungszentrums Jülich. Reihe Energie & Umwelt*, 339: 138 p. Internet: https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/hidro/watercycle/text/sl/publications/monographs/Groundwater_recharge_in_Slovenia_Energie_Umwelt_339_2016.pdf (19.9.2023)
- Andjelov, M., Draksler, A., Frantar, P., Pavlič, U., Rman, N. & Souvent, P. 2019: Količinsko stanje podzemnih voda v Sloveniji. Poročilo o monitoringu v letu 2017. Agencija RS za okolje, Ljubljana: 103 p. Internet: https://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/publikacije%20in%20porocila/Kolicinsko_stanje_podzemnih_voda_v_Sloveniji_Porocilo_o_monitoringu_2017.pdf (27.11.2023)
- Andjelov, M., Frantar, P., Pavlič, U., Rman, N. & Souvent, P. 2021a: Količinsko stanje podzemnih voda v Sloveniji - Osnove za NUV 2022–2027. Agencija RS za okolje, Ljubljana: 95 p. Internet: 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 (19.9.2023)
- Andjelov, M., Frantar, P., Pavlič, U., Rman, N. & Souvent, P. 2021b: Količinsko stanje podzemnih voda v Sloveniji. Poročilo o monitoringu v letu 2019. Agencija RS za okolje, Ljubljana: 110 p. Internet: https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/hidro/watercycle/text/sl/publications/periodic_publications/gw_monitoring_reports/Kolicinsko_stanje_podzemnih_voda_v_Sloveniji_Porocilo_o_monitoringu_2019.pdf (19.9.2023)
- Bertalanič, R., Dolinar, M., Draksler, A., Honzak, L., Kobold, M., Kozjek, K., Lokošek, N., Medved, A., Vertačnik, G., Vlahovič, Ž. & Žust, A. 2018: Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja. Sintezno poročilo – prvi del. Agencija RS za okolje, Ljubljana: 156 p. Internet: https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/OPS21_Porocilo.pdf (19.9.2023)
- Draksler, A. 2019: Analiza vplivov podnebnih sprememb na vodne in energetske vire. Ocena količinskega stanja podzemne vode v spremenjenem podnebj. Končno poročilo izvedbe »Ocene količinskega stanja podzemne vode v spremenjenem podnebj«, Strokovne storitve, Andrej Draksler s.p., Ljubljana: 21 p.
- Evropska okoljska agencija 2005: The European environment – State and outlook 2005. Copenhagen: 570 p. Internet: [2af330fead51c0d-5e7cd0aad6e54243a](https://data.europa.eu/doi/10.2779/77587) (19.9.2023)
- Evropska komisija, Directorate-General for Environment 2009: Guidance on groundwater status and trend assessment. Guidance document No 18. Publications Office, Luxembourg: 82 p. Internet: <https://data.europa.eu/doi/10.2779/77587> (19.9.2023)
- Evropska komisija 2016: Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive and the Floods Directive. Guidelines on Integrating Water Reuse into Water Planning and Management in the context of the WFD, Amsterdam: 93 p. Internet: https://suwanu-europe.eu/wp-content/uploads/2019/05/Guidelines_on_water_reuse.pdf (19.9.2023)
- Frantar, P., Draksler, A., Herrmann, F. & Wendland, F. 2019: Climate change impact on groundwater recharge in Slovenia in the period 2011–2100. In: Gomez Hernandez, J. & Andreo Navarro, B. (eds.): Proceedings of the 46th Annual Congress of the International Association of Hydrogeologists (Groundwater management and governance: coping with uncertainty), Málaga: p. 172.
- Höller, C. 2004: Erstabschätzung der vervübaren Grundwasserressource für Einzelgrundwasserkörper mit unzureichender Datenlage. Gem. EU-WRR, September 2004. Methodenbeschreibung für strategiepapier des BML-FUW. Technisches Büro für Kulturtechnik & Wasserwirtschaft, Güssnig: 89 p.
- Janža, M., Šram, D., Mezga, K., Andjelov, M. & Uhan, J. 2016: The assessment of the required groundwater quantity for the conservation of ecosystems and the achievement of a good ecological status of surface waters. *Geologija*, 59/2: 221–232. <https://doi.org/10.5474/geologija.2016.013>

- Lapanje, A., Rman, N., Serianz, L., Adrinek, S. & Vengust, A. 2018: Analiza programov in poročil monitoringa odzemov podzemne vode po koncesijskih pogodbah za leto 2018. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana: 55 p.
