

Kemijsko stanje podzemne vode v Sloveniji

Poročilo za leto 2021

Kemijsko stanje podzemne vode v Sloveniji

ISSN 1855-5330

Ljubljana, september 2022

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

Odgovarja: mag. Joško Knez, generalni direktor

Avtorji: mag. Polonca Mihorko

mag. Marina Gacin

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 posameznih letih](#)
- [GIS spletni pregledovalnik](#)
- [Podzemna voda – bogastvo, skrito pod zemeljskim površjem](#)
- Vsebnost [nitrata v podzemni vodi](#) ter [atrazina in desetil-atrazina na Dravski kotlini](#)

©2022, 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 2021

AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

Ljubljana, september 2022

Povzetek

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 2021 je potekal operativni monitoring, kakovost podzemne vode se je spremljala na 14 vodnih telesih.

Rezultati monitoringa kemijskega stanja podzemne vode v letu 2021 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 2021 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 lahkohlapnimi halogeniranimi ogljikovodiki.

V poročilu je na kratko prikazan sistem ocenjevanja kemijskega stanja (merila, standardi kakovosti) in ocena kemijskega stanja za leto 2021. Analiza trendov in podrobnejša predstavitev preiskovalnih monitoringov bo dodana v obsežnejšemu poročilu v prvi polovici leta 2022.

[Rezultati monitoringa](#) so od leta 2006 do 2021 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 1998-2021	5
4	PREGLED PARAMETROV KEMIJSKEGA STANJA	5
4.1	Nitrati.....	5
4.2	Pesticidi	10
4.3	Lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki	12
5	OCENA KAKOVOSTI PODZEMNE VODE PO PRAVILNIKU O PITNI VODI	13
6	PREISKOVALNI MONITORINGI	14
6.1	Stanje podzemne vode kraških izvirov na ogroženih območjih človeške ribice.....	14
6.2	Ostanki zdravil in kofeina v podzemni vodi	18
6.3	Analize perfluorooktansulfonske kisline in perfluorooktanojske kisline	21
6.4	Metaboliti (razgradni produkti) pesticidov v podzemni vodi.....	24
6.5	Uporaba DRS posnetka v monitoringu podzemne vode.....	29
7	VIRI	32

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 fitofarmaceutskih 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 2021 se je izvajal operativni monitoring in sicer na vseh 14 vodnih telesih podzemne vode. V program je bilo vključenih 174 merilnih mest, od tega 121 v vodonosnikih z medzrnsko poroznostjo in 53 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 2021

VTPodV	Površina VTPodV (km ²)	Število MM	Št. MM na 100 km ²
1001 Savska kotlina in Ljubljansko barje	773,55	48	6,21
1002 Savinjska kotlina	109,13	13	11,91
1003 Krška kotlina	96,76	13	13,44
1005 Karavanke	403,58	4	0,99
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	26	6,06
3015 Zahodne Slovenske gorice	756,16	2	0,26
4016 Murska kotlina	589,42	14	2,38
4017 Vzhodne Slovenske gorice	307,83	4	1,30
5019 Obala in Kras z Brkini	1588,25	3	0,19
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.

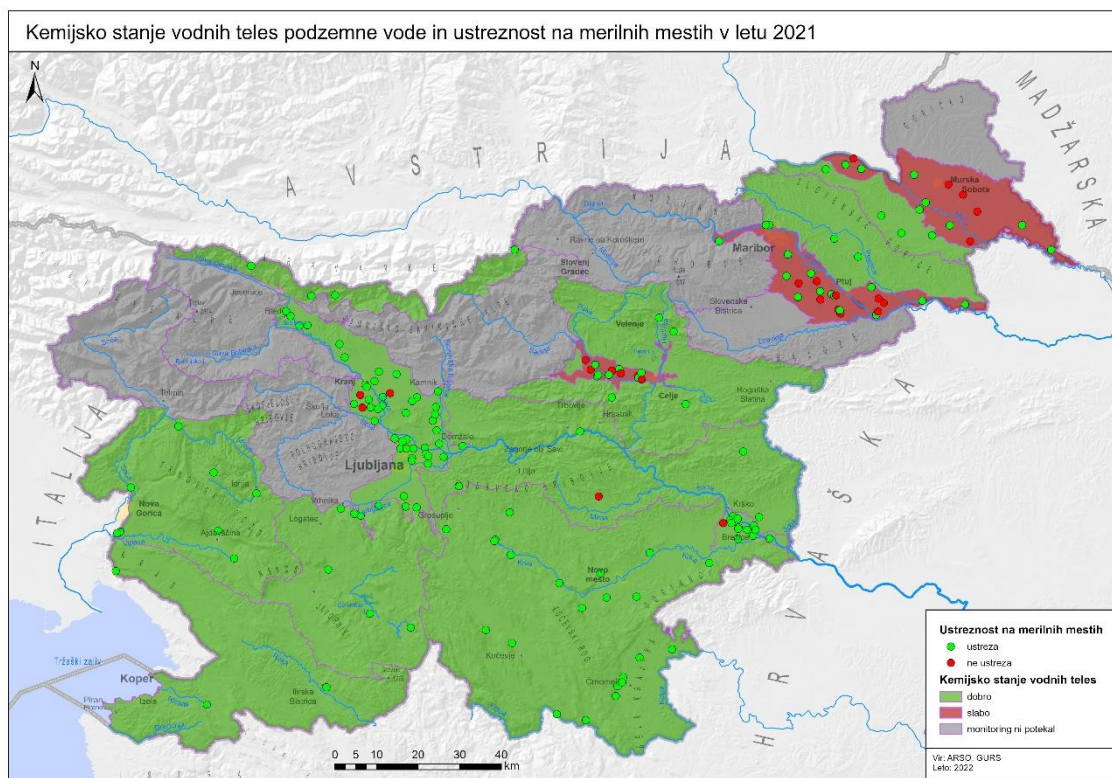
V tabeli 4 je prikazano kemijsko stanje podzemne vode po vodnih telesih za obdobje 2015-2021, ovrednoteno v skladu z Uredbo o stanju podzemnih voda.

Tabela 4: Kemijsko stanje vodnih teles podzemne vode v obdobju 2015-2021

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro	dobro
1002	Savinjska kotlina	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo	slabo
1003	Kraška 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., Škofjel. 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 Banjška 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 2021 smo slabo kemijsko stanje določili za Savinjsko, Dravsko in Mursko kotlino (Karta 1)



Karta 1: Kemijsko stanje vodnih teles podzemne vode in ustreznost po merilnih mestih v letu 2021

Podzemna voda v Savinjski, Dravski in Murški 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 lahkohlapnimi 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 2021 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 razvrstivna 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 zavrnilo, kadar je

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

3.2 Statistično značilni trendi onesnaževal v obdobju 1998-2021

Statistično značilne trende nitrata, atrazina in desetil-atrazina se ugotavlja na vodnih telesih podzemne vode z medzrnsko poroznostjo. Rezultati monitoringa kakovosti podzemne vode in analize podatkov za obdobje 1998-2021 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 atrazina. V tabeli 5 so prikazana vodna telesa s statistično značilnimi trendi.

Tabela 5: Statistično značilni trendi v vodnih telesih podzemne vode v obdobju 1998-2021

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 2021 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. 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 2021 in sicer vsebnost nitrata, pesticidov in lahkohlapnih halogeniranih organskih spojin v podzemni vodi.

4.1 Nitrati

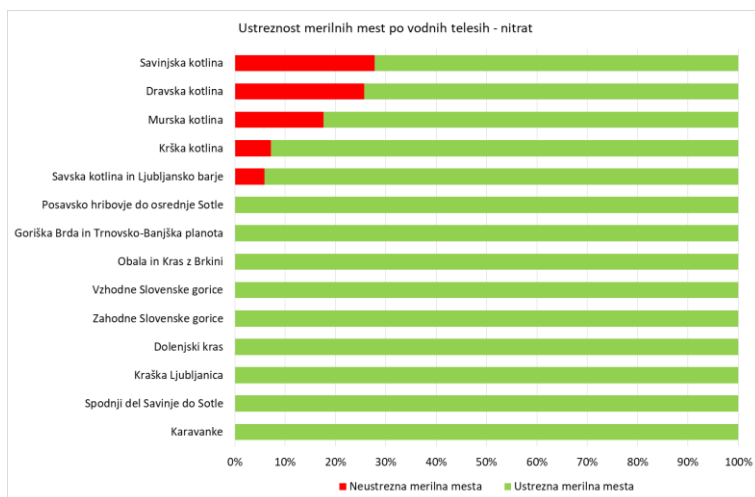
Vsebnost nitrata se v programu monitoringa podzemne vode določa na vseh merilnih mestih v spomladanskem in jesenskem vzorčenju. Analize smo izvedli na 174 merilnih mestih. Na 21 merilnih mestih smo ugotovili preseganje standarda kakovosti, kar predstavlja 12,1% vseh merilnih mest. Na grafikonu 1 je prikazan procent ustreznih in neustreznih merilnih mest po vodnih telesih v letu 2021, v tabeli 6 pa preseganja po posameznih merilnih mestih.

