



ARSO OKOLJE

Kemijsko stanje podzemne vode v Sloveniji

Poročilo za leto 2020

Kemijsko stanje podzemne vode v Sloveniji

ISSN 1855-5330

Ljubljana, september 2021

Izdajatelj: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Ljubljana, Vojkova 1b

Odgovarja: mag. Jožko Knez, v.d. generalnega direktorja

Avtorji: mag. Marina Gacin
mag. Polonca Mihorko

Deskriptorji: Slovenija, podzemna voda, kakovost, onesnaženje, vzorčenje, kemijsko stanje, trendi, nitrati, pesticidi, ostanki zdravil

Descriptors: Slovenia, groundwater, quality, pollution, sampling, chemical status, trends, nitrates, pesticides, pharmaceuticals

Podatki monitoringa so objavljeni na spletni strani Agencije RS za okolje:

- [Podzemna voda](#)
- Podatki [v Excelovih tabelah po letih](#)
- [GIS spletni pregledovalnik](#)
- [Podzemna voda – bogastvo, skrito pod zemeljskim površjem](#)

©2021, Agencije Republike Slovenije za okolje

Razmnoževanje publikacije ali njenih delov ni dovoljeno. Objava besedila in podatkov v celoti ali deloma je dovoljena le z navedbo vira.

Kemijsko stanje podzemne vode

Poročilo za leto 2020

AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

Ljubljana, september 2021

Povzetek

Podzemna voda, skrita pod zemeljskim površjem je vrednota, ki je ne vidimo in pogosto zaradi tega tudi ne cenimo dovolj. Njeno lepoto lahko občudujemo le na mestih, kjer izvira, ali pa v naših kraških jamah. Dejstvo, da je skrita pod zemeljskim površjem, pogosto daje lažni občutek, da je podzemna voda zaščiten pred morebitnim onesnaženjem, ki ga povzroča človek s svojimi dejavnostmi (kmetijstvo, industrija, komunalne odpadne vode...). Pa vendar ima podzemna voda slabo samočistilno sposobnost in onesnaženje, ki zaide v podzemno vodo, se zaradi specifičnih fizikalnih in kemijskih procesov tam zadržuje daljši čas. Zato je najpomembnejša naloga vseh nas preprečevanje vsakršnega onesnaženja, še posebej ob dejstvu, da za približno 97 % prebivalcev v Sloveniji podzemna voda predstavlja glavni vir pitne vode.

Agencija Republike Slovenije za okolje izvaja imisijski monitoring voda v naravnem okolju na podlagi Zakona o varstvu okolja. Program spremljanja kakovosti podzemne vode je za vsako leto pripravljen v skladu z Uredbo o stanju podzemnih voda in Pravilnikom o monitoringu podzemnih voda, ki sta v slovenski pravni red v letu 2009 prenesla Direktivo o varstvu podzemne vode pred onesnaževanjem in poslabšanjem.

Cilj direktive o vodah je, da države članice varujejo, izboljšujejo in obnavljajo stanje vseh vodnih teles površinske in podzemne vode tako, da se doseže dobro stanje. Direktiva predpisuje izvajanje nadzornega in operativnega monitoringa. Nadzorni monitoring se izvaja v skladu z načrtom upravljanja voda, ki se pripravi vsakih šest let in zajema določanje kemijskega stanja na vseh vodnih telesih. Operativni monitoring se izvaja letno na vodnih telesih, ki v preteklosti niso dosegala dobrega kemijskega stanja, na vodnih telesih, ki so zaradi rabe prostora še posebej ranljiva in vodnih telesih, v katerih so viri namenjeni oskrbi s pitno vodo večjega števila prebivalcev.

V letu 2020 je potekal nadzorni monitoring, ki se izvaja enkrat v okviru šestletnega Načrta upravljanja voda. Kakovost podzemne vode se je spremljala na vseh 21 vodnih telesih.

Rezultati monitoringa kemijskega stanja podzemne vode v letu 2020 so tako kot tudi v preteklih letih pokazali, da so bolj obremenjena vodna telesa, kjer prevladujejo vodonosniki z medzrnsko poroznostjo, boljše kakovosti pa je podzemna voda v vodnih telesih s prevladujočo razpoklinsko ali kraško poroznostjo. Zaradi intenzivnih človekovih dejavnosti so najbolj obremenjena vodna telesa v severovzhodnem delu Slovenije. Tako smo v letu 2020 slabo kemijsko stanje določili za Savinjsko, Dravsko in Mursko kotlino. Podzemna voda v Savinjski, Dravski in Murski kotlini je prekomerno obremenjena z nitrati, v Dravski kotlini pa tudi z atrazinom in njegovim razpadnim produktom desetil-atrazinom. Na nekaterih vodnih telesih smo občasno ugotovili tudi lokalno obremenjenost z lahko-hlapnimi halogeniranimi ogljikovodiki.

V letu 2020 smo izvedli tudi štiri raziskovalne monitoringe. Nadaljevali smo z raziskavami onesnaženosti voda na območju, kjer živi človeška ribica ter z monitoringom ostankov zdravil v podzemni vodi. Izvedli smo tudi mesečno vzorčenje podzemne vode na Apaškem polju, z namenom pregleda nihanja nitrata preko leta ter ponovili analize perfluorooktansulfonske kisline (PFOS).

V poročilu je na kratko prikazan sistem ocenjevanja kemijskega stanja (merila, standardi kakovosti) in ocena kemijskega stanja za leto 2020. Predstavljena je analiza trendov in podana so poglavja o rezultatih raziskovalnih monitoringov.

[Rezultati monitoringa](#) so od leta 2006 do 2020 dostopni na spletni strani Agencije za okolje in na spletnem [GIS pregledovalniku](#).

Rezultate poročamo tudi na različne mednarodne institucije, kot so npr. Evropska komisija, Evropska okoljska agencija (EEA WISE-SOE)

KAZALO

1	MERILA ZA OCENO KEMIJSKEGA STANJA PODZEMNE VODE	1
2	OCENA KEMIJSKEGA STANJA PODZEMNE VODE	2
3	TRENDI ONESNAŽEVAL V PODZEMNI VODI	4
3.1	Statistična metoda za ugotavljanje trendov	4
3.2	Statistično značilni trendi onesnaževal v obdobju 1998-2020	5
4	PREGLED PARAMETROV KEMIJSKEGA STANJA	5
4.1	Nitrati	5
4.1.1	Vdor vode slabše kakovosti v pliocenski vodonosnik Dravskega polja	9
4.2	Pesticidi	11
4.3	Lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki	15
5	OCENA KAKOVOSTI PODZEMNE VODE PO PRAVILNIKU O PITNI VODI	15
6	RAZISKOVALNI MONITORINGI.....	17
6.1	Nitrat na Apaškem polju	17
6.2	Stanje podzemne vode kraških izvirov na ogroženih območjih človeške ribice	22
6.3	Ostanki zdravil in kofeina v podzemni vodi	25
6.4	Analize perfluorooktansulfonske kisline	28
7	SULFATI V PODZEMNI VODI	30
8	VIRI.....	33

1 MERILA ZA OCENO KEMIJSKEGA STANJA PODZEMNE VODE

Parametri, za katere so z Uredbo o stanju podzemnih voda določeni standardi kakovosti podzemne vode in vrednosti praga, ki razmejujejo dobro oziroma slabo kemijsko stanje, so razvidni iz tabel 1 in 2. Preseganje standardov kakovosti in vrednosti praga se ugotavlja na podlagi povprečne letne vrednosti na posameznem merilnem mestu.

Tabela 1: Standardi kakovosti za oceno kemijskega stanja podzemne vode

Parameter	Enota	Standard kakovosti
Nitrati	mg NO ₃ /L	50
Posamezni pesticid ter njegovi relevantni ⁽¹⁾ razgradnji produkti	µg/L	0,1 ⁽²⁾
Vsota vseh izmerjenih pesticidov in njihovih relevantnih razgradnih produktov ⁽³⁾	µg/L	0,5

⁽¹⁾ relevantni razgradnji produkti so relevantni razgradnji produkti pesticidov v skladu s predpisi, ki urejajo registracijo fitofarmacevtskih sredstev (registracijo ali dajanje v promet);

⁽²⁾ Vrednost parametra velja za vsak posamezni pesticid. Za aldrin, dieldrin, heptaklor in heptaklor epoksid je vrednost parametra 0,030 µg/L.

⁽³⁾ vsota pesticidov in njihovih relevantnih razgradnih produktov: organoklorini, triazinski, organofosforni pesticidi, derivati fenoksi ocetne kisline, derivati sečnine (podrobneje so določeni v programu monitoringa kakovosti podzemne vode);

Tabela 2: Vrednosti praga za oceno kemijskega stanja podzemne vode

Parameter	Enota	Vrednost praga
Diklorometan	µg/L	2
Tetraklorometan	µg/L	2
1,2-Dikloroetan	µg/L	3
1,1-Dikloroeten	µg/L	2
Trikloroeten	µg/L	2
Tetrakloroeten	µg/L	2
Vsota lahkih alifatskih halogeniranih ogljikovodikov ⁽¹⁾	µg/L	10

¹ Triklorometan, tribromometan, bromodiklorometan, dibromoklorometan, difluoroklorometan, diklorometan, tetraklorometan, triklorofluorometan, 1,1-dikloroeten, 1,2-dikloroeten, trikloroeten, tetrakloroeten, 1,1-dikloroetan, 1,2-dikloroetan, 1,1,1-trikloroetan, 1,1,2-trikloroetan, 1,1,2,2-tetrakloroetan.

Kemijsko stanje vodnega telesa podzemne vode se določa za vsako posamezno vodno telo. Pri določanju kemijskega stanja se upošteva:

- preseganje standardov kakovosti in vrednosti praga,
- oceno učinkov vdora slane vode ali drugih vdorov v vodno telo podzemne vode,
- oceno koncentracij onesnaževal, ki so bile iz vodonosnika s podzemno vodo prenešene v površinsko vodo in ki lahko povzročajo pomembno in značilno poslabšanje ekološkega ter kemijskega stanja površinske vode,
- pomembne in značilne poškodbe vodnih in kopenskih ekosistemov, ki so neposredno odvisni od podzemne vode. Pri tem se ugotavlja koncentracije onesnaževal v podzemni vodi, ki lahko povzročajo poškodbe ekosistemov,
- kakovost podzemne vode v zavarovanih območjih črpališč pitne vode, kjer se zaradi koncentracij onesnaževal v podzemni vodi lahko poslabša kakovost pitne vode.

Dobro kemijsko stanje vodnega telesa podzemne vode je stanje, pri katerem:

- je kemijska sestava podzemne vode taka, da na nobenem merilnem mestu letna aritmetična srednja vrednost parametrov podzemne vode ne presega vrednosti standardov kakovosti in vrednosti praga,
- koncentracije onesnaževal:
 - ne izkazujejo vdorov morske vode ali drugih vdorov v vodno telo podzemne vode,

- ne preprečujejo doseganja okoljskih ciljev za površinske vode, ki so povezane z vodnim telesom podzemne vode ali
- ne povzročajo pomembnega in značilnega poslabšanja ekološkega ali kemijskega stanja površinskih voda, ki so povezane z vodnim telesom podzemne vode in
- ne povzročajo pomembnih in značilnih poškodb vodnih ter kopenskih ekosistemov, ki so neposredno odvisni od podzemne vode ter
- spremembe v električni prevodnosti ne izkazujejo vdorov morske vode ali drugih vdorov v vodno telo podzemne vode.

Vodno telo podzemne vode ima dobro kemijsko stanje, če so na vsakem merilnem mestu izpolnjeni vsi trije pogoji. V primeru, da je bilo na enem ali več merilnih mestih ugotovljeno neustrezno stanje, ima lahko vodno telo še vedno dobro kemijsko stanje. V takem primeru je potrebno preveriti, kolikšno območje vodnega telesa ali kolikšen volumen podzemne vode tega telesa pripada merilnim mestom s preseženimi standardi kakovosti ali vrednostmi praga. Če je preseganje večje kot 30 %, se za vodno telo določi slabo kemijsko stanje.

2 OCENA KEMIJSKEGA STANJA PODZEMNE VODE

V letu 2020 se je izvajal nadzorni monitoring in sicer na vseh 21 vodnih telesih podzemne vode. V program je bilo vključenih 207 merilnih mest, od tega 129 v vodonosnikih z medzrnsko poroznostjo in 78 v vodonosnikih s kraško in razpoklinsko poroznostjo. Vodna telesa, njihova površina, število merilnih mest in gostota merilnih mest na vodno telo je podana v tabeli 3.

Tabela 3: Vodna telesa, površina, število merilnih mest in gostota merilnih mest v letu 2020

VTPodV	Površina VTPodV (km ²)	Število MM	Št. MM na 100 km ²
1001 Savska kotlina in Ljubljansko barje	773,55	51	6,59
1002 Savinjska kotlina	109,13	13	11,91
1003 Krška kotlina	96,76	13	13,44
1004 Julijske Alpe v porečju Save	782,82	5	0,64
1005 Karavanke	403,58	4	0,99
1006 Kamniško-Savinjske Alpe	1112,23	8	0,72
1007 Cerkljansko, Škofjeloško in Polhograjsko hribovje	850,04	3	0,35
1008 Posavsko hribovje do osrednje Sotle	1791,62	5	0,28
1009 Spodnji del Savinje do Sotle	1396,99	4	0,29
1010 Kraška Ljubljana	1306,91	7	0,54
1011 Dolenjski kras	3354,50	22	0,66
3012 Dravska kotlina	429,13	27	6,29
3013 Vzhodne Alpe	1268,70	4	0,32
3014 Haloze in Dravinjske gorice	597,19	3	0,50
3015 Zahodne Slovenske gorice	756,16	2	0,26
4016 Murska kotlina	589,42	13	2,21
4017 Vzhodne Slovenske gorice	307,83	4	1,30
4018 Goričko	493,41	2	0,41
5019 Obala in Kras z Brkini	1588,25	3	0,19
6020 Julijske Alpe v porečju Soče	817,34	5	0,61
6021 Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota	1443,11	9	0,62

Legenda: **VTPodV**: vodno telo podzemne vode, **MM**: merilno mesto

Največja gostota merilnih mest je na bolj obremenjenih vodnih telesih, na ostalih, predvsem kraških vodnih telesih, je gostota nižja. Na kraških vodnih telesih reprezentativni kraški izviri z večjimi napajalnimi zaledji zajamejo večji delež telesa.

Kemijsko stanje podzemne vode za leto 2020 je prikazano na karti 1, v tabeli 4 pa je prikazano kemijsko stanje podzemne vode po vodnih telesih za obdobje 2014-2020.

Karta 1: Kemijsko stanje podzemne vode za leto 2020

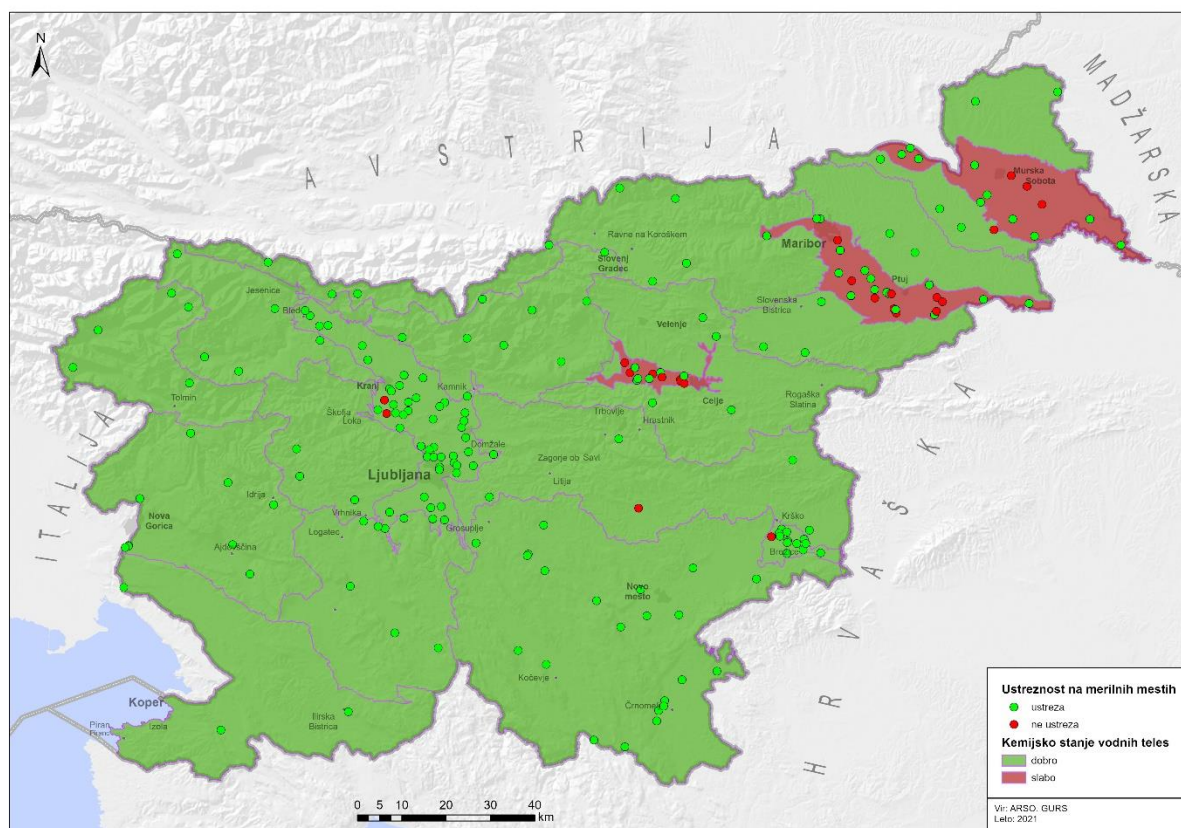


Tabela 4: Kemijsko stanje vodnih teles podzemne vode v obdobju 2014-2020

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
1002	Savinjska kotlina	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo
1003	Krška kotlina	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
1004	Julijske Alpe v porečju Save	/	/	dobro	/	/	/	dobro
1005	Karavanke	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
1006	Kamniško-Savinjske Alpe	/	/	dobro	/	/	/	dobro
1007	Cerkljan., Škofel. in Polhog. hribovje	/	/	dobro	/	/	/	dobro
1008	Posavsko hribovje do osrednje Sotle	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
1009	Spodnji del Savinje do Sotle	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
1010	Kraška Ljubljana	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
1011	Dolenjski kras	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
3012	Dravska kotlina	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo
3013	Vzhodne Alpe	/	/	dobro	/	/	/	dobro
3014	Haloze in Dravinjske gorice	/	/	dobro	/	/	/	dobro
3015	Zahodne Slovenske gorice	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
4016	Murska kotlina	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo
4017	Vzhodne Slovenske gorice	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
4018	Goričko	/	/	dobro	/	/	/	dobro
5019	Obala in Kras z Brkini	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
6020	Julijske Alpe v porečju Soče	/	/	dobro	/	/	/	dobro
6021	Goriška Brda in Trnovsko Banjska planota	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro

Legenda: VTPodV: vodno telo podzemne vode

Podzemna voda je bolj obremenjena v vodonosnikih z medzrnsko poroznostjo, boljše kakovosti pa je v vodonosnikih z razpoklinsko ali kraško poroznostjo. Zaradi intenzivnih človekovih dejavnosti so najbolj obremenjena vodna telesa v severovzhodnem delu Slovenije. V letu 2020 smo slabo kemijsko stanje določili za Savinjsko, Dravsko in Mursko kotlino. Podzemna voda v Savinjski, Dravski in Murski kotlini

je prekomerno obremenjena z nitrati, v Dravski kotlini pa tudi z atrazinom in njegovim razpadnim produktom desetil-atrazinom. Vodni telesi Murska in Savinjska kotlina sta lokalno obremenjeni z lahkoahlapnimi halogeniranimi alifatskimi ogljikovodiki, občasno presejanja opazimo tudi na drugih vodnih telesih.