- Mezga, K., Janža, M., Šram, D. & Koren, K. 2015: Priprava strokovnih podlag in strokovna podpora pri izvajanju vodne direktive za področje podzemnih voda (Direktiva 2000/60/EC), 2. UKREP DDU26: Analiza razpoložljivih zalog podzemne vode in površinske vode ter obstoječe in predvidene rabe vode za obdobje do 2021 – Pregled ekosistemov odvisnih od stanja podzemnih vod (končno poročilo). Geološki zavod Slovenije, Ljubljana: 77 p.
- Mihorko, P. & Gacin, M. 2019: Kemijsko stanje podzemne vode v Sloveniji. Poročilo za leto 2018. Agencija RS za okolje, Ljubljana: 48 p. Internet: http://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/publikacije%20in%20porocila/Porocilo_podzemne_2018_splet.pdf (13.11.2023)
- MNVP 2021: Osnutek načrta upravljanja voda na vodnem območju Donave za obdobje 2022–2027. Gradivo za javno obravnavo, Ministrstvo za naravne vire in prostor. Internet: https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Javne-objave/Javne-obravnavo/NUV_III/nuvIII_osnutek_Donava.pdf (15.9.2023)
- Pavlič, U. 2023: Hidrološka suša podzemnih vod: [PP13]. Kazalci okolja v Sloveniji. Internet: <http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/hidroloska-susa-podzemnih-vod> (10.9.2023)
- Petrič, M., Viršek Ravbar, N., Blatnik, M., Gabrovšek, F. & Mulec, J. 2018: Hidrogeološke analize za potrebe razvoja konceptualnega modela na območju meddržavnega podzemnega toka vode na Krasu – aktivnosti v letu 2018. ZRC-SAZU: Inštitut za raziskovanje krasa, Postojna: 11 p.
- Petrič, M. & Viršek Ravbar, N. 2019: Hidrogeološke analize za potrebe razvoja konceptualnega modela na območju meddržavnega podzemnega toka vode na Krasu – aktivnosti v letu 2019. ZRC-SAZU: Inštitut za raziskovanje krasa, Postojna: 14 p.
- Petrič, M. & Viršek Ravbar, N. 2020: Hidrogeološke analize za potrebe razvoja konceptualnega modela na območju meddržavnega podzemnega toka vode na Krasu – aktivnosti v letu 2020. ZRC-SAZU: Inštitut za raziskovanje krasa, Postojna: 17 p.
- Petrič, M. & Ravbar, N. 2021: Hidrogeološke analize za potrebe razvoja konceptualnega modela na območju meddržavnega podzemnega toka vode na Krasu – aktivnosti v letu 2021. ZRC-SAZU: Inštitut za raziskovanje krasa, Postojna: 14 p.
- Petrič, M., Ravbar, N., Kogovšek, B., Mulec, J., Frantar, P. & Pavlič, U. 2022: Hidrogeološke analize za potrebe razvoja konceptualnega modela na območju meddržavnega podzemnega toka vode na Krasu – aktivnosti v letu 2022. ZRC-SAZU: Inštitut za raziskovanje krasa, Postojna: 27 p.
- Preda, E., Kløve, B., Kværner, J., Lundberg, A., Siergieiev, D., Boukalova, Z., Wachniew, P., Postawa, A., Witczak, S., Balderacchi, M., Trevisan, M., Ertürk, A., Gonenc, E., Rossi, P., Muotka, T., Ilmonen, J., Stefanopoulos, K. & Vadineanu, A. 2014: New indicators for assessing GDE vulnerability, deliverable D4.3, GENESIS project: 108 p.
- Rajver, D., Pestotnik, S., Rman, N., Hribernik, K., Srša, A., Lapanje, A., Prestor, J. & Adrinek, S. 2023: Pregled rabe geotermalne energije v Sloveniji v letu 2022 in način pridobivanja podatkov o trgu geotermalnih toplotnih črpalk. Mineralne surovine v letu 2022, 19/1: 154–173.