Tabela 6: Število merilnih mest in število ter procent neustreznih merilnih mest glede na vsebnost nitrata po vodnih telesih v letu 2021

VTPodV	Ime VTPodV	Št. MM	Št. neustr. MM glede na vsebnost nitrata	% neustr. MM glede na vsebnost nitrata
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	48	3	6,3
1002	Savinjska kotlina	13	5	38,5
1003	Krška kotlina	13	1	7,69
1005	Karavanke	4		0
1008	Posavsko hribovje do osrednje Sotle	5		0
1009	Spodnji del Savinje do Sotle	4		0
1010	Kraška Ljubljana	7		0
1011	Dolenjski kras	22		0
3012	Dravska kotlina	26	9	34,6
3015	Zahodne Slovenske gorice	2		0
4016	Murska kotlina	14	3	21,4
4017	Vzhodne Slovenske gorice	4		0
5019	Obala in Kras z Brkini	3		0
6021	Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota	9		0
	SKUPAJ	174	21	12,1

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

Standard kakovosti za nitrat ($50 \text{ mgNO}_3/\text{L}$) je bil v letu 2021 presežen na merilnih mestih na šestih vodnih telesih (grafikon 1). Na Savinjski, Murski in Dravski kotlini je preseganje standarda kakovosti za nitrat vzrok tudi za slabo kemijsko stanje. Preseganje standarda kakovosti za nitrat po merilnih mestih v letu 2021 je prikazano v tabeli 7.



Grafikon 1: Procent ustreznih in neustreznih merilnih mest za nitrat po vodnih telesih v letu 2021

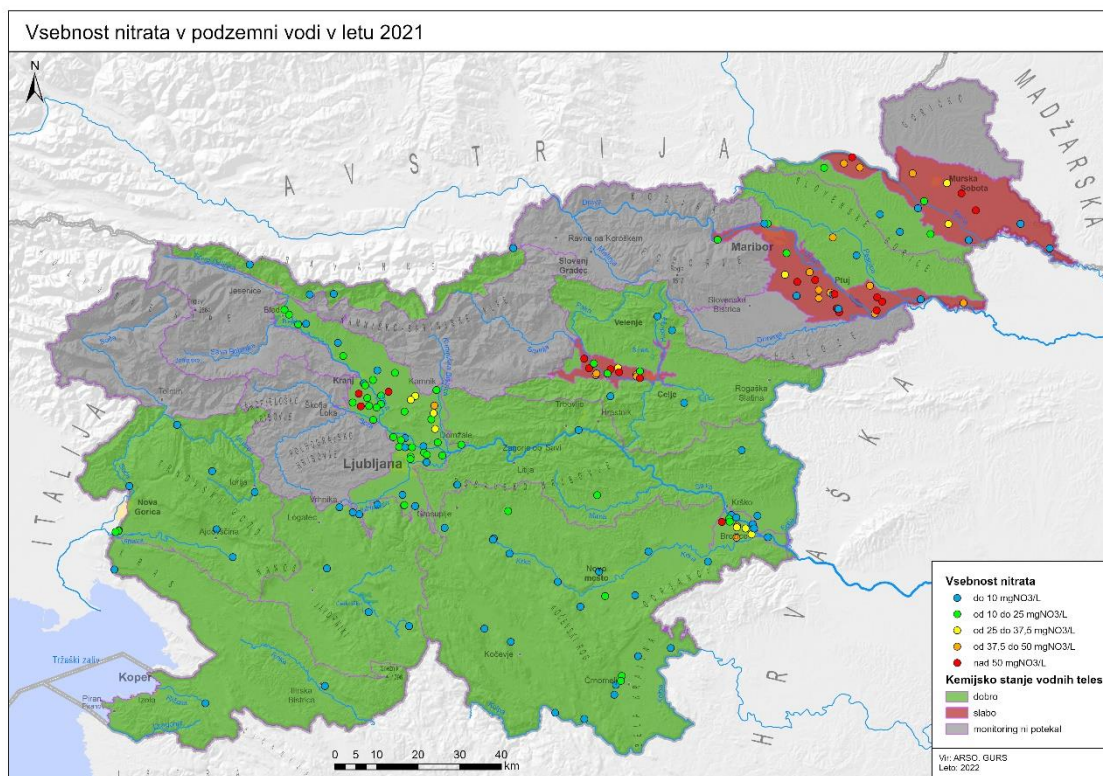
Tabela 7: Preseganje standarda kakovosti za nitrat po merilnih mestih v letu 2021

VTPodV	Ime VTPodV	Ime merilnega mesta	Nitrati mgNO_3/L
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	VOGLJE Vog-1/14	62,0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	ŽABNICA 0590	58,0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	GODEŠIČ SOV-5174	53,5
1002	Savinjska kotlina	TRNAVA Trn-1/14	66,5
1002	Savinjska kotlina	ŠEMPETER 0840	62,0
1002	Savinjska kotlina	ŽALEC Žal 1/14	68,5
1002	Savinjska kotlina	PARIŽLJE Par-1/14	53,5

VTPodV	Ime VTPodV	Ime merilnega mesta	Nitrati mgNO ₃ /L
1002	Savinjska kotlina	MEDLOG, vodnjak A	53,0
1003	Krška kotlina	DRNOVO	54,35
3012	Dravska kotlina	PREPOLJE, P-1	53,5
3012	Dravska kotlina	PODOVA Pod-1/10	64,0
3012	Dravska kotlina	ŠIKOLE	58,0
3012	Dravska kotlina	SPODNJA HAJDINA SHaj-1/14	55,5
3012	Dravska kotlina	DRAŽENCI Dra-1/14	58,0
3012	Dravska kotlina	LANCOVA VAS LP-1	68,5
3012	Dravska kotlina	SOBETINCI Sob-1/14	88,5
3012	Dravska kotlina	ZAGOJIČI ZP-3/01	62,0
3012	Dravska kotlina	BUKOVCI Buk-1/14	64,0
4016	Murska kotlina	ČRNCI Črn-1/10	51,0
4016	Murska kotlina	GANČANI Gan-1/14	80,0
4016	Murska kotlina	ODRANCI (Od-1/09)	82,0
Standard kakovosti			50,0

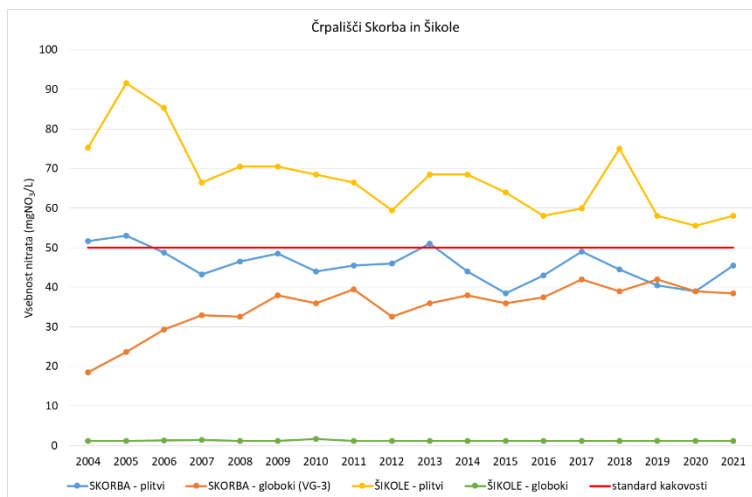
Legenda: **VTPodV**: vodno telo podzemne vode

Najvišji delež neustreznih merilnih mest je bil na Savinjski kotlini, obremenjeni pa sta tudi vodni telesi Dravske in Murske kotline (karta 2). Na vseh omenjenih vodnih telesih je obremenitev z nitrati velika, saj je poleg preseganja standarda kakovosti na posameznih merilnih mestih na velikem številu merilnih mest vsebnost nitrata višja od 75% standarda kakovosti.



Karta 2: Vsebnost nitrata v podzemni vodi v letu 2021

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 je vsebnost nitrata narasla tudi v spodnjem, pliocenskem vodonosniku (Grafikon 2).



Grafikon 2: Vsebnost nitrata na črpališčih pitne vode Šikole in Skorba v letih 2004-2021

Na Murski kotlini je bil nitrat presežen na treh merilnih mestih, eno merilno mesto na Apaškem polju in dve v centralnem delu vodnega telesa. 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 (karta 2).

Na vseh merilnih mestih na večjih aluvialnih vodnih telesih spremljamo trende vsebnosti nitrata in jih statistično vrednotimo. V tabeli 8 so prikazana merilna mesta s statistično značilnimi trendi. Dodali smo tudi merilna mesta s preseženim standardom kakovosti pri katerih nismo določili statistično značilnega trenda.