3 TRENDI ONESNAŽEVAL V PODZEMNI VODI

V skladu s predpisi je potrebno ugotavljati tudi trende onesnaževal v podzemni vodi. Trendi se ugotavljajo za posamezna vodna telesa podzemne vode, kot tudi za posamezna merilna mesta znotraj vodnih teles. Statistično značilni trendi se ugotavljajo za tista merilna mesta, za katere je na voljo najmanj 6 letni niz podatkov. Tako kot prejšnja leta, se je tudi v letu 2020 ugotavljalo trende onesnaževal na vodnih telesih z medzrnsko poroznostjo.

3.1 Statistična metoda za ugotavljanje trendov

Statistična značilnost naraščanja ali padanja koncentracij onesnaževal se je določala z bivariatno neparametrično metodo razvrstitvenega korelacijskega koeficienta r' , s stopnjo zaupanja testa (α) = 0,05. Kriterij za izbor te statistične metode je narava podatkov oziroma spremenljivk, ki jih spremljamo z monitoringom podzemne vode. Neparametrična metoda je bila izbrana, ker daje najboljši možni rezultat glede na lastnosti podatkov o kakovosti podzemne vode in sicer ker:

- frekvenčna porazdelitev podatkov odstopa od normalne,
- opazovan vzorec je manjši, oziroma število opazovanj ni veliko,
- nizi pogosto vsebujejo osamljene vrednosti.

Z neparametrično korelacijo se je ugotavljala enakomernost med spremenljivkama x in y , v našem primeru med spremenljivko časa in vsebnostjo kemijskega parametra v podzemni vodi. Za spremenljivki x in y , ki predstavljata vrednosti naših podatkov, ločeno poiščemo njune razvrstitve $R(x_i)$ in $R(y_i)$. Razvrstitev je mesto vrednosti v zaporedju, urejenem od najnižje proti najvišji vrednosti. Kadar je za vsako opazovanje i , razvrstitev x enaka razvrstitvi y , je razvrstitvena korelacija popolna. Statistika temelji na vsoti razlik med odgovarjajočimi razvrstitvami x in y . Vrednosti koeficienta segajo od 0 (ni korelacije) do 1 ali -1 (popolna pozitivna ali negativna korelacija). Raje kot o linearnem odnosu, govorimo o visoki enakomernosti med spremenljivkama x in y . S statističnim sklepanjem ugotavljamo, kakšne so lastnosti našega vzorca. Obravnavamo dve nasprotujoči si hipotezi. Prva predpostavlja, da korelacije ni, da se razvrstitve ene in druge spremenljivke ne ujemajo. Druga hipoteza predpostavlja, da korelacija obstaja.

1. $H_0: \rho' = 0$ korelacije ni
2. $H_1: \rho' \neq 0$ korelacija obstaja

Spearmanov razvrstitveni koeficient izračunamo s pomočjo formule:

$$r' = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (R(x_i) - R(y_i))^2}{n(n^2 - 1)}$$

Izračunani r' primerjamo s tabelirano kritično vrednostjo. Prvo hipotezo H_0 zavrnamo, kadar je

$$r'_{\text{izračunani}} > r'_{\text{tabelirani}}$$

3.2 Statistično značilni trendi onesnaževal v obdobju 1998-2020

Tako kot prejšnja leta, se je tudi v letu 2020 ugotavljalo trende onesnaževal v vodonosnikih in vodnih telesih podzemne vode z medzrnsko poroznostjo. Rezultati monitoringa kakovosti podzemne vode in analize podatkov za obdobje 1998-2020 kažejo statistično značilne trende zniževanja koncentracij nitrata, atrazina in njegovega razgradnega produkta desetil-atrazina na vodnih telesih podzemne vode in na posameznih merilnih mestih. Statistično značilne trende ugotavljamo za parametre, ki so vzrok slabemu kemijskemu stanju vodnih teles podzemne vode in sicer za nitrat in atrazin. Poleg omenjenih dveh spojin statistično vrednotimo tudi razgradnji produkt atrazina, desetil-atrazin, ki nam poda vpogled v hitrost razpada samega atrazina. V tabeli 5 so prikazana vodna telesa s statistično značilnimi trendi.

Tabela 5: Statistično značilni trendi v vodnih telesih podzemne vode v obdobju 1998-2020

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Nitrat	Atrazin	Desetil-atrazin
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	trend pada		
1002	Savinjska kotlina	trend pada		
1003	Krška kotlina	ni trenda		
3012	Dravska kotlina	trend pada	trend pada	trend pada
4016	Murska kotlina	trend pada	trend pada	trend pada
6021	Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota*	ni trenda		

Legenda: VTPodV: vodno telo podzemne vode, *: ocena trenda le na aluvialnem delu vodnega telesa

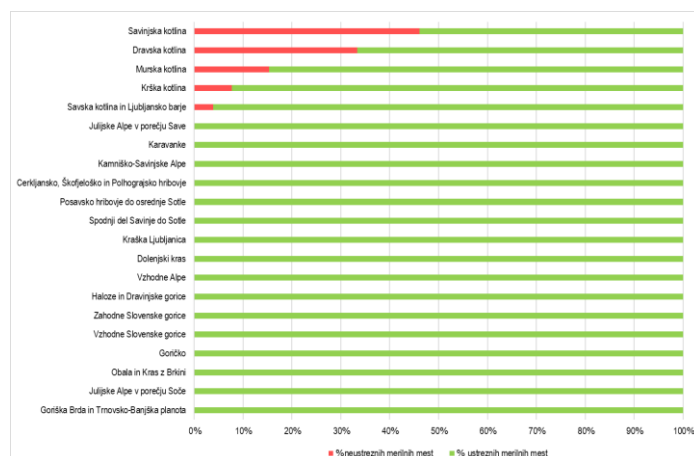
Vsebnost nitrata s statistično značilnostjo pada na štirih vodnih telesih in sicer na Savski kotlini in Ljubljanskem barju ter na Savinjski, Dravski in Murski kotlini. Na vseh teh vodnih telesih statistično značilne trende opazujemo že več let. Na Krški kotlini in na vodnem telesu Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota v letu 2020 statistično značilnega trenda nismo zaznali. Atrazin in njegov razgradnji produkt desetil-atrazina na veliki večini merilnih mest najdemo le še v sledovih. Izjema so le merilna mesta na Dravski kotlini, kjer je atrazin tudi vzrok za slabo kemijsko in na dveh merilnih mestih na Murski kotlini. Vsebnost atrazina in desetil-atrazina se statistično značilno znižuje tako na Dravski kotlini kot tudi Murski kotlini. Na spletni strani ARSO so dostopne [Excelove datoteke](#) z obsežnejšo obdelavo podatkov za vsako vodno telo in po posameznih merilnih mestih.

4 PREGLED PARAMETROV KEMIJSKEGA STANJA

V nadaljevanju so podrobneje predstavljeni parametri, ki so del ocene kemijskega stanja podzemne vode za leto 2020 in sicer vsebnost nitrata, pesticidov in lahkih halogeniranih organskih spojin v podzemni vodi.

4.1 Nitrati

Vsebnost nitrata se v programu monitoringa podzemne vode določa na vseh merilnih mestih v spomladanskem in jesenskem vzorčenju. Analize smo izvedli na 207 merilnih mestih. Na 20 merilnih mestih smo ugotovili preseganje standarda kakovosti, kar predstavlja 9,6 procenta vseh merilnih mest. Na grafikonu 1 je prikazan procent ustreznih in neustreznih merilnih mest po vodnih telesih v letu 2020, v tabeli 5 pa preseganja po posameznih merilnih mestih.



Grafikon 1: Procent ustreznih in neustreznih merilnih mest po vodnih telesih v letu 2020

Standard kakovosti za nitrat ($50 \text{ mgNO}_3/\text{L}$) je bil v letu 2020 presežen na merilnih mestih na petih vodnih telesih. Na Savinjski, Murski in Dravski kotlini je bilo preseganje standarda kakovosti vzrok tudi za slabo kemijsko stanje.

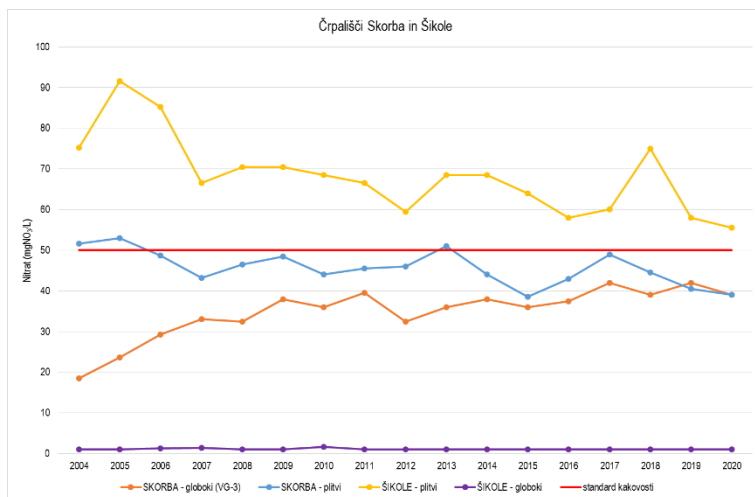
Tabela 5: Preseganje standarda kakovosti za nitrat po merilnih mestih v letu 2020

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Ime merilnega mesta	Nitrati mgNO_3/L
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	ŽABNICA 0590	51,0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	GODEŠIČ SOV-5174	51,0
1002	Savinjska kotlina	TRNAVA Trn-1/14	70,5
1002	Savinjska kotlina	ŠEMPETER 0840	75,0
1002	Savinjska kotlina	ŽALEC Žal 1/14	73,0
1002	Savinjska kotlina	PARIŽLJE Par-1/14	62,0
1002	Savinjska kotlina	LEVEC AMP P-1	51,0
1002	Savinjska kotlina	MEDLOG, vodnjak A	55,5
1003	Krška kotlina	DRNOVO	52,7
3012	Dravska kotlina	PODOVA Pod-1/10	58,0
3012	Dravska kotlina	ŠIKOLE	55,5
3012	Dravska kotlina	KIDRIČEVO	55,5
3012	Dravska kotlina	SPODNJA HAJDINA SHaj-1/14	58,0
3012	Dravska kotlina	DRAŽENCI Dra-1/14	60,0
3012	Dravska kotlina	LANCOVA VAS LP-1	68,5
3012	Dravska kotlina	SOBETINCI Sob-1/14	53,0
3012	Dravska kotlina	ZAGOJČI ZP-3/01	53,5
3012	Dravska kotlina	BUKOVCI Buk-1/14	66,0
4016	Murska kotlina	GANČANI Gan-1/14	71,0
4016	Murska kotlina	ODRANCI (Od-1/09)	77,5

Legenda: **VTPodV**: vodno telo podzemne vode

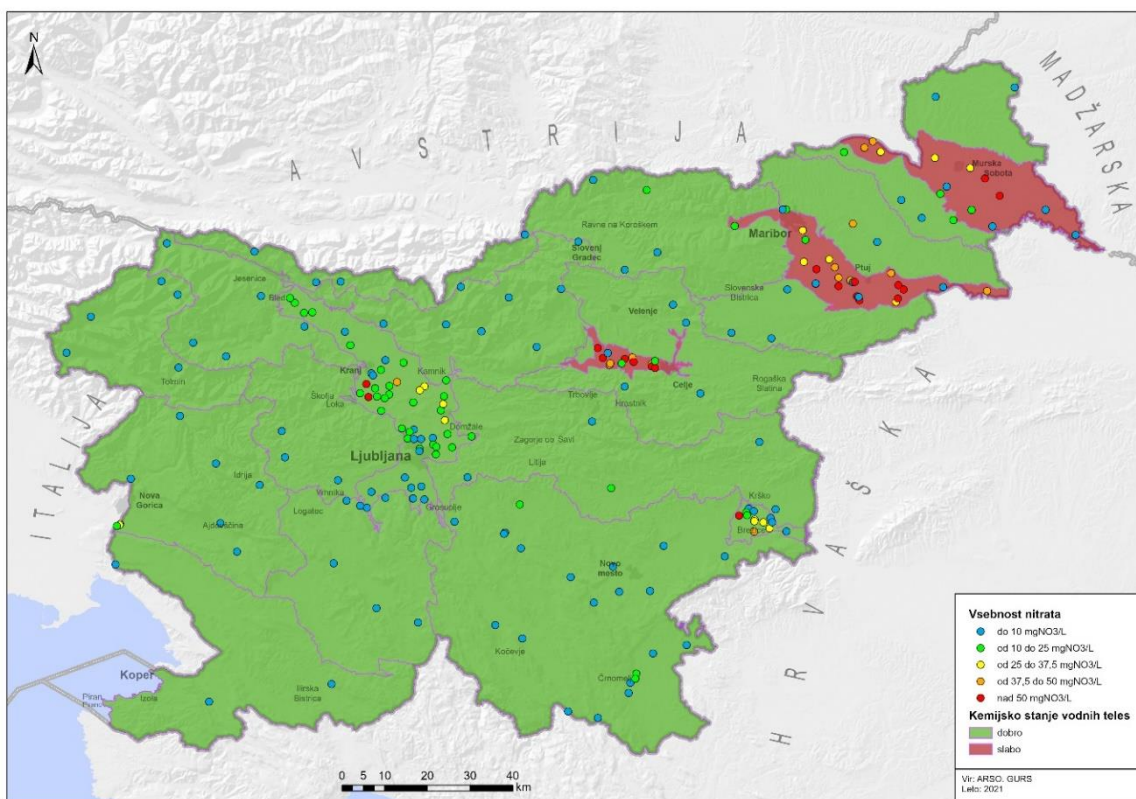
Najvišji delež neustreznih merilnih mest je bil na Savinjski kotlini. Verjetno k temu nekaj pripomore tudi dejstvo, da smo v preteklih letih na tem vodnem telesu razširili mrežo z novimi, reprezentativnimi objekti, ki so bili razmeščeni na najbolj obremenjenih delih vodnega telesa. Drugo najbolj obremenjeno je bilo vodno telo Dravske kotline. Velik problem predstavlja obremenjenost centralnega, južnega in jugovzhodnega dela Dravskega polja. Posebej problematična je vsebnost nitrata na dveh črpališčih pitne vode in sicer v Skorbi in Šikolah. V Šikolah so vsebnosti nitrata vrsto let presežene v plitvem, kvartarnem vodonosniku, v Skorbi pa vsebnost nitrata narašča v spodnjem, pliocenskem vodonosniku (Grafikon 2).

Preseganja standarda za nitrat je bilo prisotno tudi na merilnih mestih v Krški kotlini ter Savski kotlini in Ljubljanskem barju, vendar tu preseganje standarda ni bilo vzrok za slabo kemijsko stanje. Vsebnosti nitrata v podzemni vodi v letu 2020 je prikazana na karti 2.



Grafikon 2: Vsebnost nitrata na črpaljšči pitne vode Škole in Skorba v letih 2004-2020

Karta 2: Vsebnost nitrata v podzemni vodi v letu 2020



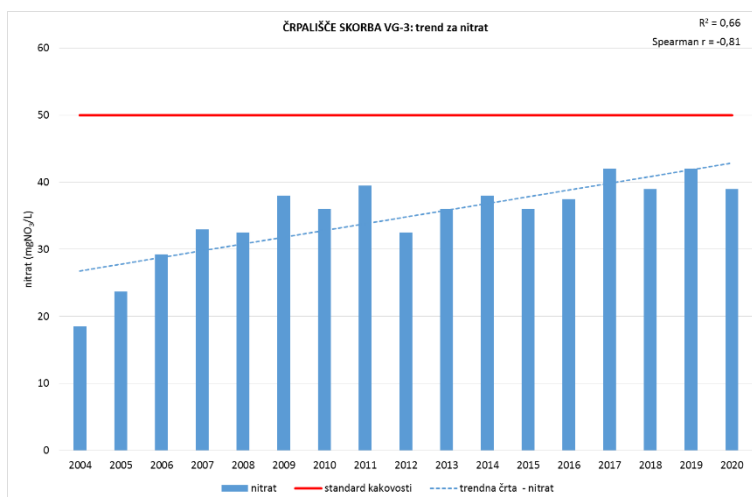
Na vseh merilnih mestih na aluvialnih vodnih telesih spremljamo tudi trende vsebnosti nitrata in jih statistično vrednotimo. V tabeli 6 so prikazana merilna mesta s statistično značilnimi trendi. Dodali smo tudi merilna mesta s preseženim standardom kakovosti pri katerih nismo določili statistično značilnega trenda.