- Rman, N., Lapanje, A., Šram, D., Janža, M., Rižnar, I., Rajver, D., Koren, K. & Hribernik, K. 2014: Hidrogeološki matematični model toka podzemne vode in prenosa toplote. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana: 36 p.
- Rman, N., Lapanje, A., Prestor, J. & O'Sullivan, M. 2016: Mitigating depletion of a porous geothermal aquifer in the Pannonian sedimentary basin. Environmental Earth Sciences, 75: 237. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5634-1>
- Rman, N. & Šram, D. 2019: Hidrogeološki matematični model toka podzemne vode in prenosa toplote v globokem geotermalnem telesu podzemne vode severovzhodne Slovenije – novelacija v letu 2019. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana: 54 p.
- Rman, N., Adrinek, S. & Lapanje, A. 2023: Hidrogeološki matematični model prenosa toplote v globokem geotermalnem telesu podzemne vode severovzhodne Slovenije – novelacija modela v letu 2023. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana: 50 p.
- RSRS – Računsko sodišče Republike Slovenije 2019a: Revizijsko poročilo, Učinkovitost dolgoročnega ohranjanja virov pitne vode. Številka: 320-7/2017/30. Internet: http://www.rs-rs.si/fileadmin/user_upload/Datoteke/Revizije/2019/PitnaVoda/PitnaVoda_RSP.pdf (10. 9. 2023)
- RSRS – Računsko sodišče Republike Slovenije 2019b: Porevizijsko poročilo, Popravljalni

- ukrepi pri reviziji učinkovitosti dolgoročnega ohranjanja virov pitne vode. Številka: 320-7/2017/35. Internet: http://www.rs-rs.si/file-admin/user_upload/Datoteke/Revizije/2019/PitnaVoda_porev/PitnaVoda_RSP_Porev-izijskoP.pdf (10.9.2023)
- Tancar, M. & Vižintin, G. 2021: Analiza letnih poročil in programov koncesionarjev geotermalne rabe vode in proizvodnje pijač za leto 2020. HGEM, Ljubljana: 37 p.
- Uradni list RS 2003: Pravilnik o metodologiji za določanje vodnih teles podzemnih voda. Uradni list RS, št. 65/2003. Internet: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV5074> (15.9.2023)
- Uradni list RS 2005, 2018: Pravilnik o določitvi vodnih teles podzemnih voda. Uradni list RS, št. 63/2005 in 8/2018. Internet: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV6945> (15.9.2023)
- Uradni list RS 2009a, 2012, 2016: Uredba o stanju podzemnih voda. Uradni list RS, št. 25/2009, 68/2012 in 66/2016. Internet: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED5121> (15.9.2023)
- Uradni list 2009b: Pravilnik o monitoringu podzemnih voda. Uradni list RS, št. 31/2009. Internet: <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV9521> (15.9.2023)
- Urbanc, J., Mezga, K. & Zini, L. 2012: An assessment of capacity of Brestovica - Klariči karst water supply (Slovenia). *Acta Carsologica*, 41/1: 89–100. <https://doi.org/10.3986/ac.v41i1.50>
- Urbanc, J. 2020: Klariči pri Brestovici – prezrti vir pitne vode, Blog 11.11.2020. Internet: <https://sdzv-drustvo.si/novice/klarici-pri-brestovici-prezrti-vir-pitne-vode/> (8.11.2023)
- Vlada RS 2016a: Načrt upravljanja voda na vodnem območju Donave za obdobje 2016–2021. Internet: https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Voda/NUV/63dbe4066b/NUV_VOD.pdf (15.9.2023)
- Vlada RS 2016b: Načrt upravljanja voda na vodnem območju Jadranskega morja za obdobje 2016–2021. Internet: https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Voda/NUV/4195091b63/NUV_VOJM.pdf (18.9.2023)
- WFD Ireland 2005: WFD pressures and Impact Assessment Methodology: Guidance on the Assessment of the impact of groundwater abstractions, Paper by the Working Group on Groundwater, 23 p.
- Internet sources:
- Internet 1: https://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pod_arhiv_tab.php (6.10.2023)
- Internet 2: https://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php (7.11.2023)
- Internet 3: <https://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/> (7.11.2023)