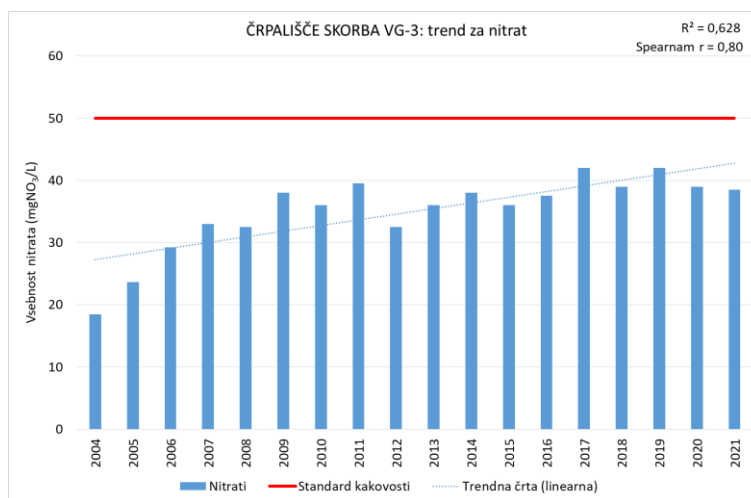
Tabela 8: Merilna mesta s statistično značilnimi trendi, neustrezna merilna mesta po vsebnosti nitrata in povprečna letna vsebnost nitrata v letu 2021

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Merilno mesto	Trend nitrata	Nitrat 2021 (mgNO ₃ /L)
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	ČRPALIŠČE LEK	trend pada	39,5
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	DOMŽALE, C-4	trend pada	20,5
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	DRAGOČAJNA D-0185	trend pada	21,0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	DRULOVKA Dru-1/14	trend pada	12,5
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	GODEŠIČ SOV-5174	trend pada	53,5
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	HRASTJE - ŠM1/2D	trend pada	14,0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	HRASTJE (I a) 0344	trend pada	17,5
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	JARŠKI PROD (III) JA-3	trend pada	8,7
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	KLEČE (VIII a) 0543	trend pada	9,1
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	KOTEKS-ZALOG 0371	trend pada	11,0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	MERCATOR V1	trend pada	25,0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	VOGLJE Vog-1/14	trenda ni	62,0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	ŽABNICA 0590	trend pada	58,0
1002	Savinjska kotlina	ČRPALIŠČE ROJE	trend pada	13,5
1002	Savinjska kotlina	DOLENJA VAS ČB 1/83	trend pada	41,5
1002	Savinjska kotlina	GOTOVLJE 0800	trend pada	36,5
1002	Savinjska kotlina	LEVEC AMP P-1	trend pada	49,0
1002	Savinjska kotlina	LEVEC VC-1772	trend pada	46,5
1002	Savinjska kotlina	MEDLOG 1941	trend pada	21,0
1002	Savinjska kotlina	MEDLOG, vodnjak A	trend pada	53,0
1002	Savinjska kotlina	PARIŽLJE Par-1/14	trenda ni	53,5
1002	Savinjska kotlina	ŠEMPETER 0840	trend pada	62,0
1002	Savinjska kotlina	TRNAVA Trn-1/14	trenda ni	66,5
1002	Savinjska kotlina	ŽALEC Žal 1/14	trenda ni	68,5
1003	Krška kotlina	DRNOVO	trend narašča	54,4
1003	Krška kotlina	PB-20	trend pada	0,03
1003	Krška kotlina	SP.STARI GRAD NE-1177	trend pada	6,4

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Merilno mesto	Trend nitrata	Nitrat 2021 (mgNO ₃ /L)
1003	Krška kotlina	VRBINA NE-1077	trend pada	8,3
3012	Dravska kotlina	BUKOVCI Buk-1/14	trenda ni	64,0
3012	Dravska kotlina	ČRPALIŠČE SKORBA VG-3	trend naraščanja	38,5
3012	Dravska kotlina	DRAŽENCI Dra-1/14	trenda ni	58,0
3012	Dravska kotlina	KAMNICA 0080	trend pada	2,7
3012	Dravska kotlina	KUNGOTA (Ku-1/09)	trend pada	42,0
3012	Dravska kotlina	LANCOVA VAS LP-1	trend pada	68,5
3012	Dravska kotlina	PODOVA Pod-1/10	trenda ni	64,0
3012	Dravska kotlina	PREPOLJE, P-1	trenda ni	53,5
3012	Dravska kotlina	SKORBA V-5	trend pada	45,5
3012	Dravska kotlina	SOBETINCI Sob-1/14	trenda ni	88,5
3012	Dravska kotlina	SPODNJA HAJDINA SHaj-1/14	trenda ni	55,5
3012	Dravska kotlina	ŠIKOLE	trenda ni	58,0
3012	Dravska kotlina	ZAGOJČI ZP-3/01	trend pada	62,0
4016	Murska kotlina	ČRNCI Čm-1/10	trenda ni	51,0
4016	Murska kotlina	GANČANI Gan-1/14	trenda ni	80,0
4016	Murska kotlina	ODRANCI (Od-1/09)	trenda ni	82,0
4016	Murska kotlina	RAKIČAN (Ra-1/09)	trend pada	27,0
4016	Murska kotlina	ŽEPOVCI Žep-2/10	trend naraščanja	48,5

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

V letu 2021 je statistična analiza trendov pokazala, da nitrat narašča na treh merilnih mestih. V globoki vrtini VG-3 v črpališču pitne vode Skorba (grafikon 3) opazujemo naraščajoč trend že od leta 2004, od leta 2014 pa vsebnost nitrata stalno presega 75 % standarda kakovosti. V zadnjih letih je trend nekoliko manj izrazit, kljub temu pa statistična analize še vedno kaže naraščanje vsebnosti nitrata.



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

Trend naraščanja vsebnosti nitrata smo določili še na dve merilnih mestih in sicer Drnovo na Krški kotlini ter Žepovci na Murski kotlini. Na omenjenih dveh merilnih mestih statistična analiza naraščajočega trenda ne pokaže vsako leto.

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. 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 (Tabela 9).

Tabela 9: Število merilnih mest s statistično značilnimi padajočimi trendi in merilna mesta s preseganjem standarda kakovosti brez statistično značilnega trenda

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Št. MM	Št. MM nitrat >50mgNO ₃ /L	Št. MM s padajočim trendom nitrat >50mgNO ₃ /L	Št. MM brez trenda nitrat >50mgNO ₃ /L
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	48	3	2	0
1002	Savinjska kotlina	13	5	2	3
1003	Krška kotlina	13	1	0	0
3012	Dravska kotlina	26	9	2	7
4016	Murska kotlina	14	3	0	3

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

Dobro stanje bodo vodna telesa s slabim kemijskim stanjem dosegla, ko bo vsebnost nitrata pričela statistično značilno padati na merilnih mestih, kjer je standard nitrata presežen. Glede na veliko število obremenjenih merilnih mest brez statistično padajočega trenda (na Dravski kotlini je takim merilnih mest kar sedem), vodna telesa s slabim stanjem v naslednjih letih z veliko verjetnostjo še ne bodo dosegla dobrega kemijskega stanja.

4.2 Pesticidi

Vsebnosti pesticidov se v programu monitoringa podzemne vode določa na merilnih mestih v spomladanskem in jesenskem vzorčenju. Analize smo izvedli na 127 merilnih mestih. Na štirih merilnih mestih smo ugotovili preseganje standarda kakovosti, kar predstavlja 3,1 procenta vseh merilnih mest. Število merilnih mest in delež neustreznih merilnih mest po vodnih telesih je prikazano v tabeli 10, preseganje standarda kakovosti za posamezen pesticid po merilnih mestih pa v tabeli 11.

Tabela 10: Število merilnih mest, neustrezna merilna mesta, število preseženih merilnih mest glede na posamezen pesticid po vodnih telesih

VTPodV	Ime VTPodV	Št. MM	Št. MM, kjer smo analizirali pesticide	Št. neustr. MM glede na vsebnost pesticidov	% neustr. MM glede na vsebnost pesticidov	Atrazin (µg/L)	Desetil-atrazin (µg/L)	Dicamba (µg/L)	Pesticidi vsota (µg/L)
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	48	48	0					
1002	Savinjska kotlina	13	13	0					
1003	Krška kotlina	13	13	0					
1005	Karavanke	4	0						
1008	Posavsko hribovje do osrednje Sotle	5	1	1	20,0		1		
1009	Spodnji del Savinje do Sotle	4	0						
1010	Kraška Ljubljana	7	1	0					
1011	Dolenjski kras	22	7	0					
3012	Dravska kotlina	26	26	2	7,7	2	1		
3015	Zahodne Slovenske gorice	2	1	0					
4016	Murska kotlina	14	13	1	7,1			1	1
4017	Vzhodne Slovenske gorice	4	2	0					
5019	Obala in Kras z Brkini	3	0						
6021	Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota	9	2	0					
SKUPAJ		174	127	4	3,1	2	2	1	1

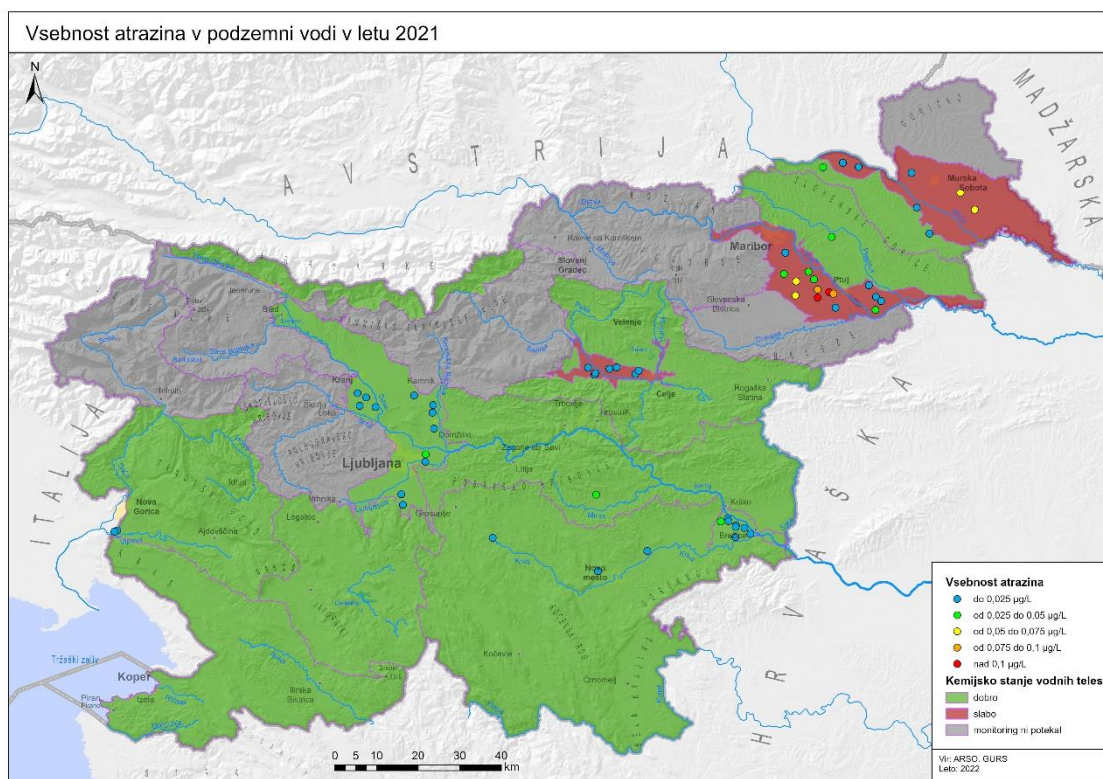
Legenda: **VTPodV**: vodno telo podzemne vode