Tabela 6: Merilna mesta s statistično značilnimi trendi, neustrezna merilna mesta po vsebnosti nitrata in povprečna letna vsebnost nitrata v letu 2020

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Merilno mesto	Trend nitrata	Nitrat 2020 (mgNO ₃ /L)
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	ČRPALIŠČE LEK	trend pada	18,3
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	DOMŽALE, C-4	trend pada	20,0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	DRAGOČAJNA D-0185	trend pada	21,5
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	DRULOVKA Dru-1/14	trend pada	9,2
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	GODEŠIČ SOV-5174	trend pada	51,0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	HRASTJE - ŠM1/2D	trend pada	10,5
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	HRASTJE (I a) 0344	trend pada	19,0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	KLEČE (VIII a) 0543	trend pada	9,0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	KOTEKS-ZALOG 0371	trend pada	10,5
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	MEJA Mej-1/13	trend pada	16,5
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	MERCATOR V1	trend pada	18,0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	ROJE LV-0377	trend pada	7,1
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	ŠOBČEV BAJER	trend pada	17,0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	ŽABNICA 0590	trend pada	51,0
1002	Savinjska kotlina	GOTOVLJE 0800	trend pada	38,0
1002	Savinjska kotlina	LEVEC AMP P-1	trend pada	51,0
1002	Savinjska kotlina	LEVEC VC-1772	trend pada	49,0
1002	Savinjska kotlina	MEDLOG, vodnjak A	ni trenda	55,5
1002	Savinjska kotlina	PARIŽLJE Par-1/14	ni trenda	62,0
1002	Savinjska kotlina	ŠEMPETER 0840	trend pada	75,0
1002	Savinjska kotlina	TRNAVA Trn-1/14	ni trenda	70,5
1002	Savinjska kotlina	ŽALEC Žal 1/14	ni trenda	73,0
1003	Krška kotlina	DRNOVO	ni trenda	52,8
1003	Krška kotlina	PB-20	trend pada	0,7
1003	Krška kotlina	SP.STARI GRAD NE-1177	trend pada	4,8
1003	Krška kotlina	VRBINA NE-1077	trend pada	4,4
3012	Dravska kotlina	ČRPALIŠČE SKORBA VG-3	trend narašča	39,0
3012	Dravska kotlina	DRAŽENCI Dra-1/14	ni trenda	60,0
3012	Dravska kotlina	KAMNICA 0080	trend pada	2,7
3012	Dravska kotlina	KIDRIČEVO	ni trenda	55,5
3012	Dravska kotlina	KUNGOTA (Ku-1/09)	trend pada	41,0
3012	Dravska kotlina	LANCOVA VAS LP-1	trend pada	68,5
3012	Dravska kotlina	PODOVA Pod-1/10	ni trenda	58,0
3012	Dravska kotlina	BUKOVCI Buk-1/14	ni trenda	66,0
3012	Dravska kotlina	RAČE Rač-1/10	trend pada	29,0
3012	Dravska kotlina	SKORBA V-5	trend pada	39,0
3012	Dravska kotlina	SOBETINCI Sob-1/14	ni trenda	53,0
3012	Dravska kotlina	SPODNJA HAJDINA SHaj-1/14	ni trenda	58,0
3012	Dravska kotlina	ŠIKOLE	ni trenda	55,5
3012	Dravska kotlina	ZAGOJIČI ZP-3/01	trend pada	53,5
4016	Murska kotlina	GANČANI Gan-1/14	ni trenda	71,0
4016	Murska kotlina	ODRANCI (Od-1/09)	ni trenda	77,5
4016	Murska kotlina	RAKIČAN (Ra-1/09)	trend pada	27,0

Legenda: VTPodV: vodno telo podzemne vode

Rezultati analize trendov so pokazali, da le na enem merilnem mestu vsebnost nitrata statistično značilno narašča in sicer globoki vrtini VG-3, v črpališču pitne vode Skorba (grafikon 3). Na tem merilnem mestu naraščajoč trend opazujemo že od leta 2004, od leta 2014 pa vsebnost nitrata stalno presega 75 % standarda kakovosti.



Grafikon 3: Trend nitrata na globoki vrtini VG-3 na črpališču Skorba

Število merilnih mest s padajočimi trendi na obremenjenih delih vodnega telesa podzemne vode nam poda dodatno informacijo o tem, kdaj bi lahko vodno telo doseglo dobro kemijsko stanje. V tabeli 7 je prikazano število merilnih mest s statistično značilnimi padajočimi trendi in merilna mesta s presežanjem standarda kakovosti brez statistično značilnega trenda.

Tabela 7: Število merilnih mest s statistično značilnimi padajočimi trendi in merilna mesta s presežanjem standarda kakovosti brez statistično značilnega trenda

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Št. MM	Št. MM nitrat >50mgNO ₃ /L	Št. MM s padajočim trendom	Št. MM s padajočim trendom nitrat >50mgNO ₃ /L	Št. MM brez trenda nitrat >50mgNO ₃ /L
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	51	2	14	2	0
1002	Savinjska kotlina	13	6	4	2	4
1003	Krška kotlina	13	1	3	0	1
3012	Dravska kotlina	27	9	6	2	7
4016	Murska kotlina	13	2	1	0	2

Legenda: **VTPodV**: vodno telo podzemne vode, **MM**: merilno mesto

Na vodnih telesih s slabim kemijskim stanjem (Savinjska, Dravska in Murska kotlina) je še vedno veliko merilnih mest, kjer je standard kakovosti za nitrat presežen, statistično značilnega padajočega trenda pa še nismo zaznali. Največ takih merilnih mest je na Dravski kotlini in sicer kar sedem, na Savinjski kotlini štiri, na Murski kotlini pa dve merilni mesti. Dobro stanje bodo ta vodna telesa lahko dosegla, ko bo vsebnost nitrata pričela statistično značilno padati na najbolj obremenjenih merilnih mestih. Glede na veliko število obremenjenih merilnih mest brez statistično padajočega trenda, vodna telesa s slabim stanjem v naslednjih letih z veliko verjetnostjo še ne bodo dosegla dobrega kemijskega stanja.

4.1.1 Vdor vode slabše kakovosti v pliocenski vodonosnik Dravskega polja

V črpališču Skorba ugotavljamo vdor vode slabše kakovosti v spodnji, pliocenski vodonosnik, zaradi naraščanja vsebnosti nitrata v globoki vrtini VG-3, kar je posledica naravnih značilnosti vodonosnikov in antropogene dejavnosti na tem območju.

V letih 1995-1996 so bile v Skorbi z globokimi vodnjaki VG-1, VG-2, VG-3 zajete 3-4 pliocenske vodonosne plasti. Vodnjaki so začeli obratovati v začetku leta 1996. Objekti so bili izvedeni tako, da je bil onemogočen dotok neustrezne vode iz kvartarnega vodonosnika v nižje ležeče plasti. V ta namen so bili vodnjaki do določenih globin zacevljeni s polnimi cevmi in zacementirani, od začetka filtrskih odsekov pa je bil uporabljen tudi manjši premer vrtanja (Žlebnik in Drobne, 1999). Eden izmed objektov (vodnjak VG-3) je že vrsto let vključen tudi v državni monitoring kakovosti podzemne vode.

Glede naravnih danosti vodonosnikov sta Žlebnik in Drobne (1999), upoštevajoč opazovanja in meritve iz septembra 1995 ugotovila, da je bila v črpališču Skorba piezometrična gladina podzemne vode v spodnjih, pliocenskih plasteh v času pred pričetkom črpanja, še nad gladino zgornjega kvartarnega vodonosnika. Bila je okrog 1 m višja od gladine zgornjega kvartarnega vodonosnika, kar je onemogočalo tok onesnažene vode iz višjih, v spodnje ležeče vodonosne plasti. Podzemna voda je bila po podatkih takratnih analiz kemijsko in bakteriološko neoporečna. Pesticidov ni vsebovala, vsebnosti nitratov pa so bile zelo nizke (pod 1 mg/L). Ob raziskavah in izvedbi vodnjakov je bilo ugotovljeno, da se spodnje pliocenske vodonosne plasti dvigajo pod kotom 5° proti severu, severozahodu, zaradi česar so na določeni razdalji od stare črpalnice v Skorbi v neposrednem stiku z zgornjim, dravskim kvartarnim prodom (brez vmesne slabše prepustne plasti). Čim globlje ležijo pliocenske vodonosne plasti, tem dlje od črpalnice je njihovo stičišče z dravskim, kvartarnim prodom.

Avtorja sta napovedala, da se bo gladina podzemne vode s črpanjem v spodnjem, pliocenskem vodonosniku znižala v takšni meri, da bo oporečna voda iz kvartarnega vodonosnika pronicala v spodnji vodonosnik tam, kjer med njima ni debelejša slabša prepustna plast, kjer sta v neposrednem medsebojnem stiku ter v kolikor je ta stik dobro prepusten. Avtorja tudi navajata, da sega območje neposrednega stika med vodonosniki, kjer naj bi se piezometrična gladina v pliocenskem vodonosniku, zaradi skupnega delovanja globokih vodnjakov znižala za več kot 1 m, približno 1 km daleč od vodnjakov, v smeri proti severu-severozahodu. Od tod naprej in v tej smeri naj bi bilo po Dupuitovi depresijski krivulji znižanje piezometrične gladine v pliocenskem vodonosniku manjše od 1 m. S tem naj bi bilo od tod naprej onemogočeno pronicanje onesnaževal iz zgornjega vodonosnika v spodnji.

Avtorja sta glede na geološki presek preko globokih vodnjakov v črpališču Skorba napovedala, da je v vplivnih območjih vodnjakov VG-1 in VG-2 pronicanje oporečne vode pričakovati v prvo pliocensko vodonosno plast, kjer je ta v neposrednem stiku z dravskim, kvartarnim prodom. Za ta dva vodnjaka sta avtorja na ožjem območju črpališča napovedala močno znižanje piezometrične gladine v pliocenskih vodonosnikih zaradi črpanja in posledično pronicanje oporečne vode iz zgornjega vodonosnika v prvo, najplitvejšo pliocensko plast. Pronicanje naj bi bilo močnejše, v kolikor je stik dobro prepusten. V teh dveh vodnjakih je poleg prve, zajetih še več spodaj ležečih pliocenskih vodonosnih plasti, ki pa so navzgor ločene in zamejene z nepropustno glino, kar onemogoča pronicanje onesnaževal v globino. V teh vodnjakih predstavlja prva zajeta pliocenska vodonosna plast manj kot polovico vseh zajetih plasti, zato sta avtorja napovedala razredčenje onesnaževal.

Pronicanje oporečne vode iz zgornjih vodonosnih plasti naj ne bi bilo možno za vodnjak VG-3 (in za takrat, šele načrtovan vodnjak VG-5), saj so v njegovem geološkem profilu pliocenske vodonosne plasti ločene od zgornjih, kvartarnih plasti z nepropustno glino. Pliocenske vodonosne plasti, ki so zajete na lokaciji vodnjaka VG-3, naj bi prišle v neposreden stik s kvartarnim vodonosnikom šele na širšem območju črpališča, na razdalji večji od 1 km. Na tej razdalji naj bi bila piezometrična gladina spodnjih vodonosnih plasti že nekoliko višje, nad gladino plitvega vodonosnika, kar naj bi onemogočalo vdor oporečne vode v spodnje plasti (Žlebnik in Drobne, 1999).

Danes je v Skorbi, v primerjavi z razmerami pred pričetkom črpanja, odnos med zgornjim in spodnjim vodonosnikom antropogeno spremenjen. Piezometrična gladina spodnjega pliocenskega vodonosnika je padla pod gladino zgornjega kvartarnega vodonosnika. To je vzrok za večanje dotoka onesnažene podzemne vode iz plitvih kvartarnih plasti, v spodnje pliocenske plasti (Klasinc, 2013). Kaže, da se to odraža tudi v vrtini VG-3. Povprečna vrednost nitrata je v globoki vrtini VG-3 v letu 2019 znašala že 42 mg/L, v letu 2020 pa 39 mg/L.

Klasinc (2013) v svojem diplomskem delu na osnovi arhivskih podatkov in konceptualnega modela pliocenskega vodonosnika sklepa, da lahko v prihodnje v njem pričakujemo še nadaljnje upadanje piezometrične gladine v bližini večjih črpališč na Dravskem polju in širjenje območij, kjer je ta pod gladino kvartarnega vodonosnika. Ocenil je, da v Skorbi meja takšnega območja sega vsaj 600 m od vodnjakov. Upadanje gladine pripisuje širjenju depresijskega lijaka zaradi povečanja črpanja. Avtor ne izključuje, da v prihodnje na Dravskem polju ne bo prišlo do novih vdorov oporečne vode. Glede na to

lahko pričakujemo, da bodo v prihodnje vsebnosti nitratov v globokem, pliocenskem vodonosniku še naraščale in da okolijski cilji zaradi slabega kemijskega stanja za Dravsko polje ne bodo doseženi.

Zaradi problema naraščanja nitratov smo v letu 2018 merilno mrežo na območju Dravskega polja razširili še za dva dodatna objekta. V črpališču Skorba je bil kot dodatni objekt v mrežo vključen globoki vodnjak VG-4. Dovodno, jugovzhodno od črpališča Skorba, v črpališču Lancova vas, je bil kot dodatni objekt vključen globoki vodnjak GLV-1/00. Oba dodatna objekta sta bila zaradi spremljanja vsebnosti nitrata uvrščena v redni program monitoringa. V obeh dodatnih objektih problemov z nitrati trenutno ne zaznamo, kar kaže, da globoki vodonosnik ni enakomerno onesnažen. Z razširitvijo merilne mreže bomo na ožjem območju črpališča Skorba in v njegovi širši okolici lažje ocenili obseg onesnaženja spodnjega vodonosnika.

4.2 Pesticidi

V letu 2020 smo pesticide analizirali na 180 merilnih mestih na 16 vodnih telesih. Vsebnosti pesticidov nismo spremljali na neobremenjenih vodnih telesih v visokogorju (Julijske Alpe, Karavanke, Kamniško-Savinjske Alpe) in vodnemu telesu Cerkljansko, Škofjeloško in Polhograjsko hribovje. Število merilnih mest in delež neustreznih merilnih mest po vodnih telesih je prikazano v tabeli 8, preseganje standarda kakovosti za posamezen pesticid po merilnih mestih pa v tabeli 9.

Tabela 8: Število merilnih mest in delež neustreznih merilnih mest glede na pesticide po vodnih telesih v letu 2020

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Št. MM	Št. MM, kjer smo analizirali pesticide	Št. neustr. MM glede na vsebnost pesticidov	% neustr. MM glede na vsebnost pesticidov	Metolaklor	Atrazin	Desetil-atrazin	Prometrin
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	51	48	0					
1002	Savinjska kotlina	13	13	0					
1003	Krška kotlina	13	13	0					
1004	Julijske Alpe v porečju Save	5	0						
1005	Karavanke	4	0						
1006	Kamniško-Savinjske Alpe	8	0						
1007	Cerkljansko, Škofjeloško in Polhograjsko hribovje	3	0						
1008	Posavsko hribovje do osrednje Sotle	5	5	1	20,0			1	
1009	Spodnji del Savinje do Sotle	4	4	0					
1010	Kraška Ljubljana	7	7	0					
1011	Dolenjski kras	22	22	0					
3012	Dravska kotlina	27	27	4	14,8		3	1	1
3013	Vzhodne Alpe	4	4	0					
3014	Haloze in Dravinjske gorice	3	3	0					
3015	Zahodne Slovenske gorice	2	2	0					
4016	Murska kotlina	13	13	2	15,4			2	
4017	Vzhodne Slovenske gorice	4	4	1	25,0	1			
4018	Goričko	2	2	0					
5019	Obala in Kras z Brkini	3	3	0					
6020	Julijske Alpe v porečju Soče	5	0						
6021	Goriška Brda in Trnovsko-Banjska planota	9	9	0					

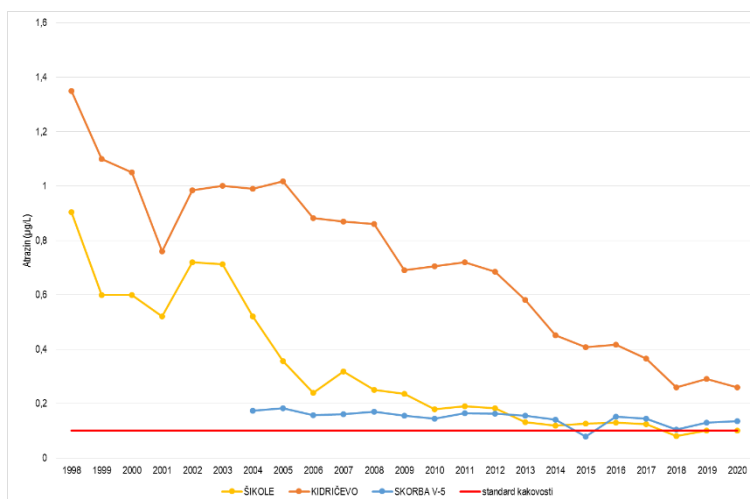
Legenda: **VTPodV**: vodno telo podzemne vode

Tabela 9: Preseganje standarda kakovosti za posamezen pesticid po merilnih mestih v letu 2020

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Ime merilnega mesta	Metolaklor (µg/L)	Atrazin (µg/L)	Desetil-atrazin (µg/L)	Prometrin (µg/L)
1008	Posavsko hribovje do osrednje Sotle	KAMNJE Š-1/92			0,13	
3012	Dravska kotlina	PODOVA Pod-1/10				0,12
3012	Dravska kotlina	ŠIKOLE		0,101		
3012	Dravska kotlina	KIDRIČEVO		0,26	0,12	
3012	Dravska kotlina	SKORBA V-5		0,14		
4016	Murska kotlina	GANČANI Gan-1/14			0,14	
4016	Murska kotlina	ODRANCI (Od-1/09)			0,11	
4017	Vzhodne Slovenske gorice	LUKAVCI V3	0,13			

Legenda: VTPodV: vodno telo podzemne vode

Standard kakovosti je bil presežen na osmih merilnih mestih. Na treh merilnih mestih na Dravski kotlini je bila presežena vsebnost atrazina, kar je vzrok tudi za slabo kemijsko stanje vodnega telesa Dravske kotline. Najvišje vsebnosti atrazina smo določili v vodnjaku v Kidričevem, problem pa predstavlja tudi preseganje atrazina na črpališčih pitne vode v Šikolah in Skorbi (Grafikon 4).



Grafikon 4: Vsebnost atrazina na bolj obremenjenih merilnih mestih Dravske kotline v letih 2004-2020

Atrazin se na Dravski kotlini zadržuje veliko dlje časa kot na drugih vodnih telesih. Verjetno k tej situaciji pripomore več dejavnikov. Eden od njih je zagotovo dejstvo, da je bila Dravska kotlina v primerjavi z drugimi vodnimi telesi v preteklosti daleč najbolj obremenjena z atrazinom. Razloge je potrebno iskati tudi v lastnostih atrazina. Atrazin se v aerobnih pogojih dokaj hitro razgradi, medtem ko je razgradnja v anaerobnih pogojih (brez prisotnosti kisika) počasnejša. Osnovni mehanizem razgradnje zajema reakcijo hidrolize s pomočjo mikroorganizmov. Reakcija razgradnje atrazina v tleh je odvisna tudi od drugih dejavnikov (npr. pH, specifična površina ter poroznosti delcev, delež organske snovi, prisotnosti mikroorganizmov, temperatura,...). Ne gre pa seveda izključiti tudi starih bremen, ki so lahko na površju odprta, ali pa so na različnih globinah vodonosnika še vedno prisotna in se izpirajo v podzemno vodo. Dodaten vzrok za obremenjenost z atrazinom je lahko tudi v geološki zgradbi, hidrogeoloških značilnostih ter geometriji vodonosnikov Dravskega polja, ki niso homogeni. Nehomogenost v prostoru v določenih območjih lahko ustvarja anoksične pogoje z manjšo vsebnostjo kisika.

Dravsko polje gradijo trije vodonosniki. Prvi, medzrnski vodonosnik kvartarne starosti, v katerem beležimo povišane vsebnosti atrazina in drugih onesnaževal, je najbolj ranljiv, dobro propusten,

hidrodinamsko odprt, na zahodnem in jugozahodnem robu polja je močno zaglinjen, kjer je njegova prepustnost slabša. Ob srednjem hidrološkem stanju je gladina podzemne vode v njem nekje med 12,5 m in 7 m globoko. Vodonosnik ima razgibano predkvartarno podlago, ki se v osrednjem delu polja dvigne kot greben nad okolico in vpliva na tok podzemne vode. Ponekod v tej podlagi nastopajo prodno-peščene plasti, ki se začenjajo na globinah nekaj 10 m in segajo v globino 200 – 300 m ter tvorijo drugi, medzrnski vodonosnik terciarne starosti (pliocen). Odnos med kvartarnim in pliocenskim vodonosnikom je specifičen, saj sta vodonosnika ponekod v osrednjem delu Dravskega polja v neposrednem stiku, brez vmesnih, zaščitnih, slabše prepustnih plasti. Vodonosnik se napaja z infiltracijo padavin, nekoč se je napajal tudi s ponikanjem pohorskih potokov, danes pa jih je večina speljana v umetni kanal. Merilna mesta v Šikolah, Kidričevem in v Skorbi, ki so obremenjena z atrazinom, so del hidrogeološke enote, katere napajalno zaledje je na zahodu, na območjih Rančkega in Framskega potoka. Večina vodotokov Dravskega polja je reguliranih, kar je spremenilo tudi tokove podzemne vode (Žlebnik 1982, Žlebnik in Drobne 1999, GeoZS 2005-2006, Turnšek 2016).

V tabeli 10 so prikazana merilna mesta s statistično značilnimi trendi za atrazin in desetil-atrazin ter merilna mesta s preseganji standarda kakovosti brez statistično značilnega trenda. Dodana so tudi merilna mesta s preseganji za desetil-atrazin, na katerih statistično značilnega trenda nismo določili ter povprečna vrednost atrazina in desetil-atrazina v letu 2020.

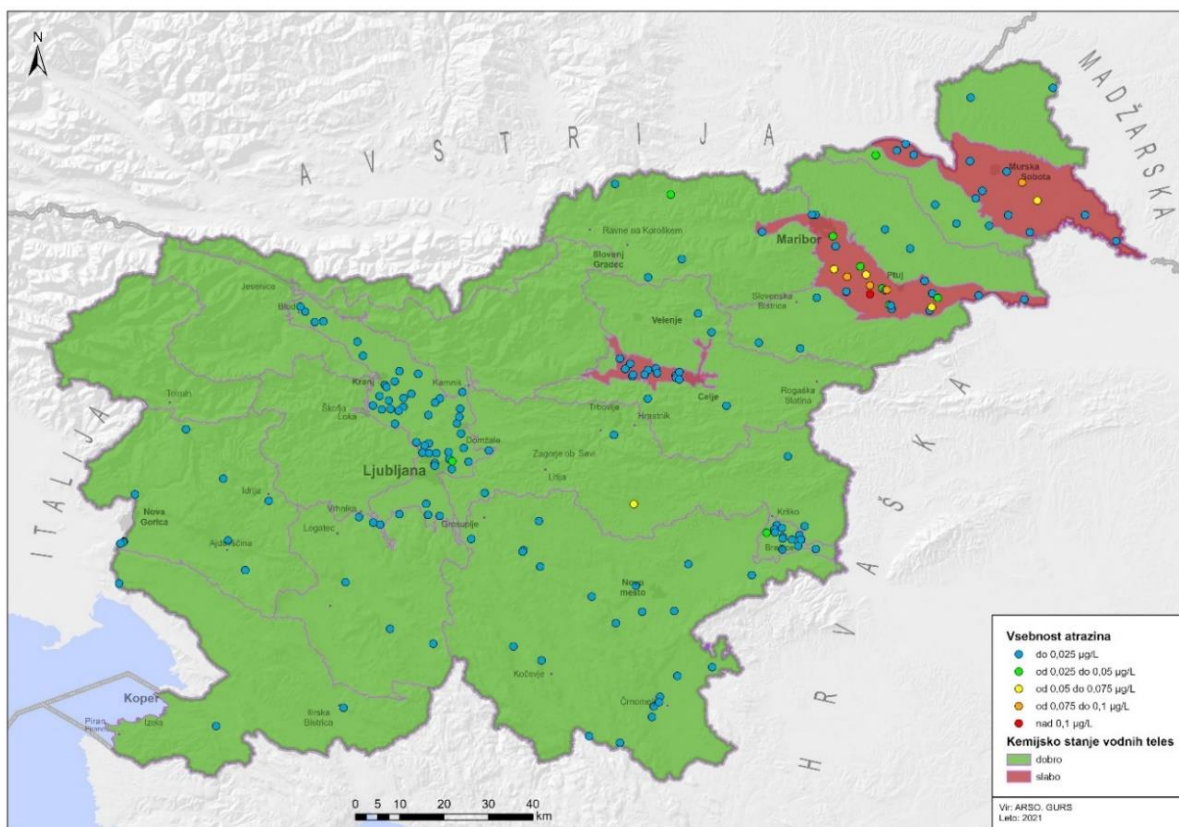
Tabela 10: Statistično značilni trendi za atrazin in desetil-atrazin, merilna mesta s preseganji brez statistično značilnega trenda in povprečna vrednost atrazina in desetil-atrazina v letu 2020

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Merilno mesto	Trend AT	AT (µg/L) 2020	Trend DEAT	DEAT (µg/L) 2020
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	GODEŠIČ SOV-5174			trend pada	0,03
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	HRASTJE (I a) 0344	trend pada	0,03	trend pada	0,03
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	ŽABNICA 0590			trend pada	0,03
1003	Krška kotlina	BREGE - črpališče			trend pada	0,03
1003	Krška kotlina	PB-9			trend pada	0,03
1008	Posavsko hribovje do osrednje Sotle	KAMNJE Š-1/92			ni trenda	0,14
3012	Dravska kotlina	KIDRIČEVO	trend pada	0,26	trend pada	0,12
3012	Dravska kotlina	KUNGOTA (Ku-1/09)	trend pada	0,09	trend pada	0,03
3012	Dravska kotlina	LANCOVA VAS LP-1	trend pada	0,03	trend pada	0,03
3012	Dravska kotlina	PODOVA Pod-1/10	trend pada	0,09		
3012	Dravska kotlina	PREPOLJE, P-1	trend pada	0,05	trend pada	0,03
3012	Dravska kotlina	RAČE Rač-1/10			trend pada	0,02
3012	Dravska kotlina	SIGET H-50			trend pada	0,02
3012	Dravska kotlina	SKORBA V-5	trend pada	0,14	trend pada	0,09
3012	Dravska kotlina	SPODNJA HAJDINA SHaj-1/14	trend pada	0,10		
3012	Dravska kotlina	STARŠE Sta-1/10			trend pada	0,03
3012	Dravska kotlina	ŠIKOLE	trend pada	0,101	trend pada	0,06
3012	Dravska kotlina	TEZNO	trend pada	0,05		
4016	Murska kotlina	ODRANCI (Od-1/09)	trend pada	0,08	trend pada	0,103
4016	Murska kotlina	GANČANI Gan-1/14			ni trenda	0,14

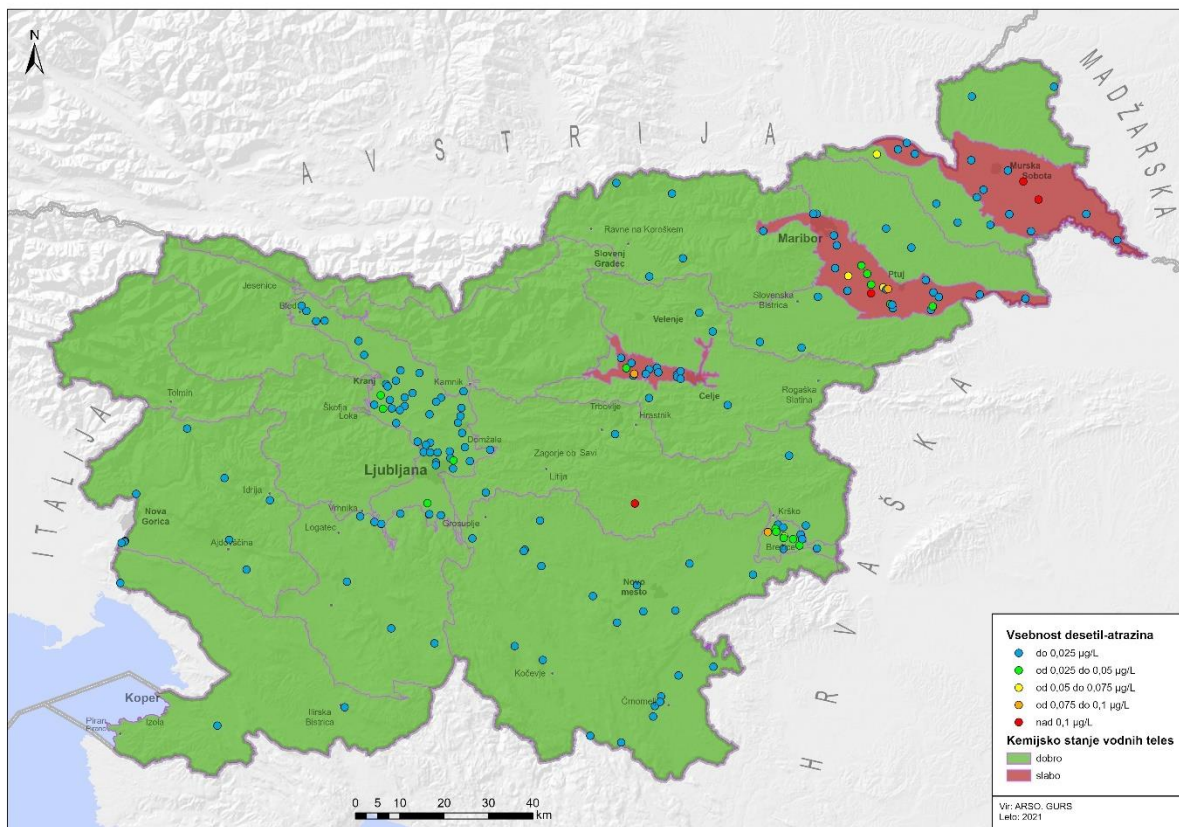
Legenda: **VTPodV**: vodno telo podzemne vode, **AT**: atrazin, **DEAT**: desetil atrazin

Rezultati analize trendov so pokazali, da na vseh merilnih mestih, kjer smo za atrazin in desetil-atrazin določili statistično značilen trend, le ta pada. Statistično značilen padajoči trend smo v letu 2020 določili na enajst merilnih mestih. Dravska kotlina je po vsebnosti atrazina v slabem kemijskem stanju. Na treh merilnih mestih, kjer je vsebnost atrazina presegala standard kakovosti, vsebnost atrazina statistično značilno pada. Najvišje vsebnosti atrazina so bile določene na merilnem mestu Kidričevo, preseganja pa so bila določena tudi v plitvih vrtinah na črpališčih Skorba in Šikole (grafikon 4). Glede na analize trendov bi Dravska kotlina v prihodnjih letih lahko dosegla dobro kemijsko stanje po vsebnosti atrazina. Desetil-atrazin statistično značilno pada na 15 merilnih mestih. Vsebnost desetil-atrazina na nobenem vodnem telesu ni vzrok za slabo kemijsko stanje. Vsebnosti atrazina, desetil-atrazina v podzemni vodi v letu 2020 je prikazana na karti 3 in 4.

Karta 3: Vsebnost atrazina v podzemni vodi v letu 2020



Karta 4: Vsebnost desetil-atrazina v podzemni vodi v letu 2020



4.3 Lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki

V letu 2020 smo vsebnost lahkohlapnih halogeniranih ogljikovodikov spremljali na 115 merilnih mestih. Vrednost praga za lahkohlapne halogenirane ogljikovodike je bila presežena na štirih merilnih mestih. V nasprotju z nitratom in pesticidi, ki odražajo pritisk kmetijstva in urbanizacije, lahkohlapne halogenirane organske spojine odražajo industrijsko obremenitev. Presežene vrednosti praga so prikazane v tabeli 11.

Tabela 11: Preseganje vrednosti praga za lahkohlapne halogenirane ogljikovodike po merilnih mestih v letu 2020

VTPodV	Ime VTPodV	Ime merilnega mesta	Tetrakloroeten (µg/L)	Vsota LHCH (µg/L)
1002	Savinjska kotlina	LEVEC VC-1772	4,1	
3012	Dravska kotlina	TEZNO	2,3	
4016	Murska kotlina	RAKIČAN (Ra-1/09)	49,5	81,6
4016	Murska kotlina	GANČANI Gan-1/14	12,0	12,0

Legenda: **VTPodV**: vodno telo podzemne vode

Našteta merilna mesta so že več let obremenjena z omenjenimi spojinami, ker pa gre za lokalno obremenitev, nobeno vodno telo zaradi preseganja vrednosti praga ni v slabem kemijskem stanju.

5 OCENA KAKOVOSTI PODZEMNE VODE PO PRAVILNIKU O PITNI VODI

Podzemne vode v Sloveniji predstavlja glavni vir pitne vode, saj se z njo oskrbuje približno 97 % prebivalcev v Sloveniji. Nabor parametrov, ki ga za preverjanje ustreznosti pitne vode predpisuje Pravilnik o pitni vodi je obsežnejši kot nabor parametrov v Uredbi o stanju podzemnih voda. V pravilniku o pitni vodi so parametri razdeljeni v tri skupine: mikrobiološki, kemijski in indikatorski parametri. Zdravstveno ustreznost pitne vode določajo mikrobiološki in kemijski parametri, indikatorski pa dajo informacijo o urejenosti sistema za oskrbo in imajo opozorilen namen. V poročilu prikazujemo le tiste parametre, ki jih ni navedenih Uredbi o stanju podzemne vode, so pa navedeni v Pravilniku o pitni vodi.

Obdelava podatkov je pokazala, da na merilnih mestih, kjer spremljamo kemijsko stanje podzemne vode, presegajo mejno vrednost na posameznih merilnih mestih sledeči parametri: pH vrednost, amonij, arzen, železo in mangan. Mejne vrednosti so navedene v tabeli 12. Vsi štirje parametri, ki presegajo mejno vrednost za pitno vodo, so lahko naravno prisotni. Višje vsebnosti amonija, železa in mangana najdemo v vodonosnikih, kjer je malo kisika (anaerobne razmere). Arzen pa se ponekod nahaja v zemeljski skorji in je zato naravno prisoten tudi v podzemni vodi.

Tabela 12: Parametri, ki presegajo mejne vrednosti glede na Pravilnik o pitni vodi

Parameter	Mejna vrednost	Skupina parametra
Koncentracija vodikovih ionov (pH vrednost)	med 6,5 in 9,5	indikatorski
Amonij (mgNH ₄ /L)	0,5	indikatorski
Arzen (µg/L)	10	kemijski
Železo (mg/L)	0,2	indikatorski
Mangan (mg/L)	0,05	indikatorski

Vzorčenje v okviru monitoringa pitne vode poteka na pipah uporabnika. Državni monitoring kemijskega stanja podzemne vode poteka na surovi vodi, preden le ta vstopa v vodarne, kjer vodo iz različnih virov pogosto mešajo med seboj. Da bi lažje ocenili preseganja, še posebej pri globokih vrtinah, smo pri vrednotenju upoštevali tudi povprečje parametrov za obdobje 1998-2019 (Tabela 13).