Tabela 11: Preseganje standarda kakovosti za posamezen pesticid po merilnih mestih v letu 2021

VTPodV	Ime VTPodV	Ime merilnega mesta	Atrazin (µg/L)	Desetil-atrazin (µg/L)	Dicamba (µg/L)	Vsota pesticidov (µg/L)
1008	Posavsko hribovje do osrednje Sotle	KAMNJE Š-1/92		0,11		
3012	Dravska kotlina	KIDRIČEVO	0,22			
3012	Dravska kotlina	SKORBA V-5	0,13	0,11		
4016	Murska kotlina	VEŠČICA (Ve-1/09)			1,55	1,55
Standard kakovosti			0,1	0,1	0,1	0,5

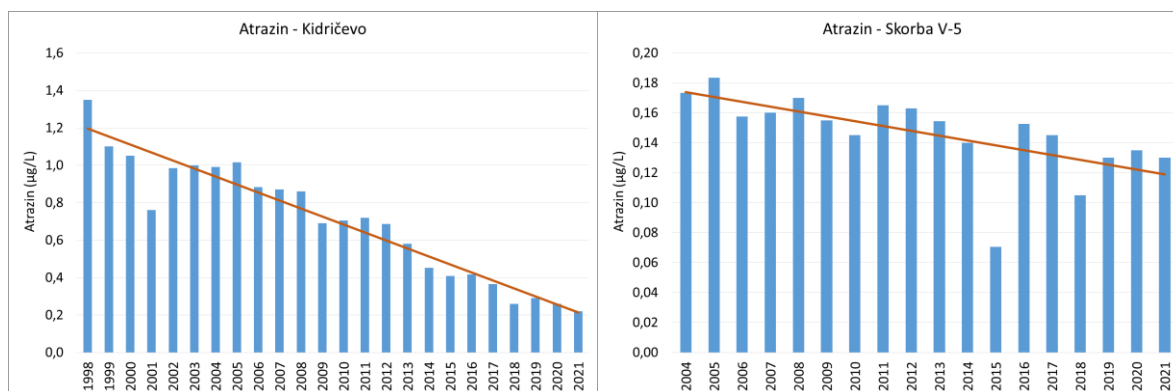
Legenda: VTPodV: vodno telo podzemne vode

Standard kakovosti je bil presežen na štirih merilnih mestih. Na dveh merilnih mestih na Dravski kotlini je bila presežena vsebnost atrazina, kar je poleg nitrata dodaten vzrok za slabo kemijsko stanje vodnega telesa Dravske kotline. Na ostalih vodnih telesih podzemne vode preseganj atrazina v letu 2021 nismo določili. (Karta 3)



Karta 3: Vsebnost atrazina v podzemni vodi v letu 2021

Najvišje vsebnosti atrazina smo določili v vodnjaku v Kidričevem, problem pa predstavlja tudi preseganje atrazina na črpališču pitne vode v Skorbi (Grafikon 4).



Grafikon 4: Vsebnost atrazina na merilnih mestih Kidričevo in Skorba v obdobju 2004-2021

Atrazin se na Dravski kotlini zadržuje veliko dlje časa kot na drugih vodnih telesih. 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. Ne gre izključiti starih bremen (ki so lahko na površju odprta, ali pa so na različnih globinah vodonosnika še vedno prisotna in se izpirajo v podzemno vodo), hidrogeoloških pogojev in počasne razgradnje, možna je pa tudi nelegalna uporaba atrazina po uveljavitvi prepovedane uporabe (Koroša, 2019). Razloge je potrebno iskati tudi v lastnostih atrazina. [Razgradnja atrazina poteka](#) bodisi s kemijskih razpadom, bodisi z razpadom 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,..). Glavni faktorji, ki vplivajo na transport pesticidov skozi tla so hidravlična prevodnost tal, količina organske snovi in glin (zlasti montmorilonita in vermikulita) in vsebnost vlage v tleh. Na transport herbicidov iz zemeljskega površja do podzemne vode vplivajo še drugi faktorji - od rabe do obdelave ter lastnosti tal, klimatskih dejavnikov, hidrogeoloških značilnosti (napajanje vodonosnika, globina do podzemne vode, značilnosti nezasičene cone).

4.3 Lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki

V letu 2021 smo vsebnost lahkohlapnih halogeniranih ogljikovodikov spremljali na 12 merilnih mestih. Vrednost praga za lahkohlapne halogenirane ogljikovodike je bila presežena na treh merilnih mestih. V nasprotju z nitratom in pesticidi, ki odražajo pritisk kmetijstva in urbanizacije, lahkohlapne halogenirane organske spojine odražajo industrijsko obremenitev. [Tetrakloroeten](#) se uporablja pri kemičnem čiščenju in v tekstilni industriji, pri razmaščevanju kovin, v gumarski industriji, v proizvodnji mil s topili, kartuš za printanje, lepil, tesnil, loščil, maziv in pesticidov. Mobilnost tetrakloretena je opisana kot zmerna (Fetter, 1988), s povprečno topnostjo v podzemni vodi 200 mg/l in porazdelitvenim koeficientom prst-voda - $K_{oc} = 152$. Je gostejši od vode in se z njo ne meša ter ob prisotnosti vode tvori ločeno fazo. Stopnja razgradnje z razpolovno dobo v podzemni vodi je na osnovi vodne aerobne degradacije ocenjena na 1 do 2 leti (Howard et. al. 1991), pod določenimi pogoji pa lahko traja bistveno dlje.

Presežene vrednosti praga so prikazane v tabeli 12.

Tabela 12: Preseganje vrednosti praga za lahkohlapne halogenirane ogljikovodike po merilnih mestih v letu 2021

VTPodV	Ime VTPodV	Ime merilnega mesta	Tetrakloroeten ($\mu\text{g/L}$)	Vsota LHCH ($\mu\text{g/L}$)
1002	Savinjska kotlina	LEVEC VC-1772	3,5	
4016	Murska kotlina	RAKIČAN (Ra-1/09)	59,0	100,7
4016	Murska kotlina	GANČANI Gan-1/14	9,0	
Vrednost praga			2,0	10,0

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 v Uredbi o stanju podzemne vode, so pa navedeni v Pravilniku o pitni vodi.

Obdelava podatkov je pokazala, da na nekaterih merilnih mestih, kjer spremljamo kemijsko stanje podzemne vode, presegajo mejno vrednost sledeči parametri: pH vrednost, amonij, arzen, železo in mangan. Mejne vrednosti so navedene v tabeli 13. 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 13: 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 ($\mu\text{g/L}$)	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 1998-2020 (Tabela 14).

Tabela 14: Merilna mesta s preseganji mejne vrednosti po Pravilniku o pitni vodi

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Merilno mesto	pH (-) 1998-2020	pH (-) 2021	Amonij (mgNH ₄ /L) 1998-2020	Amonij (mgNH ₄ /L) 2021	Mangan (mg/L) 1998-2020	Mangan (mg/L) 2021	Železo (mg/L) 1998-2020	Železo (mg/L) 2021	Arzen (µg/L) 1998-2020	Arzen (µg/L) 2021
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	OP-1					0,004	0,09	0,05	0,54		
1003	Krška kotlina	ŠENTLENART NE-1377							0,13	0,50		
1003	Krška kotlina	PB-20			0,16	1,30	0,15	1,24				
3012	Dravska kotlina	RAČE Rač-1/10	6,4	6,1								
3012	Dravska kotlina	ŠIKOLE GV2					0,11	0,11	0,29	0,31	10,5	10,6
4016	Murska kotlina	ŽEPOVCI Žep-2/10	6,4	6,4								
4016	Murska kotlina	MALI SEGOVCI MSeg-1/14	6,0	5,9								
4016	Murska kotlina	BENICA Ben-1/14					0,26	0,26	7,49	7,19		
4016	Murska kotlina	VEŠČICA (Ve-1/09)	6,3	6,2			0,48	0,39	4,00	3,28		
4017	Vzhodne Slovenske gorice	SPODNJI IVANCI							0,75	0,49		
4017	Vzhodne Slovenske gorice	ŽIHLAVA Žih 2/04							0,36	0,71		

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

Rezultati so pokazali, da so na merilnih mestih, kjer spremljamo kemijsko stanje podzemne vode, glede na Pravilnik o pitni vodi, večinoma preseženi indikativni parametri.