Tabela 13: Merilna mesta s preseganji mejne vrednosti po Pravilniku o pitni vodi

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Merilno mesto	pH (-) 1998-2019	pH (-) 2020	Amonij (mgNH ₄ /L) 1998-2019	Amonij (mgNH ₄ /L) 2020	Mangan (mg/L) 1998-2019	Mangan (mg/L) 2020	Železo (mg/L) 1998-2019	Železo (mg/L) 2020	Arzen (μg/L) 1998-2019	Arzen (μg/L) 2020
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	IŠKA LOKA ILok-2/15			12	10,9	0,061	0,069	4,25	4,05	10,25	11,25
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	RAKOVA JELŠA Rjel-3/15			11,9	14,5					88,5	71,1
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	BEVKE Bev-1/15			2,9	2,15			1,59	1,66	14,3	26,7
1003	Krška kotlina	PB-20			0,1	0,68	0,026	0,859				
1009	Spodnji del Savinje do Sotle	VODRUŽ K-2/87					0,063	0,096	0,09	0,21		
3012	Dravska kotlina	RAČE Rač-1/10	6,4	6,3								
3012	Dravska kotlina	ŠIKOLE GV2					0,108	0,108	0,29	0,29	10,4	10,7
3012	Dravska kotlina	SOBETINCI Sob-1/14					0,001	0,052				
3014	Haloze in Dravinjske gorice	VELENIK V2, Slov. Bistrica							0,28	0,22		
B4016	Murska kotlina	ŽEPOVCI Žep-2/10	6,5	6,3								
4016	Murska kotlina	MALI SEGOVCI MSeg-1/14	6	5,8								
4016	Murska kotlina	BENICA Ben-1/14					0,260	0,237	7,74	6,48		
4016	Murska kotlina	ZGORNJE KRAPJE (ZK-1/09)	6,6	6,4								
4016	Murska kotlina	VEŠČICA (Ve-1/09)	6,4	6,1								
4017	Vzhodne Slovenske gorice	SPODNJI IVANCI					0,089	0,099	0,78	0,26		
4017	Vzhodne Slovenske gorice	ŽIHLAVA Žih 2/04							0,35	0,4		
4018	Goričko	GRAD							0,11	0,25		

Legenda: **VTPodV**: vodno telo podzemne vode

Rezultati so pokazali, da so na merilnih mestih, kjer spremljamo kemijsko stanje podzemne vode, večinoma preseženi indikativni parametri.

Glede na povprečje meritev v letih 1998-2019 je bila na merilnem mestu PB-20 presežena vsebnost amonija in mangana. Višje vsebnosti amonija in mangana pripisujemo spremenjenemu režimu napajanja vrtine PB-20 zaradi zaježitve HE Brežice. Vpliv zaježitve se kaže na padcu vsebnosti kisika, kar je povzročilo anaerobne razmere v vrtini.

Tudi na merilnem mestu Sobotinci na Dravski kotlini je v letu 2020 vsebnost mangana presegala mejno vrednost. V preteklih letih vsebnost mangana nikoli ni presegala mejne vrednosti za pitno vodo, zaradi tega bomo objekt pred vzorčenjem v letu 2021 dodatno očistili. V primeru, da bodo vsebnosti mangana še vedno visoke, bomo izvedli dodatna vzorčenja.

Nekoliko višje so bile vsebnosti mangana v letu 2020 tudi na merilnem mestu Vodruž, vsebnosti železa pa na merilnih mestih Grad ter Spodnji Ivanci.

Vsebnost arzena, ki spada med parametre, ki vplivajo na zdravstveno ustreznost pitne vode, je bila presežena na štirih merilnih mestih. Vsebnost arzena bistveno ne odstopajo od povprečja v obdobju 1998-2019. Preseganja opazimo na objektih, ki zajemajo globlje geološke plasti, kjer so povišane vsebnosti arzena lahko posledica naravnega ozadja.

Vrednotenje rezultatov kakovosti podzemne vode po kemijskih parametrih, navedenih v Pravilniku o pitni vodi so pokazali, da vsa merilna mesta ustreza tudi normativom za pitno vodo.

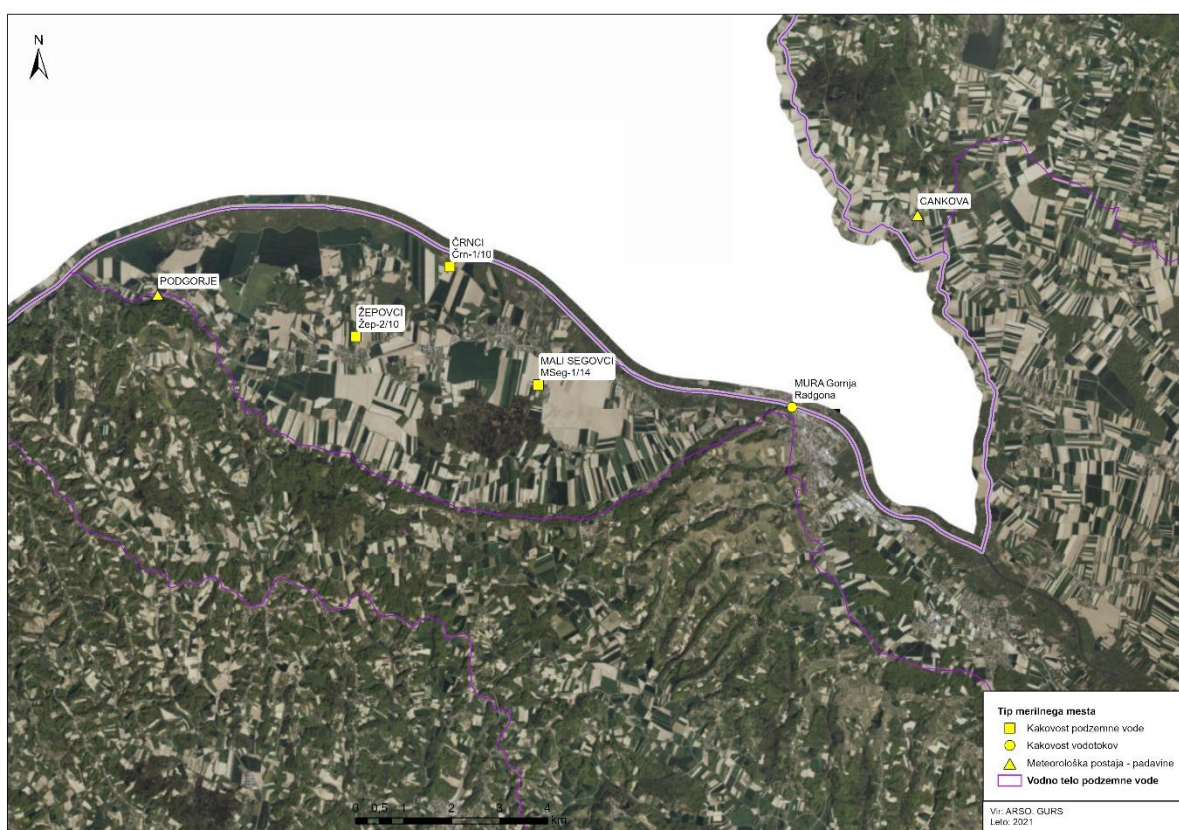
6 RAZISKOVALNI MONITORINGI

6.1 Nitrat na Apaškem polju

Obsežnejši preiskovalni monitoring je v letu 2020 potekal na Apaškem polju. Namen monitoringa je bil spremljanje vsebnosti nitrata preko celega leta, zato je vzorčenje potekalo mesečno. V vzorcih smo merili terenske fizikalne in kemijske parametre (temperatura vode, pH, električna prevodnost (20°C), kisik, nasičenost s kisikom, redoks potencial) in osnovne parametre (amonij, nitrit, nitrat, orto-fosfati, sulfati, kloridi). Na osnovi rezultatov raziskovalnega monitoringa se bo lahko načrtovalo tudi programe rednega monitoringa na tem območju.

Merilna mesta, ki smo jih vključili v izvedbo monitoringa spremljanja kemijskega stanja podzemne vode in pripravo poročila o raziskovalnem monitoringu na Apaškem polju, so prikazana na karti 5.

Karta 5: Merilna mesta vključena na Apaškem polju



Apaško polje je del vodnega telesa Murske kotline. Leži v severozahodnem delu vodnega telesa, na severu ga omejuje reka Mura, na jugu pa meji na gričevje Slovenskih Goric. Zavzema 48,9 km², kar predstavlja okoli 8 % vodnega telesa Murske kotline.

V nadaljevanju geološki in hidrogeološki opis Apaškega polja povzemamo po Petauerju in sodelavcih (Geoko d.o.o., 2006, 2007). Apaško polje je ravnica, ki jo je med Konjiščem in Gornjo Radgono oblikovala reka Mura. Površje ravnice enakomerno pada v smeri toka Mure. Reka jo je zasula s kvartarnim, pleistocenskim in holocenskim peščeno prodnatim zasipom. V kvartarnem nanosu Apaškega polja se ločita nizki peščeno prodnati zasip (holocen-Q₂) in višji terasni zasip (holocen-Q_{1,2}). Kvartarne nanose gradi pretežno slabo granulirani prod s peskom. Med peščenim prodom so pogoste nepravilno razporejene leče meljastega proda z več peska. V odvisnosti od reliefa površine in terciarne podlage, debelina kvartarnih, meljasto peščeno prodnih nanosov niha od 4,2 m do 11,30 m. Na

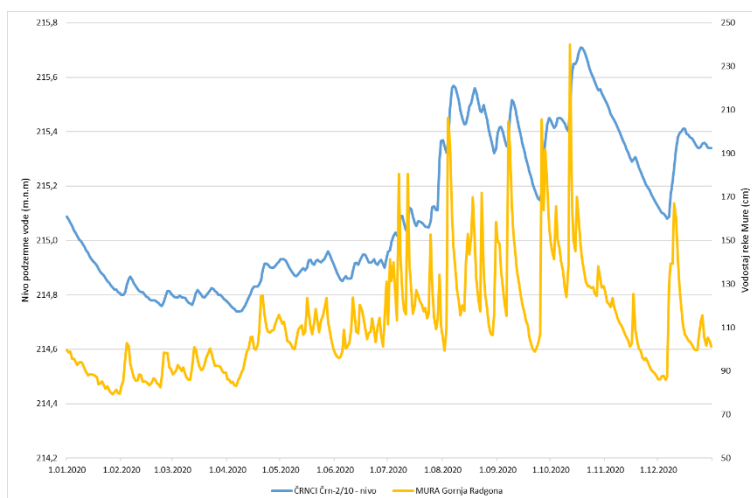
osrednjem delu polja, med območjem črpališč Segovci in Podgrad, je prodni zasip v povprečju debel 6,7 m. Od osrednjega dela polja proti jugovzhodnemu robu polja se povprečna debelina proda zniža pod 5 m.

Od rečnega korita Mure in proti južnemu robu polja, do ceste Vratja vas-Podgorje, je nizki (Q₂) peščeno prodnati zasip prekrit s krovniimi slabše prepustnimi plastmi: z različno debelo plastjo glin, melja in peska, ki je ponekod skoraj odnešena, drugod pa preseže tudi debelino 2 m. V ozkih pasovih zasutih rečnih korit in rokavov doseže tudi 4 m. Južno od ceste Podgorje, Drobtinci, Žepovci, Apače, Podgrad in do severnih obronkov Slovenskih Goric, je prodnati zasip prekrit z debelejším meljasto-peščnim, ponekod tudi glinastim pokrovom, ki ponekod doseže debelino več metrov.

Podlago kvartarnega prodnega zasipa sestavljajo plio-miocenski sedimenti: glinovec, meljevec, laporovec, zbit meljast pesek. Površina terciarnih plasti ni ravna, temveč valovita, mestoma tudi močneje razčlenjena, a v povprečju enakomerno pada s smerjo in v smeri rečnega korita Mure.

Gladina podzemne vode je plitvo pod površino terena (2,5 m do 3,5 m). Na območju Segovcev in Podgrada je debelina omočenega sloja med 2 m in 2,5 m, ob nizkem hidrološkem stanju. Podzemna voda Apaškega polja se napaja v glavnem iz padavin. Del podzemne vode se napaja z infiltracijo iz potokov, katerih struge se polnijo ob visokih vodah Mure in po močnih deževjih. Del podzemne vode se napaja tudi z dotoki iz gričevnatega zaledja. Mura prispeva k obnovi zalog podzemne vode v ozkem pasu vzdolž rečne struge.

Na merilnih mestih Črnci, Žepovci in Mali Segovci, ki so bila v letu 2020 uvrščena v raziskovalni monitoring podzemne vode, se nahaja vodonosnik z medzrnsko poroznostjo odprtega tipa. Vodonosnik sestavljajo meljasto peščeni prodi z dobro prepustnostjo. Napajanje vodonosnika je večinoma padavinsko (IRGO, 2011). Podatki prikazani na grafikonu 5, kažejo tudi hidravlično povezavo merilnega mesta s z reko Muro.



Grafikon 5: Gladina podzemne vode na merilnem mestu Črnci in vodostaj reke Mure v Gornji Radgoni v letu 2020

Merilno mesto Žepovci se nahaja v območju plitvejšega dela vodonosnika, kjer je debelina peščeno prodnega zasipa okoli 5 m, debelina omočenega sloja pa je manjša, še posebej ob nizkem hidrološkem stanju. Zaradi tega rezultata na merilnem mestu vrednotimo točkovno in jih glede na hidrogeološke značilnosti ter okoliščine mikrolokacije ne ekstrapoliramo na širši del območja. Med izvajanjem hidrogeoloških preizkusov v novembru in decembru 2011, je debelina omočenega sloja na merilnem mestu znašala maksimalno 0,3 m (IRGO, 2011). Ob meritvah gladine podzemne vode je bilo dne 16.4.2021, v globlji vrtini vodnega stolpca, merjeno od kote tal - 2,1 m, v plitvejši vrtini pa 1,5 m.

Na merilnem mestu Mali Segovci je peščeno prodnat zasip debel približno 5 m. Napaja se povečini iz padavin, kot tudi z dotoki iz potokov ter iz reke Mure. Debelina omočenega sloja glede na predhodne

raziskave preučevanega območja in znaša približno 4 m - 12 m, v odvisnosti od nihanja gladine podzemne vode (IRGO, 2014).

Na aluvialni ravnici Apaškega polja od človekovih dejavnosti prevladuje kmetijstvo, kar je razvidno tudi iz tabele 14.

Tabela 14: Rabe zemlje na Apaškem polju (Evidenca dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč, MKGP)

Raba zemlje	Delež (%)
Njiva	62,1
Gozd	20,9
Pozidano in sorodno zemljišče	6,2
Trajni travnik	5,0
Ostalo	5,8

Merilna mesta, na katerih smo spremljali vsebnost nitrata v podzemni vodi v okviru raziskovalnega monitoringa, so vključena tudi v redni monitoring spremljanja kakovosti podzemne vode. Merilni mesti Črnci in Žepovci sta bili v program vključeni v letu 2012, leta 2015 pa smo v program uvrstili tudi merilno mesto Mali Segovci (tabela 15).

Tabela 15: Merilna mesta, vključena v redni program monitoringa kakovost podzemne vode na Apaškem polju

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Merilno mesto	X	Y	Prvo leto meritev
4016	Murska kotlina	ČRNCI Čm-1/10	174473	568742	2012
4016	Murska kotlina	ŽEPOVCI Žep-2/10	173019	566795	2013
4016	Murska kotlina	MALI SEGOVCI MSeg-1/14	172015	570589	2015

Legenda: **VTPodV**: vodno telo podzemne vode

V tabeli 16 je za posamezno leto, od leta vključitve merilnega mesta v program monitoringa do leta 2020, podana ustreznost omenjenih merilnih mest glede na standarde kakovosti, ki jih predpisuje Uredba o stanju podzemnih voda.

Tabela 16: Ustreznost merilnih mest na Apaškem polju v letih 2012-2020

Leto	ČRNCI Čm-1/10	ŽEPOVCI Žep-2/10	MALI SEGOVCI MSeg-1/14
2012	Ustrezno	Neustrezno	
2013	Neustrezno	Neustrezno	
2014	Ustrezno	Neustrezno	
2015	Ustrezno	Ustrezno	Ustrezno
2016	Ustrezno	Ustrezno	Ustrezno
2017	Ustrezno	Ustrezno	Ustrezno
2018	Ustrezno	Ustrezno	Ustrezno
2019	Ustrezno	Ustrezno	Ustrezno
2020	Ustrezno	Ustrezno	Ustrezno

V opazovanem obdobju smo na merilnih mestih Črnci in Žepovci med leti 2012 in 2013 ugotovili preseganje standardov kakovosti. V letu 2013 je bila na merilnem mestu Črnci presežena vsebnost nitrata (55,5 mgNO₃/l), na merilnem mestu Žepovci pa so bili v obdobju od 2012 do 2014 presežene vsebnosti pesticidov in sicer metolaklora v letih 2012, 2013 in 2014, v letu 2013 pa tudi metribuzina in bentazona. Zaradi preseganja pesticidov v letih 2012 in 2013 je bila na merilnem mestu Žepovci presežena tudi vsota pesticidov. Na merilnem mestu Mali Segovci preseganje standardov nismo opazili. Vsebnost nitrata na merilnih mestih v celotnem obdobju opazovanj je prikazana na grafikonu 6.