Na merilnem mestu OP-1 je bila glede na dolgoletno povprečje povišana vsebnost železa in mangana.

Glede na povprečje meritev v letih 1998-2020 je bila na merilnem mestu PB-20 presežena vsebnost amonija in mangana. Prav tako je bila višja vsebnost železa na merilnem mestu Šentlenart. Višje vsebnosti amonija, mangana in železa pripisujemo spremenjenemu režimu napajanja vrtin zaradi zaježitve HE Brežice. Vpliv zaježitve se kaže na padcu vsebnosti kisika, kar je povzročila anaerobne razmere v vrtinah.

Nekoliko višje so bile vsebnosti železa tudi na merilnem mestu Žihlava.

Vsebnost arzena, ki spada med parametre, ki vplivajo na zdravstveno ustreznost pitne vode, je bila presežena le na enem merilnem mestu in sicer v globokem vodnjaku na črpališču Šikole. Vsebnost arzena ne odstopa od povprečja v obdobju 1998-2020. Preseganja arzena na splošno opazamo na objektih, ki segajo v globlje geološke plasti, kjer so povišane vsebnosti arzena po vsej verjetnosti posledica naravnega ozadja.

6 PREISKOVALNI MONITORINGI

6.1 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. Na tem območju so v skladu s Pravilnikom o določitvi vodnih teles podzemnih voda določena tri vodna telesa podzemne vode in sicer 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 predstavljajo največjo grožnjo nitrat (preko 10 mgNO₃/L), kovine, pesticidi in PCB¹. Zakonodaja, 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 15.

Tabela 15: 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 Cerknškem 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	DOBLIČCA	45260	511590	1990
1011	Dolenjski kras	JELŠEVNIK	47634	511988	2014
1011	Dolenjski kras	OTOVŠKI BREG	49790	513383	2014
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 2021 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

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

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 16 je prikazana povprečna letna vsebnost nitrata v obdobju 2010 do 2021 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 16: Letna povprečja nitrata na merilnih mestih v obdobju 2010-2021

Leto	MALENŠČICA	DOBLIČCA	KRUPA	METLIŠKI OBRH	OBRH RINŽA	VELIKI OBRH pri Ložu	BRESTOVICA	RADEŠČA, Podtlum	JELŠEVNIK	OTOVŠKI BREG	PAČKI BREG	VIR PRI STIČNI	MALI PODLJUBEN	TRESENEC
2010	2,8	2,4	5,0	7,3	3,0	3,0	5,4	5,2						
2011	4,3	3,1	4,8	4,8	4,9	3,3	5,4	5,3						
2012	3,6	4,6	4,9	9,9	4,3	4,4	5,4	7,0						
2013	2,7	5,6	7,1	7,2	3,3	3,3	2,8	5,9						
2014	3,3	2,9	4,2	7,0	3,4	3,2	2,7	7,9	3,6	13,2	11,7			
2015	6,1	2,8	4,8	7,4	4,8	4,7	5,6	4,8	3,5	14,1	13,0			
2016	4,5	3,2	5,4	6,4	4,0	4,0	5,4	4,8	3,5	15,7	14,2	11,8	8,7	6,6
2017	3,2	3,9	3,8	7,9	3,5	4,5	5,6	6,3	3,2	17,9	16,4	19,3	6,6	5,4
2018	3,9	3,4	4,8	6,9	5,9	3,6	5,0	6,1	3,2	17,0	14,2	14,0	10,6	6,3
2019	4,4	3,9	6,0	6,8	6,1	4,0	4,5	6,6	5,7	13,5	11,4	18,0	9,9	6,1
2020	3,0	5,3	5,8	6,6	5,9	3,8	5,0	6,2	4,2	17,5	14,9	13,0	6,7	4,4
2021	3,2	3,6	5,3	7,2	5,2	3,5	4,4	6,0	4,8	16,8	14,8	14,8	13,5	4,8

Rezultati meritev so pokazali, da so glede na vsebnosti nitrata v letu 2021 v slabem stanju merilna mesta Otovški in Pački breg, Mali Podljuben in 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 2021 niso bile presežene, zato so vsi izviri v letu 2021 v dobrem kemijskem stanju.

Parametri ekološkega stanja

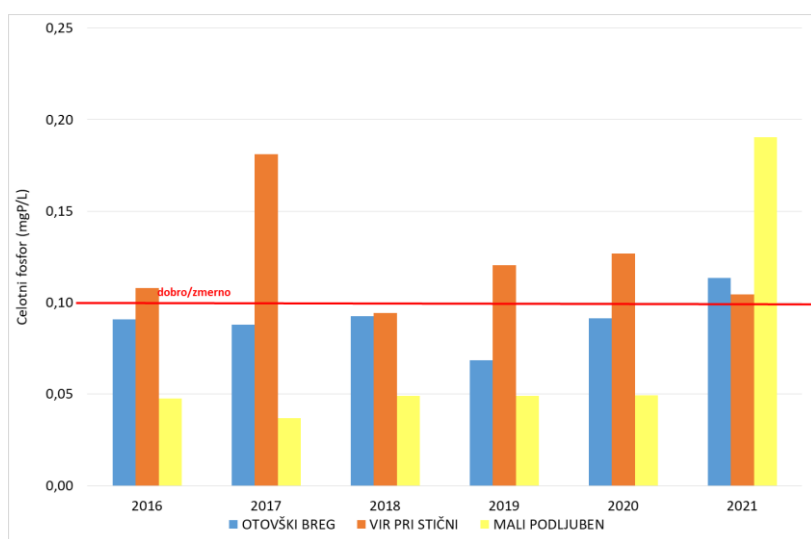
Uredba o stanju površinskih voda poleg parametrov za oceno kemijskega stanja površinskih voda, določa tudi standarde za posebna onesnaževala in splošne fizikalno-kemijske parametre, ki so del ocene ekološkega stanja voda. Standardi kakovosti za posebna onesnaževala, ki so določeni na nacionalnem nivoju, 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 izvirov, kjer prebiva človeška ribica smo vrednotili na podlagi celotnega fosforja in posebnih onesnaževal.

V tabeli 17 so prikazane referenčne in mejne vrednosti celotnega fosforja za zelo dobro/dobro (ZD/D) in dobro/zmerno (D/Z) ekološko stanje za posamezne ekološke tipe. S poudarjenim tekstom in obrobo so označene mejne vrednosti, ki veljajo za območje izbranih izvirov. Za izračun letne vsebnosti skupnega fosforja se izračuna mediana.

Tabela 17: Referenčne (RV) in mejne vrednosti za zelo dobro/dobro (ZD/D) in dobro/zmerno (D/Z) stanje za celotni fosfor

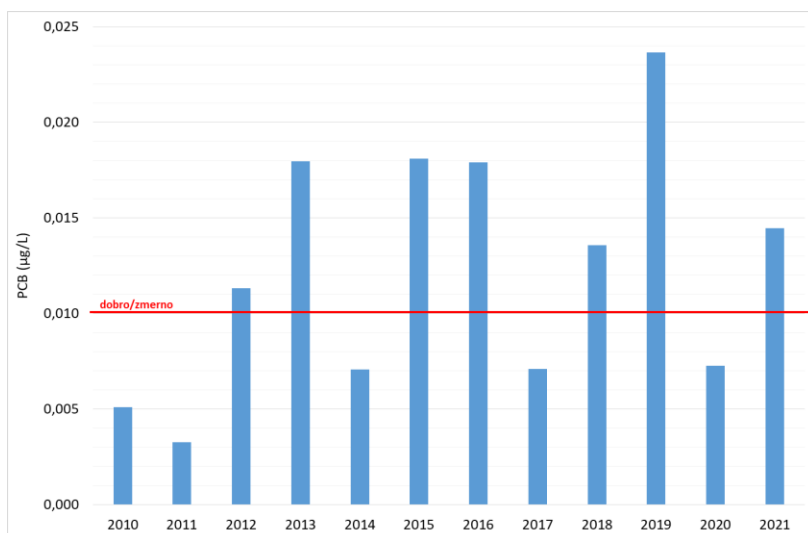
TP/NO ₃ tip	RV	ZD/D	D/Z
AL1	0,003	0,02	0,05
AL2	0,005	0,02	0,10
ED1	0,01	0,02	0,10
ED2	0,01	0,02	0,10
ED3	0,02	0,02	0,10
NIZ1	0,02	0,05	0,15
NIZ2	0,04	0,10	0,20
PN3	0,03	0,05	0,10
SM1	0,008	0,02	0,05
SM2	0,013	0,02	0,05
VR	0,01	0,05	0,10

V letu 2021 je bila mejna vrednost za dobro/zmerno stanje za celotni fosfor presežena na treh merilnih mestih in sicer na izviru Vir pri Stični ter prvič tudi na Otovškem bregu in Malem Podljubnu. (grafikon 5).