Grafikon 6: Vsebnost nitrata na merilnih mestih Apaškega polja v letih 2012-2020

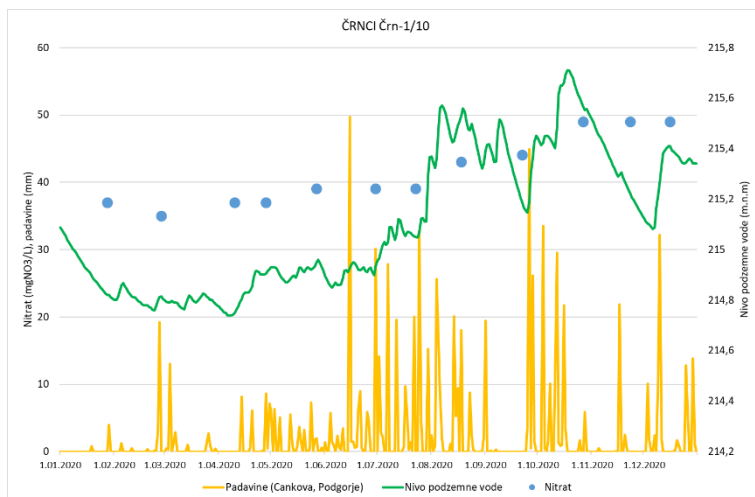
Na grafikonu je prikazana tudi povprečna vsebnost nitrata v letu 2020 v primeru rednega vzorčenja (linijski grafikon) in rednega mesečnega vzorčenja (povprečje prikazano s točko). Na merilnem mestu Črnci rezultati v obdobju 2012-2020 najbolj nihajo, kar je verjetno posledica hidravlične povezave vodonosnika z Muro na tem območju. Najbolj stabilne vsebnosti nitrata smo v tem obdobju opazili na merilnem mestu Mali Segovci, medtem ko na Žepovcih vsebnosti nitrata v tem obdobju nihajo med 40-50 mgNO₃/L. Rezultati raziskovalnega vzorčenja so pokazali, da v letu 2020 število izvedenih vzorčenj ni vplivalo na povprečno letno vsebnost nitrata.

Merilna mesta na Apaškem polju v prvi vrsti odražajo pritisk kmetijstva, saj so obdana z njivskimi površinami (karta 5). Ker podzemna voda leži plitvo pod površjem, je vodonosnik Apaškega polja tudi bolj občutljiv na pronicanje onesnaževal v podzemno vodo.

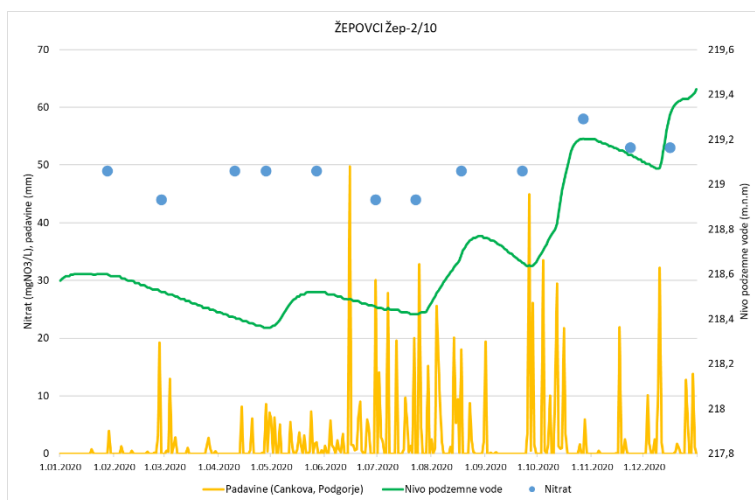
Na merilnem mestu Žepovci opažamo povišane vsebnosti karbamazapina, farmacevtske učinkovine, ki imajo širok spekter uporabe (epilepsija, nevralgija trigeminusa, diabetična nevropatija, zdravljenje bipolarnih motenj, abstinenčni sindrom pri alkoholikih, ...). Prisotnost karbamazapina kaže tudi na obremenjenost tega merilnega mesta s komunalno odpadno vodo.

Za interpretacijo rezultatov raziskovalnega monitoringa smo pridobili podatke tudi o povprečni višini padavin in podatke o gladinah podzemne vode. Reprezentativni padavinski postaji za področje Apaškega polja sta Cankova in Podgorje. Pri obdelavi in prikazu podatkov smo prikazali povprečje višine padavin na omenjenih postajah. Na namenskih merilnih mestih za spremljanje stanja podzemne vode Črnci in Žepovci sta po dve vrtini. V plitvejši poteka spremljanje gladin podzemne vode, v globlji pa spremljanje kemijskega stanja podzemne vode. Ocenjujemo, da v nihanju gladin podzemne vode med globljo in plitvejšo vrtino ni bistvenih razlik. Zato smo pri interpretaciji rezultatov kemijskega stanja za globljo vrtino uporabili podatke o gladinah iz sosednje, plitve vrtine.

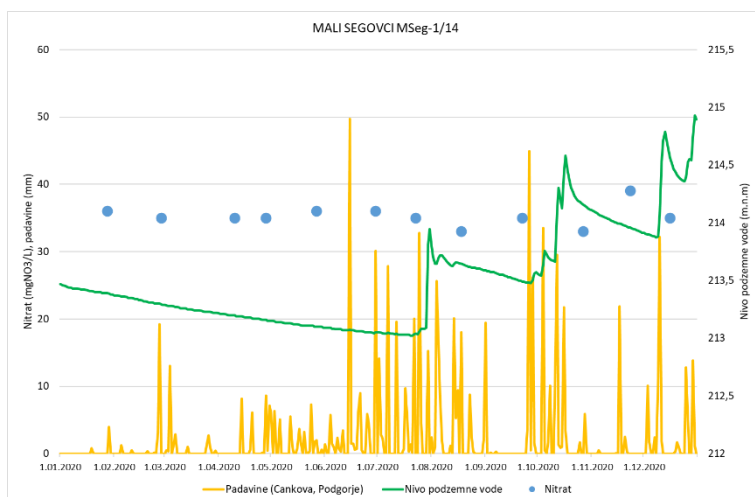
Rezultati raziskovalnega monitoringa skupaj z gladinami podzemne vode in padavinami na območju Apaškega polja so prikazani na grafikonih 7, 8 in 9.



Grafikon 7: Merilno mesto Črnci; vsebnost nitrata, gladine podzemne vode in padavine



Grafikon 8: Merilno mesto Žepovci; vsebnost nitrata, gladine podzemne vode in padavine



Grafikon 9: Merilno mesto Mali Segovci; vsebnost nitrata, gladine podzemne vode in padavine

Po obilnejših padavinah v juliju, se je po približno mesecu dni gladina podzemne vode dvignila v vseh objektih. Ob dvigu gladine so narasle tudi vsebnosti nitrata. Najbolj izrazit porast je bil opažen na merilnem mestu Črnci, kjer so vsebnosti nitrata narasle že avgustu in se ponovno dvignile po padavinah

v oktobru. Na merilnem mestu Žepovci je vsebnost nitrata narasla preko standarda kakovosti v mesecu oktobru in do zadnjega vzorčenja v decembru ni padla. Občutnega nihanja nitrata pa nismo zaznali na merilnem mestu Mali Segovci, rezultata analiz vzorčenja v novembru in decembru sta le za malenkost višja od rezultatov v preteklih mesecih.

Vzrok za višje vsebnosti nitrata v jesenskem in zimskem času v letu 2020 je spiranje nitrata iz nezasičenega dela plitvega, hidrodinamsko odprtega vodonosnika v podzemno vodo, zaradi obilnejših padavin v tem obdobju. Obilnejše spiranje nitrata v obdobju, ko na poljih več ni pridelkov, ki bi porabili nitrat, kaže na to, da je gnojenje na teh območjih verjetno preobilno ali časovno neustrezno. Zato nitrat ostaja v tleh in ga obilno deževje spira v podtalje.

6.2 Stanje podzemne vode kraških izvirov na ogroženih območjih človeške ribice

Uredba o stanju podzemnih voda nam nalaga tudi spremljanje stanja voda na območjih, kjer je podzemna voda povezana s površinskimi vodami, koncentracije onesnaževal v podzemni vodi pa lahko škodljivo vplivajo na vodne in kopenske ekosisteme, ki so od njih neposredno odvisni. Slovenija je tako kot vse evropske države definirala območja NATURA 2000 z namenom ohranjanja biotske raznovrstnosti in varovanja naravnih habitatov ogroženih rastlinskih in živalskih vrst. Pravno podlago za vzpostavljane območij NATURA 2000 predstavljata Direktiva o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst in Direktiva o ohranjanju prostoživečih ptic. Med območji NATURA 2000 so definirana tudi območja, odvisna od podzemne vode.

Kot ogroženo je bilo definirano območje, kjer prebiva človeška ribica (*Proteus anguinus*) in obsega območje Dinarskega krasa južne in jugo-vzhodne Slovenije. V skladu s Pravilnikom o določitvi vodnih teles podzemnih voda ta del podzemne vode spada v dve vodni telesi podzemne vode in sicer v vodno telo Kraška Ljubljana, Dolenjski kras in Obala in Kras z Brkini. Človeška ribica (v Sloveniji najdemo belo in črno podvrsto) živi kraškem podzemlju in celo življenje preživi v vodi. Glede na to, da lahko živi tudi preko 50 let je kakovost vode, v kateri živi še kako pomembna. Zato vsako onesnaženje, tako kratkotrajno kot tudi dolgotrajno vpliva na katerikoli razvojni stadij človeške ribice. Po navedbi stroke predstavlja največjo grožnjo nitrat (preko 10 mgNO₃/L), kovine, pesticidi in PCB¹. Zakonodaje, ki bi predpisovala mejne vrednosti in sistem monitoringa še ni, je pa bila v okviru projekta LIFE Kočevsko izdelana študija, ki je določila vrednost nitrata 9,2 mgNO₃/L kot ciljno mejno vrednost za ugodno stanje habitata človeške ribice².

Največji vir potencialnega onesnaženja tako predstavlja kmetijstvo, neustrezno očiščene komunalne odpadne vode ter lokalno, neustrezno vzdrževano kanalizacijsko omrežje.

Merilna mesta, kjer spremljamo kakovost vode zaradi človeške ribice so navedena v tabeli 17.

Tabela 17: Merilna mreža za spremljanje kakovosti vode zaradi človeške ribice

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Merilno mesto	Koordinata X	Koordinata Y	Prvo leto opazovanj
1010	Kraška Ljubljana	MALENSČICA - črpališče v Malnih - iztok	75630	442510	2003
1010	Kraška Ljubljana	TRESENEC, Otok na Cerkniškem jezeru	65110	452537	2007
1010	Kraška Ljubljana	VELIKI OBRH pri Ložu	61754	462286	2003
1011	Dolenjski kras	RADEŠČA, Podturn	66422	503457	1994
1011	Dolenjski kras	DOBLIČČA	45260	511590	1990
1011	Dolenjski kras	JELŠEVNIK	47634	511988	2014
1011	Dolenjski kras	OTOVŠKI BREG	49790	513383	2014

¹ Priprava strokovnih podlag in strokovna podpora pri izvajanju vodne direktive za področje podzemnih voda (Direktiva 2000/60/EC); Pregled ekosistemov odvisnih od stanja podzemnih vod; GEOLOŠKI ZAVOD SLOVENIJE, 2014

² B. Kolar: Ocena tveganja, ki ga predstavlja nitrat za ekosisteme podzemne vode in za človeško ribico na projektnem območju LIFE Kočevsko (LIFE13 NAT/SI/000314), Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, Center za okolje in zdravje, 2017

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Merilno mesto	Koordinata X	Koordinata Y	Prvo leto opazovanj
1011	Dolenjski kras	PAČKI BREG	48591	513155	2014
1011	Dolenjski kras	KRUPA	54521	517290	1993
1011	Dolenjski kras	OBRH RINŽA	58000	486700	2007
1011	Dolenjski kras	VIR PRI STIČNI	89419	486080	2016
1011	Dolenjski kras	MALI PODLJUBEN	68959	509364	2016
1011	Dolenjski kras	METLIŠKI OBRH	56485	525155	1992
5019	Obala in Kras z Brkini	BRESTOVICA	75347	391448	2003

Legenda: **VTPodV**: vodno telo podzemne vode

Na vseh merilnih mestih smo v letu 2020 vzorčili dvakrat. V vseh vzorcih smo določili osnovne fizikalne (temperatura zraka, temperatura vode, pH, električna prevodnost (20 °C), kisik, nasičenost s kisikom, redoks potencial) in kemijske parametre (amonij, nitrit, nitrat, ortofosfat), kovine, pesticide in ostanke zdravil.

Ker trenutno zakonodaja, ki bi predpisovala mejne vrednosti in sistem monitoringa ni na voljo, smo pri oceni stanja kraških izvirov, kjer prebiva človeška ribica, uporabili naslednje podlage:

- B. Kolar: Ocena tveganja, ki ga predstavlja nitrat za ekosisteme podzemne vode in za človeško ribico na projektnem območju LIFE Kočevsko (LIFE13 NAT/SI/000314), Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, Center za okolje in zdravje, 2017
- Uredba o stanju podzemnih voda
- Uredba o stanju površinskih voda

Ocena stanja podzemne vode kraških izvirov na podlagi študije »Ocena tveganja, ki ga predstavlja nitrat za ekosisteme podzemne vode in za človeško ribico na projektnem območju »LIFE Kočevsko«

V okviru omenjene študije je bila kot ciljna mejna vrednost za ugodno stanje habitata človeške ribice določena vsebnost nitrata **9,2 mgNO₃/L**. Mejna vrednost je bila določena na osnovi razpoložljivih ekotoksikoloških podatkov za vodne organizme in z upoštevanjem naravnega ozadja.

V tabeli 18 je prikazana povprečna letna vsebnost nitrata v obdobju 2010 do 2020 na merilnih mestih, kjer spremljamo stanje voda na ogroženih območjih človeške ribice. S poudarjenim tekstom so označena letna povprečja, ki presegajo predlagano mejno vrednost za nitrat.

Tabela 18: Letna povprečja nitrata na merilnih mestih v obdobju 2010-2020

Leto	MALENSČICA	DOBLIČA	KRUPA	METLIŠKI OBRH	OBRH RINŽA	VELIKI OBRH pri Ložu	BRESTOVICA	JELŠEVNIK	OTOVŠKI BREG	PAČKI BREG	VIR PRI STIČNI	MALI PODLJUBEN	TRESENEC
2010	2,75	2,42	5,02	7,26	3,00	3,01	5,40						
2011	4,31	3,07	4,79	4,83	4,85	3,33	5,35						
2012	3,60	4,55	4,91	9,91	4,33	4,35	5,38						
2013	2,67	5,55	7,05	7,21	3,31	3,25	2,84						
2014	3,26	2,90	4,24	6,96	3,42	3,24	2,65	3,60	13,23	11,67			
2015	6,05	2,84	4,76	7,43	4,75	4,68	5,60	3,53	14,09	12,95			
2016	4,53	3,17	5,40	6,42	3,97	4,04	5,40	3,47	15,70	14,23	11,77	8,67	6,56
2017	3,19	3,86	3,78	7,88	3,47	4,46	5,57	3,18	17,85	16,40	19,25	6,63	5,39
2018	3,87	3,42	4,83	6,92	5,86	3,63	5,02	3,22	16,95	14,15	13,95	10,64	6,27
2019	4,36	3,94	6,04	6,84	6,08	4,01	4,50	5,69	13,48	11,42	18,00	9,92	6,08
2020	3,02	5,31	5,83	6,56	5,90	3,77	4,99	4,24	17,45	14,85	12,98	6,73	4,44

Rezultati meritev so pokazali, da so glede na vsebnosti nitrata v letu 2020 v slabem stanju merilna mesta Otovški in Pački breg ter Vir pri Stični. Ocena na podlagi omenjene študije je **neuradna**, saj

ugotovitve študije še niso bile prenesene v veljavno zakonodajo, ki bi poleg mejne vrednosti predpisovala tudi način izvajanja monitoringa in vrednotenja rezultatov.

Stanje izvirov, ocenjeno na podlagi Uredbe o stanju podzemnih voda in Uredbe o stanju površinskih voda

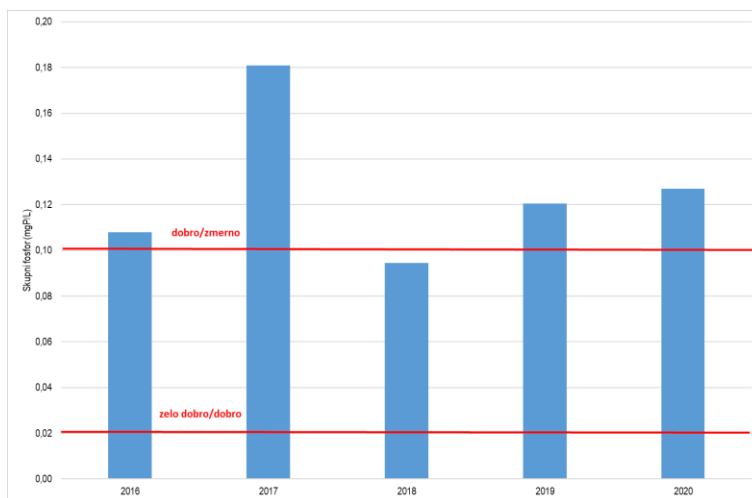
Parametri kemijskega stanja

Mejne vrednosti za parametre kemijskega stanja iz Uredbe o stanju površinskih voda in mejne vrednosti iz Uredbe o stanju podzemnih voda v nobenem od naštetih izvirov v letu 2020 niso bile presežene, zato so vsi izviri v letu 2020 v dobrem kemijskem stanju.

Parametri ekološkega stanja

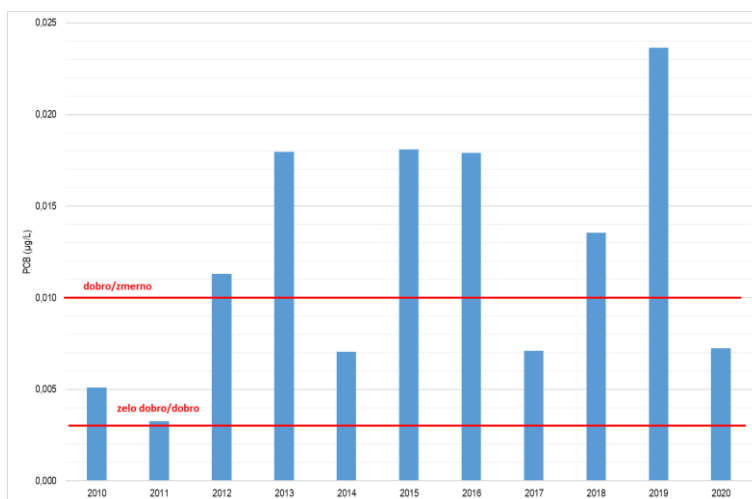
Uredba o stanju površinskih voda poleg parametrov za oceno kemijskega stanja površinskih voda, določa tudi standarde za posebna onesnaževala, ki so del ocene ekološkega stanja voda. Standardi kakovosti za posebna onesnaževala, ki so določeni na nacionalnem nivoju, so postavljeni na osnovi ekotoksikoloških podatkov za vodne organizme, z namenom zaščite najbolj občutljive vrste vodnega ekosistema, pa tudi z namenom zaščite plenilcev pred sekundarnim zastrupljanjem in so praviloma strožji kot mejne vrednosti za pitno vodo. Ekološko stanje vodotokov se glede na ekološki tip vodotoka vrednoti tudi na podlagi celotnega fosforja in nitrata. Za razliko od ostalih parametrov se v primeru skupnega fosforja in nitrata izračuna mediana.

V letu 2020 je mejno vrednost za dobro/zmerno stanje presegala le vsebnost skupnega fosforja na izviru Vir pri Stični, kjer so vrednosti povišane že celotno obdobje opazovanja izvira (grafikon 10).



Grafikon 10: Vsebnost skupnega fosforja na merilnem mestu Vir pri Stični v obdobju 2016-2020

Obremenjenost območja Semiča s PCB zaradi proizvodnje kondenzatorjev v letih 1962 – 1985 v tovarni Iskra Semič še vedno predstavlja okoljski problem. Zaradi emisij iz proizvodnje in neustrezno odloženih odpadkov v okolje, je prišlo z izcejanjem v kraško podzemlje do onesnaženja belokranjskega krasa, predvsem v zaledju izvira reke Krupe. Onesnaženje s PCB ostaja tudi po več kot tridesetih letih še vedno problematično. V letu 2020 povprečna letna vrednost vsote PCB za dobro/zmerno stanje ni bila presežena (grafikon 11).



Grafikon 11: Povprečna letna vsebnost PCB v izviru Krupe za obdobje 2010-2020

Vsa ostala merilna mesta so glede na vsebnost posebnih onesnaževal in celotnega fosforja v dobrem ali zelo dobrem stanju.

6.3 Ostanki zdravil in kofeina v podzemni vodi

Napredek medicinske in veterinarske znanosti ter posledično tudi farmacevtske industrije ima v zadnjih letih pozitiven vpliv na zdravje tako na humanem kot tudi veterinarskem področju. Zdravila imajo pozitivne in tudi stranske učinke na telo, vendar si brez njih življenja ne moremo več predstavljati. Malo pa je znanega o tem, kaj se zgodi takrat, ko te substance pristanejo v okolju in kako lahko vplivajo na vodne in kopenske ekosisteme ter nenazadnje preko pitne vode tudi na nas ljudi.

Farmacevtske učinkovine in njihovi razgradnji produkti lahko pridejo v okolje na več načinov. Prvi potencialni vir emisij v okolje predstavlja farmacevtska industrija preko svojih odpadnih voda. Drugi vir predstavlja uživanje zdravil. Človeško ali živalsko telo porabi le del zdravilnih učinkovin, preostanek le teh in njihovi razgradni produkti pa se izločijo preko ledvic ali črevesja in zato večinoma končajo v kanalizaciji, kjer preko čistilne naprave, ki jih pogosto odstrani le v sledovih, končajo v rekah, tleh in podzemni vodi. Veterinarski pripravki se s kmetijsko dejavnostjo preko gnoja ali gnojnice raztrosijo po njivah in vrtovih, kjer onesnažujejo tla, s spiranjem pa tudi vode. Tretji vir potencialne grožnje za okolje predstavlja odlaganje zdravil in drugih farmacevtskih pripravkov po pretečenem roku uporabe. Nekatere spojine se v okolju razgradijo, nekatere pa so obstojne in jih v vodah lahko zaznavamo še mnogo let.

V okviru monitoringa podzemne vode smo v letu 2014 pričeli s spremljanjem farmacevtskih učinkovin in njihovih razgradnih produktov v podzemni vodi. Kriteriji, ki smo jih pri izbiri merilnih mest upoštevali, so bili podatki o čistilnih napravah v zaledju merilnih mest, urbana poselitve (problem neustrezno vzdrževane kanalizacije) in kmetijska področja. Sprva smo farmacevtske učinkovine spremljali na bolj obremenjenih vodnih telesih z medzrnsko poroznostjo in večjih kraških vodnih telesih, kasneje pa smo merilno mrežo razširili tudi na ostala manj obremenjena vodna telesa.

V programu smo spremljali farmacevtske učinkovine:

- za zdravljenje bakterijskih okužb, antibiotiki
- za zdravljenje srčno-žilnih bolezni
- za uravnavanje krvnih maščob
- ne-steroidna protivnetna zdravila
- za zdravljenje astme
- protibolečinska/protivročinska zdravila

- nekatere hormone
- v okolju zelo obstojen karbamazepin, ki ima širok spekter uporabe

Vsa naštetje farmacevtske učinkovine se uporabljajo v humani medicini, z izjemo antibiotikov in nekaterih protivnetnih in protibolečinskih zdravil, ki se uporabljajo tudi v veterinarski medicini.

V program je tudi vključen tudi kofein. Največ kofeina se nahaja napitkih (kava, energetski napitki), dodan je tudi nekaterim protibolečinskim zdravilom. Glavni vir onesnaženja podzemne vode predstavlja komunalna odpadna voda.

V letu 2020 smo farmacevtske učinkovine spremljali na 163 merilnih mestih na dvanajstih vodnih telesih:

- 1001 Savska kotlina in Ljubljansko barje
- 1002 Savinjska kotlina
- 1003 Krška kotlina
- 1008 Posavsko hribovje do osrednje Sotle
- 1009 Spodnji del Savinje do Sotle
- 1010 Kraška Ljubljana
- 1011 Dolenjski kras
- 3012 Dravska kotlina
- 4016 Murska kotlina
- 4017 Vzhodne Slovenske gorice
- 5019 Obala in Kras z Brkini
- 6021 Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota

Analize smo opravili v spomladanskem zajemu.

V letu 2020 smo v vzorcih določili karbamazepin (v petnajstih vzorcih), kofein (v desetih vzorcih), sulfametoksazol (v štirih vzorcih) ter naproksen (v enem vzorcu).

Rezultati analiz so pokazali, da so nekatera merilna mesta bolj in stalno obremenjena. Večina obremenjenih merilnih mest se nahaja na vodnih telesih, kjer prevladuje kraški tip vodonosnika. V območjih kraških vodonosnikov se prepletajo sistemi podzemne vode in površinskih voda, ki pritečejo iz nekraškega obrobja in na stiku s krasom poniknejo v podzemlje. Tako površinski kot podzemni tokovi so obremenjeni z onesnaženjem iz kmetijske dejavnosti in iz urbane poselitve. Onesnaženje zaradi razpokanosti in preperelosti kamnin, s padavinami in ponikalnicami hitro odteče v podzemlje ter pronica do gladine podzemne vode. Vire onesnaženja s farmacevtskimi učinkovinami v kraških izviri gre iskati v njihovih napajalnih zaledjih, kjer onesnaženje največkrat povzročajo čistilne naprave in lokalno neurejena kanalizacija.

V tabeli 19 je prikazanih deset najbolj obremenjenih merilnih mest. Prikazano je skupno število vzorcev v obdobju 2014-2020, število vzorcev, kjer smo določili farmacevtske učinkovine nad mejo določljivosti, število določenih farmacevtskih učinkovin skupaj in število posameznih določenih učinkovin.

Tabela 19: Deset najbolj obremenjenih merilnih mest, število vzorcev in analizirane farmacevtske učinkovine za obdobje 2014-2020

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Merilno mesto	Št. vzorcev	Št. vzorcev > LOQ	Št. spojin	Diklofenak	Karbamazepin	Kofein	Sulfametoksazol	Teofilin
1011	Dolenjski kras	KRKA	12	12	25	2	10	2	11	
1011	Dolenjski kras	TEŽKA VODA	12	12	14		12	1	1	
4016	Murska kotlina	ŽEPOVCI Žep-2/10	10	10	10		9	1	0	

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Merilno mesto	Št. vzorcev	Št. vzorcev > LOQ	Št. spojin	Diklofenak	Karbamazepin	Kofein	Sulfametoksazol	Teofilin
1011	Dolenjski kras	RADEŠČA, Podturn	12	9	12		8	2	2	
1011	Dolenjski kras	BILPA	12	9	12		6	4	2	
4016	Murska kotlina	RAKIČAN (Ra-1/09)	10	9	10		9	1		
1010	Kraška Ljubljana	IZVIR LJUBLJANICE - Močilnik	12	7	13		3	7	2	1
1010	Kraška Ljubljana	STROJARČEK	12	7	8		1	4	2	1
1011	Dolenjski kras	KRKA - IZVIR POLTARICA	12	7	8		4	2	1	1
1011	Dolenjski kras	LUKNJA - izvir Prečne	12	5	7		1	4	1	1

Legenda: **VTPodV**: vodno telo podzemne vode

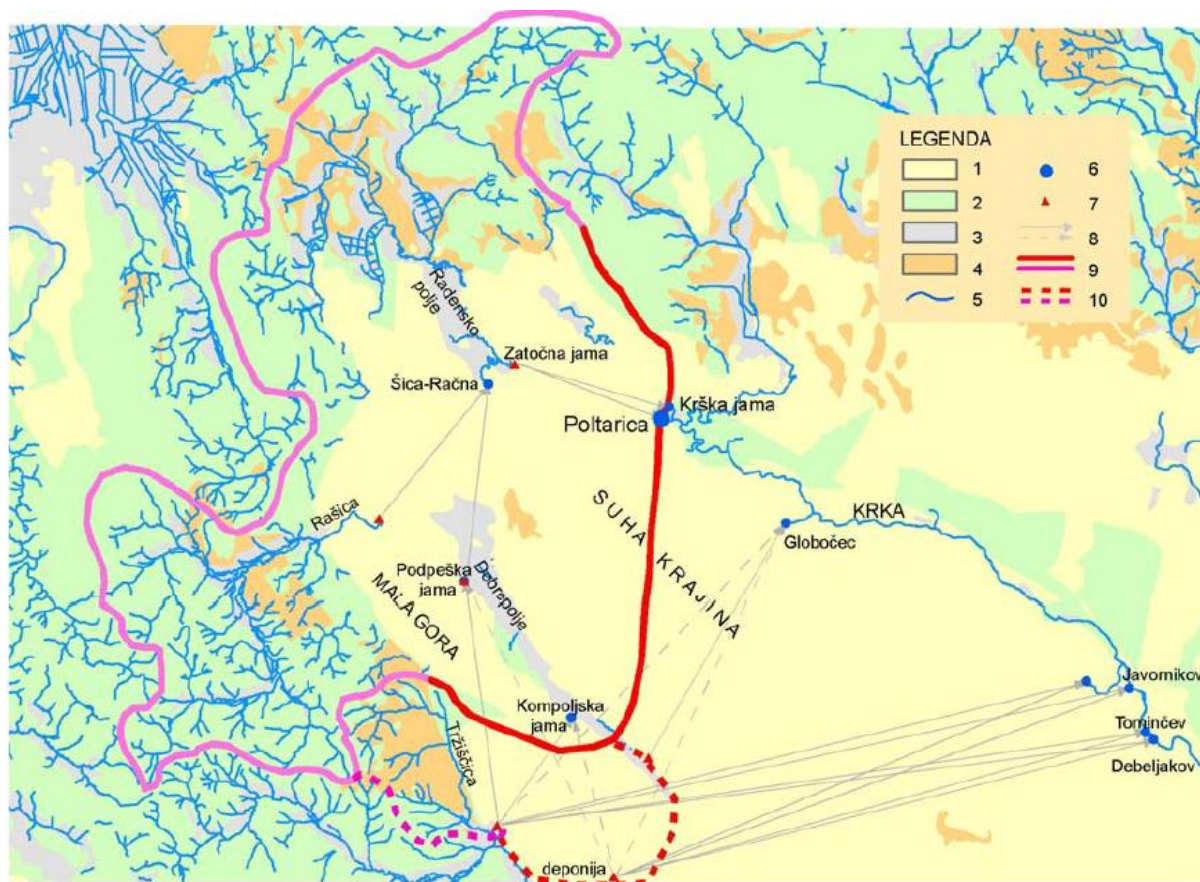
Kraški izvir reke Krke v Krški jami izstopa po onesnaženju s farmacevtskimi učinkovinami, saj v njem določamo več vrst ostankov zdravil. Od leta 2007, ko je bil izvir Krke vključen v program monitoringa podzemne vode, v njem opazimo tudi povišane vsebnosti pesticidov. Vir onesnaženja v severo-zahodnem delu površinskega napajalnega zaledja izvira (porečje Dobravke in Podlomščice) predstavlja komunalna čistilna naprava in kmetijske površine v zaledju.

Reka Krka ima pri vasi Krka več kraških izvirov, pomembnejša sta izvir Krke v Krški jami in izvir Poltarica. Zaledje izvirov, ki ga sestavljata kraški in nekraški del, je v letu 2007 omejil ter ocenil IZRK Postojna (Karta 6). Glavni del zaledja pokriva površino okrog 288 km², stranski pa 42 km².

Kraški del zaledja predstavljajo pretežno dobro prepustne jurske in kredne karbonatne kamnine Suhe Krajine in Male gore, v katerem se vode pretakajo večinoma podzemno, s sledenji pa sta bila ugotovljena tudi prepletanje in bifurkacija z različnimi smermi odtekanja podzemne vode, ob različnih hidroloških razmerah. Natančna omejitev zaledja izvirov v tem delu zato ni možna, pri oceni pa so bili upoštevani še rezultati sledilnih poskusov in izračun obsega na osnovi vodne bilance. Ločena sta dva dela kraškega zaledja. V prvem je del kraškega vodonosnika z glavno smerjo odtekanja proti izviroma Krke, v drugem pa tisti del, ki se proti izviru Krke steka le deloma, primarno pa se drenira proti izvirom pri Dvoru. Na karti 6 je meja prvega prikazana s polno, drugega pa s črtkano rdečo črto. Območje kraškega dela je praktično brez površinsko tekočih voda. Izjema sta kraški polji Dobrepolje in Radensko polje, kjer so pretežno kredni apnenci in triasni dolomiti prekriti z aluvialnimi nanosi, po katerih se občasno ob visokih vodostajih kraške vode razlijejo po površju. Na Radenskem polju ponika več površinskih vodotokov, pojavljajo pa se tudi številni izviri. Ti napajajo površinske tokove, ki ponikajo v številnih požiralnikih na drugem robu polja. Eden izmed izvirov je Šica pri Mali Račni, ki se steka proti ponoru v Zatočno jamo (IZRK, 2007).

Bolj zanesljiva je omejitev zaledja je v nekraškem delu z razvito površinsko drenažno mrežo. Razvejana mreža površinskih tokov je razvita ob robovih oziroma vznožju obeh kraških planot, ki sta na severovzhodni strani dvignjeni nad dolino reke Krke, na jugozahodni strani pa nad Ribniško polje in se na severozahodni strani nadaljujeta v slabše prepustne klastične kamnine in dolomite triasne starosti. Ponekod izdajajo tudi zelo slabo prepustni karbonski in permijski klastiti, v okolici Grosupljega pa terciarne gline. V zahodnem delu obravnavanega območja je več površinskih tokov, ki zbirajo vodo v dolomitih in nekarbonatnih kamninah triasne starosti in ponikajo na stiku s kraškim vodonosnikom. Pri omejitvi prispevnih območij med posameznimi površinskimi tokovi so upoštevane topografske značilnosti. Ker vode iz tega dela zaledja napajajo kraški vodonosnik, sta tudi v tem primeru ločena glavni in stranski del zaledja. Na karti je meja prvega prikazana s polno, drugega pa s črtkano roza črto (Karta 6), (IZRK, 2007).

Karta 6: Hidrogeološka karta zaledja izvirov Krke



Legenda: 1. kraški vodnosnik, 2. razpoklinski vodnosnik, 3. medzrnski vodnosnik, 4. zelo slabo prepustne kamnine, 5. površinski tok, 6. izvir, 7. točka injiciranja pri sledilnem poskusu, 8. s sledenjem dokazana glavna in stranska podvodna vodna zveza, 9. kraška in nekraška razvodnica, 10. kraška in nekraška meja dela zaledja izvirov Krke, ki pa se pretežno izteka proti drugim izvirov (IZRK, 2007)

Na aluvialnih vodnih telesih po onesnaženju s farmacevtskimi učinkovinami izstopata dve merilni mesti na Murski kotlini (Žepovci in Rakičan). Vzrok onesnaženja podzemne vode s farmacevtskimi učinkovinami na aluvialnih vodnih telesih prvenstveno odraža urbano poselitev in posledično neurejeno kanalizacijsko mrežo.

Mejne vrednosti za vrednotenje kakovosti podzemne vode glede na vsebnost farmacevtskih učinkovin še niso določene. Trenutno na nivoju EU poteka zbiranje podatkov o pojavljanju farmacevtskih učinkovin v vodah, ki bo v prihodnosti pripeljalo do mejnih vrednosti vsaj za nekatere učinkovine. Nekaterne mejne vrednosti za farmacevtike so že določene v novi Direktivi 2020/2184 o pitni vodi. Nobeno merilno mesto podzemne vode v Sloveniji ne presega mejnih vrednosti iz nove direktive o pitni vodi.

6.4 Analize perfluorooktansulfonske kisline

Perfluorooktansulfonska kislina (PFOS) spada med obstojna organska onesnaževala. To so strupene, slabo razgradljive spojine, ki se lahko širijo na velike razdalje po zraku in/ali vodi. So škodljive za okolje in zdravje, saj se kopičijo v organizmih, lahko povzročajo raka, vplivajo na hormonsko ravnotežje in lahko okvarijo imunski sistem.