Grafikon 5: Vsebnost skupnega fosforja na merilnih mestih Vir pri Stični, Otovski breg in Mali Podljuben v obdobju 2016-2021

Obremenjenost območja Semiča s polikloriranimi bifenili (PCB) zaradi proizvodnje kondenzatorjev v letih 1962 – 1985 v tovarni Iskra Semič še vedno predstavlja okoljski problem. PCB so umetne organske spojine iz skupine kloriranih cikličnih ogljikovodikov. Zaradi emisij iz proizvodnje in neustrezno odloženih odpadkov v okolje, je na območju Semiča 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. PCB spada med posebna onesnaževala, v letu 2021 je bila povprečna letna vrednost vsote PCB za dobro/zmerno presežena (grafikon 6).



Grafikon 6: Povprečna letna vsebnost PCB v izviru Krupe za obdobje 2010-2021

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

Ocena podzemne vode kraških izvirov na ogroženih območjih človeške ribice na podlagi skupnega fosforja in PCB je **le informativnega značaja**, saj je frekvenca zajemov v okviru monitoringa podzemne vode nižja, kot je predpisano v okviru monitoringa ekološkega stanja površinskih voda. Poleg tega napajalna zaledja nekaterih kraških izvirov (Vir pri Stični, Otovški breg, Pački breg), kjer se nahajajo habitati človeške ribice, niso najbolj obsežna in ne odražajo večjega dela vodonosnika oziroma vodnega telesa.

6.2 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 razgradni produkti lahko [končajo v okolju na več načinov](#) (proizvodnja zdravil, uporaba zdravil, neustrezno odlaganje, gnojenje). Po ocenah največji [delež prispeva uporaba zdravil](#) tako v humani kot veterinarski medicini. Človeško ali živalsko telo namreč 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. 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. Kofein je indikator onesnaženja podzemne vode s komunalno odpadno vodo.

V letu 2021 smo farmacevtske učinkovine spremljali na 146 merilnih mestih na dvanajstih vodnih telesih:

- 1001 Savska kotlina in Ljubljansko barje
- 1002 Savinjska kotlina
- 1003 Krška kotlina
- 1011 Dolenjski kras
- 3012 Dravska kotlina
- 4016 Murska kotlina
- 5019 Obala in Kras z Brkini
- 6021 Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota

Analize smo opravili v spomladanskem zajemu.

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 pretakanja podzemne vode in površinskih voda. Slednje 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 v razpokanih in preperelih kamninah s padavinami in ponikalnicami hitro odteče v podzemlje ter pronica do gladine podzemne vode. Vire onesnaženja s farmacevtskimi učinkovinami v kraških izviroh gre iskati v njihovih napajalnih zaledjih, kjer onesnaženje največkrat povzročajo čistilne naprave in lokalno neurejena kanalizacija.

V letu 2021 smo v vzorcih določili karbamazepin (v 16 vzorcih), diklofenak (v enem vzorcu), kofein (v enem vzorcu), propranolol (v enem vzorcu) in sulfametoksazol (v enem vzorcu).

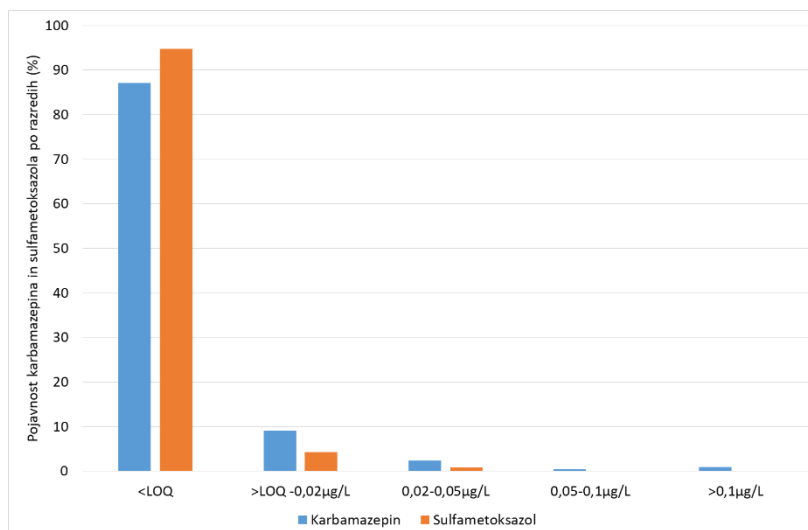
V tabeli 18 je prikazanih deset najbolj obremenjenih merilnih mest. Prikazano je skupno število vzorcev v obdobju 2014-2021, število vzorcev, kjer smo določili farmacevtske učinkovine nad mejo določljivosti, in število posameznih določenih učinkovin.

Tabela 18: Deset najbolj obremenjenih merilnih mest, število vzorcev in zaznane oz. prisotne farmacevtske učinkovine za obdobje 2014-2021

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Merilno mesto	Št. vzorcev	Št. vseh zaznanih učinkovin nad LOQ	Diklofenak	Karbamazepin	Kofein	Sulfametoksazol	Teofilin
1011	Dolenjski kras	KRKA	13	26	2	11	2	11	
1011	Dolenjski kras	TEŽKA VODA	13	15		13	1	1	
1011	Dolenjski kras	RADEŠČA, Podturn	10	13		9	2	2	
1010	Kraška Ljubljana	IZVIR LJUBLJANICE - Močilnik	7	13		3	7	2	1
1011	Dolenjski kras	BILPA	9	12		6	4	2	
4016	Murska kotlina	ŽEPOVCI Žep-2/10	11	11		10	1		
4016	Murska kotlina	RAKIČAN (Ra-1/09)	10	11		10	1		
1010	Kraška Ljubljana	STROJARČEK	7	8		1	4	2	1
1011	Dolenjski kras	KRKA - IZVIR POLTARICA	7	8		4	2	1	1
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	VOJKOVA Voj-1/14	5	8		5		3	

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

V celotnem obdobju od 2014 do 2021 smo najpogosteje v vzorcih določili karbamazepin (v 119 vzorcih), kofein (v 108 vzorcih) in sulfametoksazol (v 48 vzorcih). (Grafikon 7)



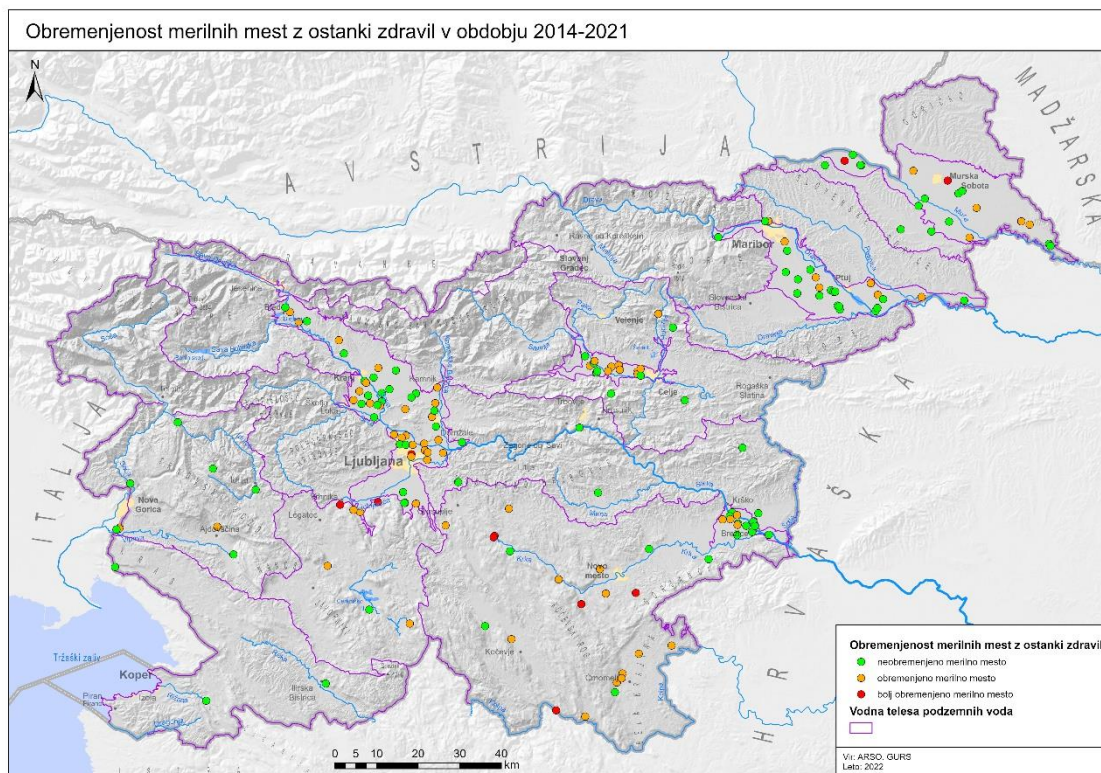
Grafikon 7: Pojavnost karbamazepina in sulfametoksazola po različnih razredih v obdobju 2014-2021

Rezultati so pokazali, da večini vzorcev ostankov karbamazepina in sulfametoksazola nismo določili ter da so vsebnosti karbamazepina nekoliko višje v primerjavi z sulfametoksazolom.

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 opažamo tudi povišane vsebnosti pesticidov. Vir onesnaženja v površinskem napajalnem zaledju izvira (porečje Dobravke in Podlomščice), predstavlja komunalna čistilna naprava in kmetijske površine.

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.

Obremenjenost merilnih mest je prikazana na karti 4.



Karta 4: Obremenjenost merilnih mest z ostanki zdravil v obdobju 2014-2021

Merilna mesta smo razvrstili v tri razrede. Neobremenjena so tista mesta, kjer v obdobju 2014-2021 nismo zaznali ostankov zdravil. Bolj obremenjena so tista merilna mesta, kjer smo v omenjenem obdobju zaznali osem (8) ali več ostankov zdravil. Ostala merilna mesta so uvrščena v skupino obremenjenih merilnih mest.

Največ obremenjenih merilnih mest je na vodnem telesu Dolenjski kras (pet merilnih mest), Krška Ljubljaničica (2 merilni mesti) in Murska kotlina (dve merilni mesti) (tabela 18).

Mejne vrednosti za vrednotenje kakovosti podzemne vode glede na vsebnost farmacevtskih učinkovin še niso določene. V zadnjih letih se na evropskem nivoju pojavljajo predlogi po širitvi obveznega nabora parametrov, ki jih bodo države morale spremljati v podzemni vodi. Med temi predlogi se pojavljata tudi karbamazepin in sulfametoksazol. 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. Nekatere 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.

6.3 Analize perfluorooktansulfonske kisline in perfluorooktanojske kisline

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

PFOS in PFOA sta industrijski kemikaliji, ki sta imeli zaradi svojih hidrofobnih in lipofobnih lastnosti v preteklosti širok spekter uporabe. Uporabljali sta se 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, uporabljata se le tam, kjer niso našli ustrezne zamenjave, npr. v fotografski industriji, v industriji elektronike in polprevodnikov ter v hidravličnih tekočinah v letalih.

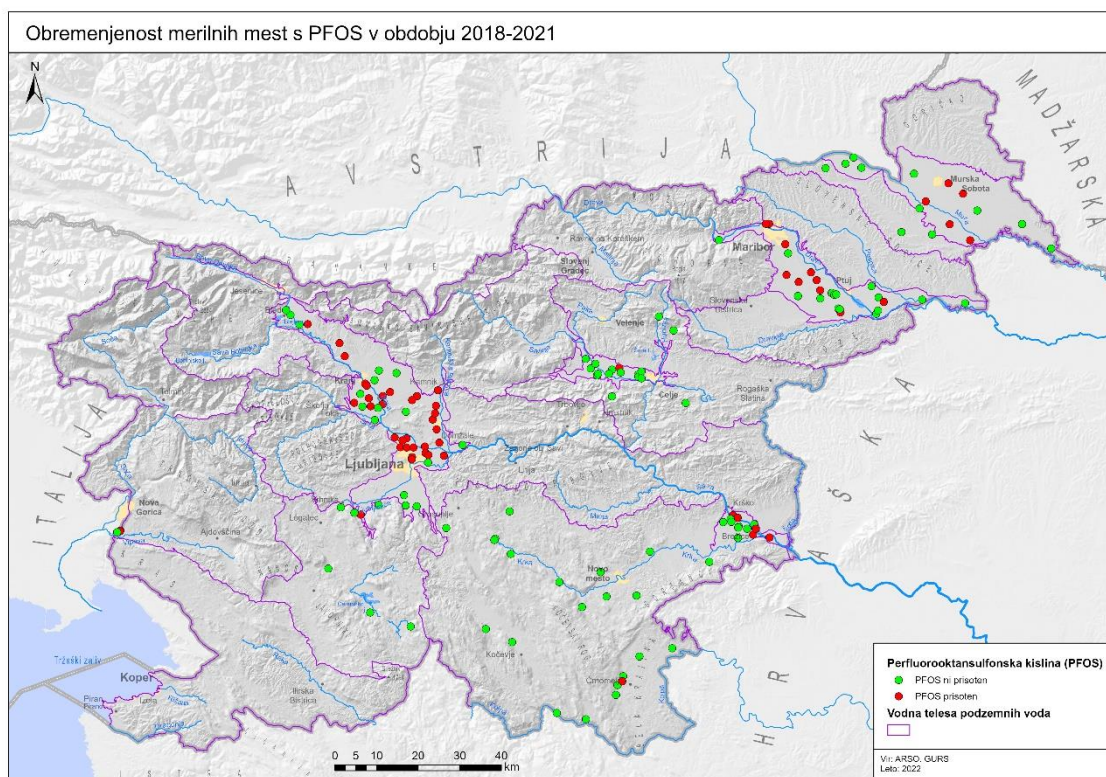
V obdobju 2018-2021 smo v spomladanskem vzorčenju izvedli analize PFOS. Skupno smo analizirali 377 vzorcev, od tega smo v 119 vzorcih (31,6 % vseh vzorcev) določili PFOS višji od meje določljivosti. V tabeli 19 je prikazano število merilnih mest po vodnih telesih in število ter procent merilnih mest, kjer smo določili prisotnost PFOS.

Tabela 19: Število merilnih mest, število in procent merilnih, kjer smo PFOS določili v obdobju 2018-2021

Šifra VTPodV	VTPodV	Št. MM	Št. MM > LOQ	% MM > LOQ
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	49	33	67,3
1002	Savinjska kotlina	13	1	7,7
1003	Krška kotlina	14	6	42,9
1009	Spodnji del Savinje do Sotle*	4	0	0
1010	Kraška Ljubljana*	7	0	0
1011	Dolenjski kras*	22	1	4,5
3012	Dravska kotlina	27	10	37,0
4016	Murska kotlina	13	5	38,5
4017	Vzhodne Slovenske gorice*	3	0	0
6021	Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota**	9 (3)	2	22,2
	SKUPAJ	155	58	37,2

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 (karta 5).



Karta 5: Obremenjenost merilnih mest z PFOS v obdobju 2018-2021

Daleč najbolj je obremenjeno vodno telo Savska kotlina in Ljubljansko barje, kjer je kar bila na 67,3% merilnih mest določena vsebnost PFOS nad mejo določljivosti uporabljene analitske metode. Bolj

obremenjeni sta tudi vodni telesi Krške in Dravske kotline ter nekaj merilnih mest na vodnem telesu Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota.

V tabeli 20 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 koncentracija PFOS.

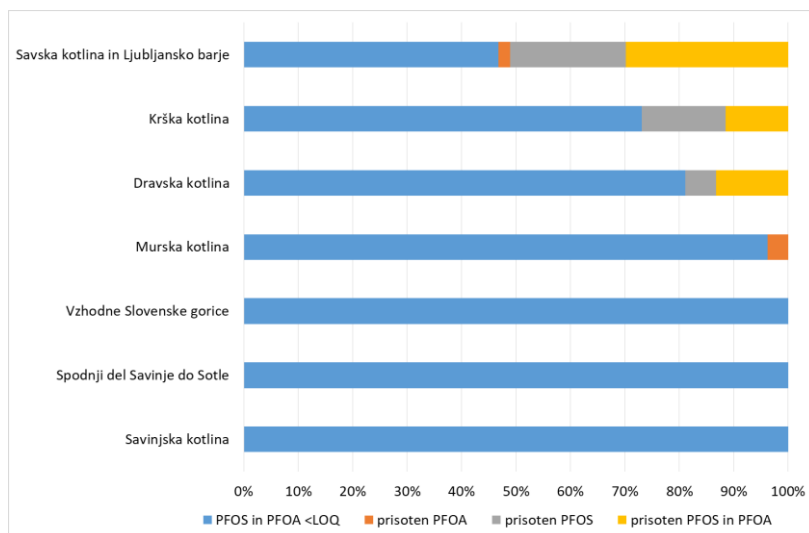
Tabela 20: Število vzorcev v obdobju 2018-2021, razvrstitev v razrede in maksimalna koncentracija PFOS

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	140	63	48	18	8	3	0,045
1002	Savinjska kotlina	39	38	0	1			0,0088
1003	Krška kotlina	40	28	8	1		3	0,1
1009	Spodnji del Savinje do Sotle*	4	4					
1010	Kraška Ljubljana*	7	7					
1011	Dolenjski kras*	22	21	1				0,0031
3012	Dravska kotlina	78	58	12	2	3	3	0,046
4016	Murska kotlina	39	34	3	2			0,0062
4017	Vzhodne Slovenske gorice*	3	3					
6021	Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota**	5	2	3				0,0016
SKUPAJ		377	258	75	24	11	9	

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

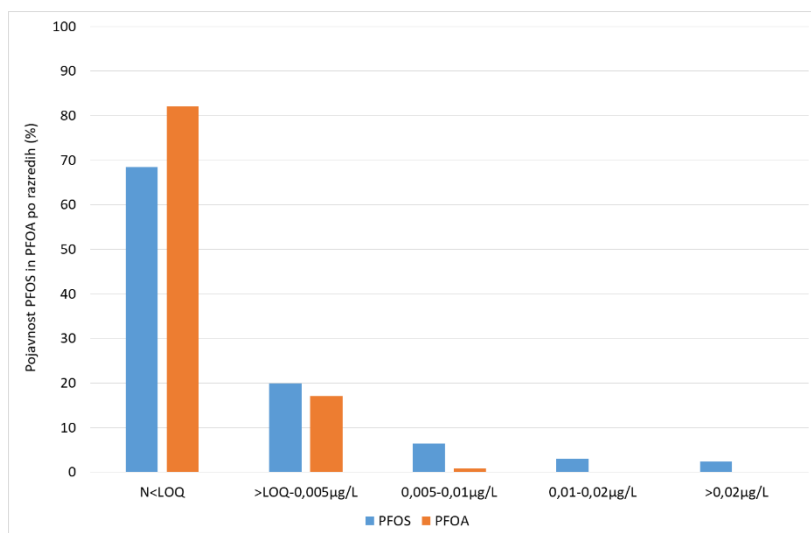
Najvišje vsebnosti PFOS smo določili na vodnih telesih Savska kotlina in Ljubljansko barje, Dravska kotlina in Krška kotlina. Daleč najvišja vsebnost PFOS je bila določena na merilnem mestu na Krški kotlini (SP.STARI GRAD NE-1177).