PFOS je industrijska kemikalija, ki je imela zaradi svojih hidrofobnih in lipofobnih lastnosti v preteklosti širok spekter uporabe. V preteklosti se je uporabljala v čistilnih izdelkih, v penah za gašenje in kot impregnacijsko sredstvo v številnih izdelkih, kot so preproge, pohištvo, papir, tekstil in usnje. Danes je

uporaba močno omejena, PFOS se uporablja le tam, kjer niso našli ustrezne zamenjave. Tako se uporablja le še v fotografski industriji, v industriji elektronike in polprevodnikov ter v hidravličnih tekočinah v letalih.

V letih 2018 in 2020 smo v spomladanskem vzorčenju izvedli analize PFOS in sicer na desetih vodnih telesih. Skupno smo analizirali 264 vzorcev, od tega smo v 90 (34,1 % vzorcev) določili PFOS višji od meje določitljivosti (tabela 20).

Tabela 20: Število merilnih mest na vodnih telesih, število in procent merilnih mest s rezultati višjimi od LOQ ter število in procent merilnih mest, kjer smo rezultate >LOQ določili v obeh letih vzorčenja (2018 in 2020)

Šifra VTPodV	VTPodV	Št. MM	Št. MM > LOQ 2020	% MM > LOQ 2020	Št. MM > LOQ 2018 in 2020	% MM > LOQ 2018 in 2020
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	49	33	67,3	22	44,9
1002	Savinjska kotlina	13	1	7,7	0	0
1003	Krška kotlina	14	6	42,9	3	21,4
1009	Spodnji del Savinje do Sotle*	4	0	0	0	0
1010	Kraška Ljubljana*	7	0	0	0	0
1011	Dolenjski kras*	22	1	4,5	0	0
3012	Dravska kotlina	28	10	35,7	6	21,4
4016	Murska kotlina	13	5	38,5	0	0
4017	Vzhodne Slovenske gorice*	3	0	0	0	0
6021	Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota**	3	2	66,7	1	33,3
SKUPAJ		156	58	37,2	32	20,5

Legenda: **VTPodV**: vodno telo podzemne vode, **MM**: merilno mesto, *: meritve so bile opravljene le eno leto, **: meritve so bile opravljene le na treh od devetih merilnih mestih

Rezultati monitoringa so pokazali, da so najbolj obremenjena vodna telesa z medzrnsko poroznostjo. Daleč najbolj je obremenjeno vodno telo Savska kotlina in Ljubljansko barje, kjer je bila kar na 67,3 % merilnih mest določena vsebnost PFOS nad mejo določitljivosti uporabljene analitske metode. Na tem vodnem telesu je tudi največ merilnih mest, kjer smo v obeh letih opazovanja določili PFOS, takih merilnih mest je skoraj 45 %. Bolj obremenjeni sta tudi vodni telesi Krške in Dravske kotline ter nekaj merilnih mest na vodnem telesu Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota. Večina merilnih mest, kjer smo v vzorcih določili PFOS, se nahaja na urbanih oziroma industrijskih področjih, kjer je bila verjetnost pojava PFOS v podzemni vodi tudi pričakovana. Na kraških vodnih telesih, razen v enem vzorcu na Dolenskem krasu, prisotnosti PFOS nismo zaznali. V tabeli 21 je prikazano število do sedaj analiziranih vzorcev po vodnih telesih. Rezultati analiz so razvrščeni v razrede, za vsako vodno telo je prikazana tudi maksimalna določena vsebnost PFOS.

Tabela 21: Število vzorcev v letih 2018 in 2020, razvrstitev v razrede in maksimalna vsebnost PFOS

Šifra VTPodV	VTPodV	N	N<LOQ	>LOQ- 0,005µg/L	0,005- 0,01µg/L	0,01- 0,02µg/L	>0,02µg/L	Maks. µg/L
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	93	38	35	10	7	3	0,045
1002	Savinjska kotlina	26	25	0	1			0,0088
1003	Krška kotlina	27	18	6	1		2	0,1
1009	Spodnji del Savinje do Sotle*	4	4					
1010	Kraška Ljubljana*	7	7					
1011	Dolenjski kras*	22	21	1	0			0,0031
3012	Dravska kotlina	52	36	10	1	3	2	0,046
4016	Murska kotlina	26	21	3	2			0,0062
4017	Vzhodne Slovenske gorice*	3	3					
6021	Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota**	4	1	3				0,0016
SKUPAJ		264	174	58	15	10	7	

Legenda: **VTPodV**: vodno telo podzemne vode, **MM**: merilno mesto, *: meritve so bile opravljene le eno leto, **: meritve so bile opravljene le na treh od devetih merilnih mestih

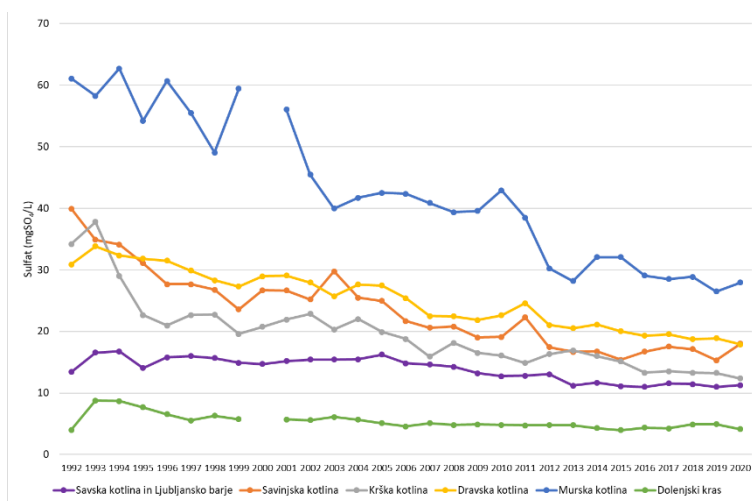
Najvišje vsebnosti PFOS smo določili na vodnih telesih Krška kotlina, Savska kotlina in Ljubljansko barje in Dravska kotlina. Daleč najvišja vsebnost PFOS je bila določena na merilnem mestu na Krški kotlini (Sp. Stari grad NE-1177). Standard kakovosti za vrednotenje PFOS v podzemni vodi ni predpisan.

7 SULFATI V PODZEMNI VODI

Sulfat v podzemni vodi je lahko naravnega ali antropogenega izvora. Naravno je sulfat prisoten zaradi raztapljanja sulfatnih in oksidacije sulfidnih mineralov. Glavni viri vnosa sulfata v podzemno vodo zaradi človekovih delavnosti so atmosferska depozicija oziroma padavine ter druge dejavnosti (rudarjenje, industrija, gnojenje...). Proizvodnja električne in toplotne energije, uporaba fosilnih goriv v industriji in prometu ter v preteklosti tudi raba premoga za ogrevanje gospodinjstev, so najbolj pogosti viri emisij žveplovih oksidov (SO_x) v ozračje. Žveplov oksidi se v ozračju hitro oksidirajo, reagirajo z vodo, kot sulfatni ion (SO_4^{2-}) s padavinami padejo na zemljo in pronikajo tudi do podzemne vode. Vir sulfata v padavinah je lahko tudi naravnega izvora, najbolj pogosto je to posledica vulkanskih izbruhov.

Eden od virov sulfata v podzemni vodi je tudi gnojenje z žveplom (živinska gnojila ter žetveni ostanki). Žveplo se iz tal izpira, kot sulfatni ion. Izpiranje je odvisno od količine padavin, evapotranspiracije, od teksture tal, vsebnosti železovih in aluminijevih oksidov ter od pH vrednosti tal. V kislih tleh ($\text{pH} < 4,5$) so sulfati močno vezani na zemljino, zato do izpiranja ne pride.

V letu 2020 smo naredili obsežnejšo obdelavo rezultatov analiz sulfata v podzemni vodi. Na grafikonu 12 je prikazana vsebnost sulfata na vodnih telesih z najdaljšim nizom podatkov.



Grafikon 12: Vsebnost sulfata v vodnih telesih podzemne vode z najdaljšim nizom podatkov za obdobje 1992-2020

Rezultati analiz so pokazali, da vsebnost sulfata v podzemni vodi upada na vseh vodnih telesih. Najbolj izrazit padec vsebnosti sulfata je na Murski kotlini, kjer je bila v preteklosti na vzhodnem obrobju Murskega polja in v njegovem osrednjem delu ponekod ugotovljena povečana vsebnost sulfatnega iona (Rakičan, Lipovci, Dolina). Povišana mineralizacija, ki se v splošnem povečuje od obrobja proti sredini polja, je lahko tudi posledica dotoka mineralnih voda (GeoZS, 2005-2006). Na Savinjski, Dravski in Krški kotline je padec vsebnosti sulfata približno enak, nekoliko nižji je na vodnem telesu Savska kotlina in Ljubljansko Barje. Padec vsebnosti sulfata je opaziti tudi na vodnem telesu Dolenjski kras, kjer prevladuje kraški tip vodonosnika.

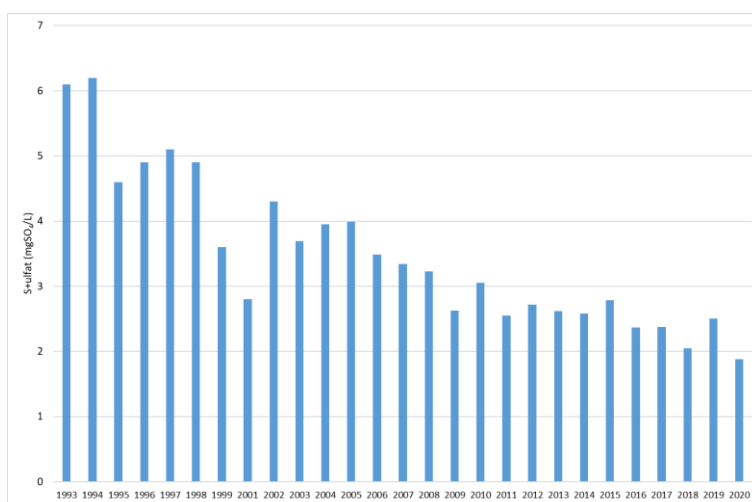
Statistična analiza je pokazala, da so vsi padci na vodnih telesih z daljšim nizom podatkov tudi statistično značilni (tabela 22).

Tabela 22: Statistična značilnost zniževanja vsebnosti sulfatov v podzemni vodi za obdobje 1992-2020.

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Število meritev	Spearmanov koeficient	P-vrednost
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	29	-0,825**	1,9E-08
1002	Savinjska kotlina	29	-0,933**	7,6E-14
1003	Krška kotlina	29	-0,939**	2,3E-14
1010	Kraška Ljubljana	28	-0,777**	5,7E-07
1011	Dolenjski kras	28	-0,691**	2,4E-05
3012	Dravska kotlina	29	-0,972**	8,4E-19
4016	Murska kotlina	28	-0,947**	1,3E-14
5019	Obala in Kras z Brkini	24	-0,530**	3,8E-03
6021	Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota	29	-0,890**	5,5E-11

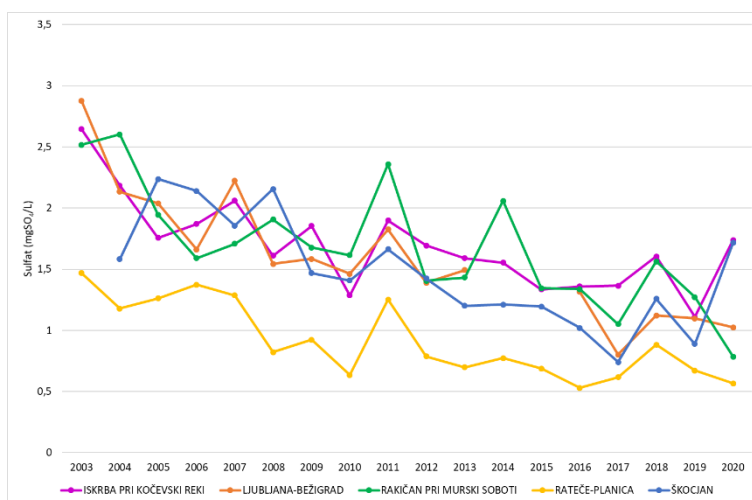
Legenda: **VTPodV**: vodno telo podzemne vode, **: Korelacija je statistično značilna (P-vrednost = 0.01)

Vsebnosti sulfata padajo tudi na merilnih mestih, kjer v zaledju ni nobenega evidentiranega pritiska, oziroma kjer merilna mesta odražajo naravno ozadje. Eno od takih merilnih mest je izvir reke Hubelj (grafikon 13).



Grafikon 13: Vsebnost sulfata na izviru reke Hubelj v obdobju 1993-2020

Zaradi možnosti vpliva padavinske vode, ki napaja podzemno vodo smo preverili tudi vsebnost sulfata v padavinah. Na grafikonu 14 je prikazana vsebnost sulfatnega iona v padavinah od leta 2003 do 2020.



Grafikon 14: Vsebnost sulfata v padavinah od leta 2003 do 2020

Podatki analiz padavinske vode so pokazali, da vsebnost sulfata upada tudi v padavinah, kar je pričakovano in povezano z zmanjšanimi emisijami žveplovih oksidov (SO_x) v ozračje. Rezultati analiz podatkov, ki smo jih opravili v letu 2020 pa kažejo, da se zmanjšanje emisij žveplovih oksidov (SO_x) v ozračje z veliko verjetnostjo odraža tudi na znižanju vsebnosti sulfata v podzemni vodi.

8 VIRI

1. Zakon o vodah, Ur. l. RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdl-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14 in 56/15
2. Zakon o varstvu okolja, Ur. l. RS, št. 39/06 – UPB, 49/06 – ZMetD, 66/06 – odl. US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09 – ZPNačrt-A, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15 in 30/16
3. Uredba o stanju podzemnih voda (Ur. l. RS, št. 25/09, 68/12 in 66/16)
4. Uredba o stanju površinskih voda (Ur. l. RS št. 14/09, 98/10, 96/13, 24/16)
5. Uredba o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov (Ur. l. RS, št. 113/09, 5/13, 22/15 in 12/17)
6. Pravilnik o pitni vodi (Ur. l. RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 in 51/17)
7. Pravilnik o določitvi vodnih teles podzemnih voda (Ur. l. RS, št. 63/05 in 8/18)
8. Pravilnik o monitoringu podzemnih voda (Ur. l. RS, št. 31/09)
9. Program monitoringa stanja voda za obdobje 2016 – 2021
10. Direktiva Sveta 91/676/EGS z dne 12. decembra 1991 o varstvu voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijskih virov
11. Direktiva Sveta 98/83/ES z dne 3. novembra 1998 o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi (Direktiva EU o pitni vodi)
12. Direktiva 2000/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike
13. Direktiva o varstvu podzemne vode pred onesnaženjem in poslabšanjem 2006/118/ES
14. Direktiva Komisije 2009/90/ES z dne 31. julija 2009 o določitvi strokovnih zahtev za kemijsko analiziranje in spremljanje stanja voda v skladu z Direktivo Evropskega parlamenta in Sveta 2000/60/ES
15. Hidrogeološke razmere na Dravskem polju, L. Žlebnik, Geologija 25/1, 1982, Ljubljana
16. Strokovno, digitalno gradivo Agencije RS za okolje: Tokovnice, območja napajanja in dreniranja aluvialnih vodonosnikov, simultane meritve med leti 1992-1995 ob nižjem hidrološkem stanju
17. Pliocenski vodonosniki – pomemben vir neoporečne pitne vode za ptujsko-ormoško regijo, L. Žlebnik & F. Drobne, Geologija 41, Ljubljana, 1999
18. Nacionalna baza hidrogeoloških podatkov za opredelitev teles podzemne vode RS, Geološki zavod Slovenije 2005 in 2006
19. Ureditev celovite oskrbe prebivalstva s pitno vodo in varovanje vodnih virov v Pomurju, D. Petauer et. al., projektna naloga za izdelavo hidrogeoloških podlag za projekt, Geoko d.o.o., Ljubljana, 2006, 2007
20. Ocena prispevnih zaledij izbranih kraških izvirov, M. Petrič, ZRC SAZU, Inštitut za raziskovanje krasi, Postojna, september 2007
21. Ocena prispevnih zaledij izbranih kraških izvirov, N. Trišić et. al., interno poročilo Agencija RS za okolje, Ljubljana, februar 2008
22. [Evidenca dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč, MKGP](#)

23. Pritiski in varovanje podzemnega krasa, primeri iz Slovenije in Hrvaške, Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU: A. Hudoklin, Are we guaranteeing the favourable status of the Proteus anguinus in the Natura 2000 network in Slovenia, Postojna, junij 2011
24. Hidrogeološko poročilo o izvedenih delih na lokaciji bodočega objekta za izvajanje monitoringa podzemnih vod »vodomerna postaja Črnci«, IRGO, november 2011
25. Hidrogeološko poročilo o izvedenih delih na lokaciji bodočega objekta za izvajanje monitoringa podzemnih vod »vodomerna postaja Žepovci«, IRGO, november 2011
26. Priprava strokovnih podlag in strokovna podpora pri izvajanju vodne direktive za področje podzemnih voda (Direktiva 2000/60/EC): Pregled ekosistemov odvisnih od stanja podzemnih vod, končno poročilo, Geološki zavod Slovenije, december 2011
27. Pliocenski vodonosnik Dravskega polja, M.Klasinc. Diplomsko delo, NTF, Ljubljana, maj 2013
28. Statistika v geologiji 1, N. Zupančič, univerzitetni učbenik, NTF, Oddelek za geologijo, 2013
29. Hidrogeološko poročilo o izvedenih delih na lokaciji bodočega objekta za izvajanje monitoringa podzemnih vod »vodomerna postaja Mali Segovci«, IRGO, november 2014
30. Zaloge podzemne vode v kvartarnem vodonosniku na Dravskem polju, A. Turnšek. Magistrsko delo, NTF, Ljubljana, april 2016
31. [Celovit nadzor obremenitev na območju belokranjskega in postojnskega krasa](#), ki predstavljajo tveganje za življenje človeške ribice, 13.12.2019, Inšpektorat RS za okolje in prostor