V letih 2020 in 2021 smo prvič v vzorcih izvedli analize PFOA. Analizirali smo 235 vzorcev in v 42 vzorcih (17,8% vseh vzorcev) določili prisotnost PFOA. Prisotnost PFOA je po podatkih monitoringa nižja kot pojavnost PFOS. Z izjemo štirih vzorcev se PFOA pojavlja tam, kjer je že prisoten tudi PFOS (grafikon 8)



Grafikon 8: Pojavnost PFOS in PFOA v obdobju 2020-2021

Rezultati analiz kažejo tudi na to, da so vsebnosti PFOA nižje kot vsebnosti PFOS, nižja je tudi maksimalna vsebnost (0,0082µg/L) (grafikon 9).

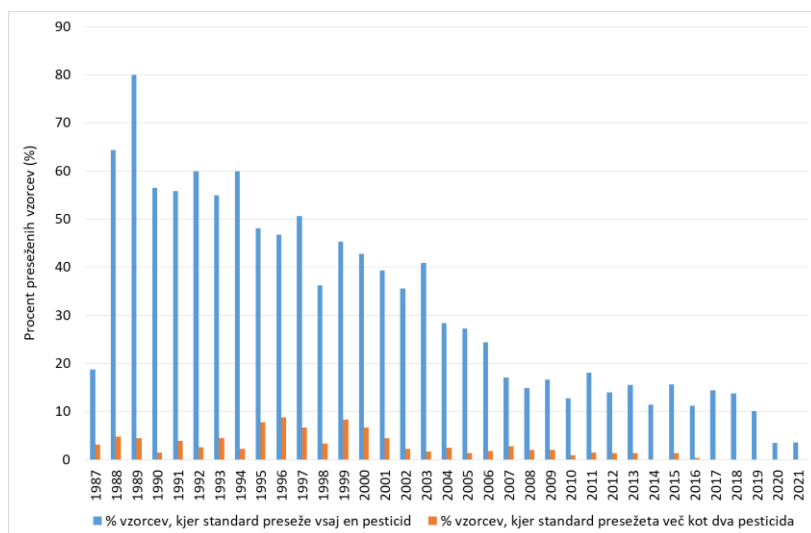


Grafikon 9: Pojavnost PFOS in PFOA po različnih koncentracijskih razredih v obdobju 2018-2021

Večina merilnih mest, kjer smo v vzorcih določili PFOS in PFOA se nahaja na urbanih oziroma industrijskih področjih, kjer je bila verjetnost pojava v podzemni vodi tudi pričakovana. Na kraških vodnih telesih, razen v enem vzorcu na Dolenskem krasu prisotnosti PFOS nismo zaznali. Standard kakovosti za vrednotenje PFOS in PFOA v podzemni vodi ni predpisan.

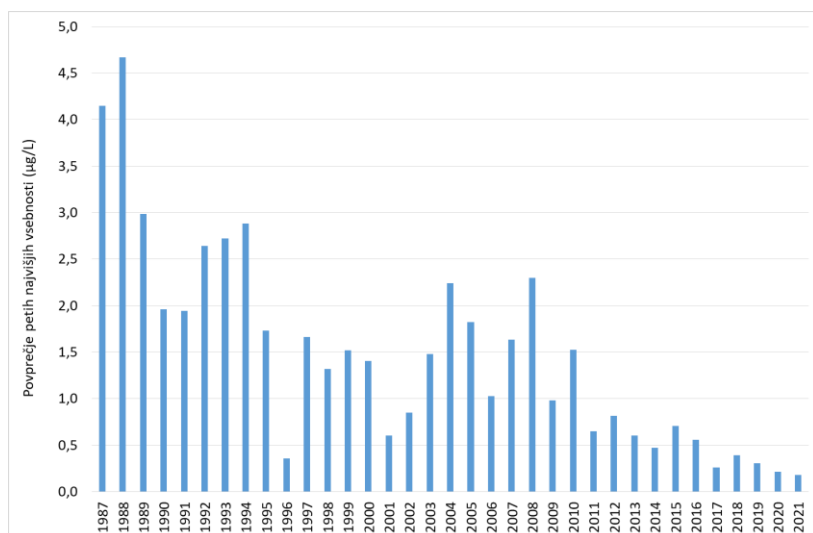
6.4 Metaboliti (razgradni produkti) pesticidov v podzemni vodi

Vsebnost pesticidov v podzemni vodi spremljamo od začetka monitoringa podzemne vode in sicer od leta 1987. V prvih letih so bila v vzorcih pogosto določena preseganja pesticidov, pogosti so bili tudi vzorci, kjer sta standard kakovosti presegala več kot dva pesticida. V zadnjih dveh letih so preseganja standarda kakovosti redka, v letu 2021 smo preseganja ugotovili v devetih (3,6%) od 252 vzorcev. (grafikon 10)



Grafikon 10: Procent vzorcev, kjer je presežen standard pesticidov v obdobju 1987-2021

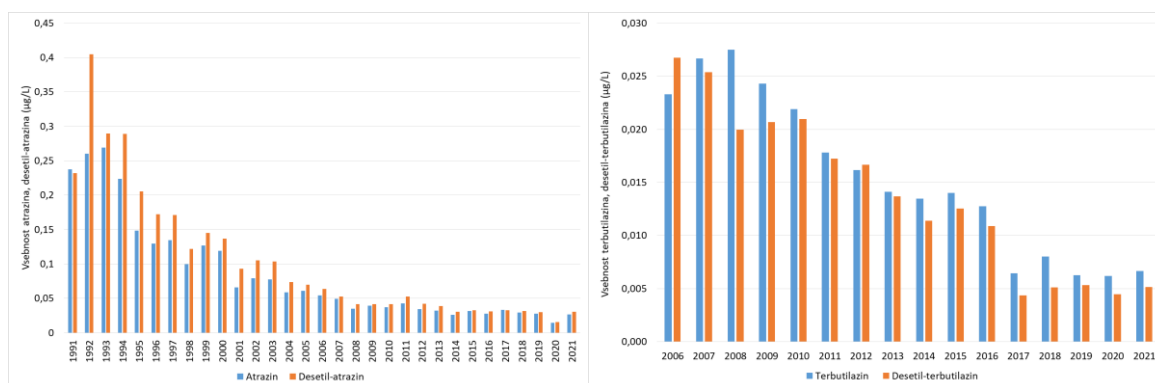
Z leti upadajo tudi maksimalno določene vsebnosti pesticidov v podzemni vodi. Na grafikonu 11 je prikazano povprečje petih najvišjih vsebnosti pesticidov po letih. Na grafikonu niso prikazane tri visoke meritve in sicer dve v letu 2007 (onesnaženje vodnjaka Moste z bentazonom (8,4µg/L in 7µg/L) in ena meritev letu 2021 (dicamba 3,1µg/L v vodnjaku Veščica, Murska kotlina).



Grafikon 11: Povprečje petih najvišjih vsebnosti pesticidov v obdobju 1987-2021

Glede na upadanje vsebnosti pesticidov v podzemni vodi v zadnjih letih na nivoju EU pozornost posvečajo tudi metabolitom pesticidov. Metaboliti so produkti razgradnje ali produkti reakcije aktivne substance, delimo pa jih na relevantne in nerelevantne. Posebej pomembni so relevantni metaboliti, saj imajo podoben toksikološki vpliv kot osnovna aktivna substanca. Od leta 1991 v podzemni vodi redno spremljamo dva metabolita atrazina (desetil-atrazin in desizopropil-atrazin) in od leta 2006 en metabolit terbutilazina (desetil-terbutilazin). Atrazin je od leta 2002 v Sloveniji umaknjen iz prodaje, medtem ko je terbutilazin še v uporabi. Metaboliti atrazina in terbutilazina se uvrščajo med relevantne metabolite.

Tako kot vsebnost atrazina in terbutilazina tudi vsebnosti desetil-atrazina in desetil-terbutilazina v podzemni vodi upadajo (grafikon 12).



Grafikon 12: Vsebnost atrazina, desetil-atrazina, terbutilazina in desetil-terbutilazina v podzemni vodi

V letu 2021 smo v program uvrstili metabolit S-metolaklor in sicer metolaklor-ESA (Metolachlor Ethane Sulfonic Acid). Glede na toksikološke študije je bil [na Evropsko Agencijo za kemikalije](#) vložen predlog razvrstitve S-metolaklor med substance, ki so lahko kancerogene in vplivajo na razmnoževanje. V kolikor bo metolaklor razvrščen v omenjeni skupini, bo tudi za vse njegove metabolite iz previdnostnega načela veljala mejna vrednost 0,1µg/L, razen v primeru, da bo za posamezni metabolit z toksikološkimi študijami dokazano nasprotno. Vzrok za vključitev metolaklor-ESA v program je tudi prodaja, saj je bilo v Sloveniji v letu 2020 prodano 36.187kg S-metolaklor.

Vsebnost metolaklor v podzemni vodi spremljamo od leta 1987. V obdobju 2006-2021 smo v podzemni vodi vzorčili 3233 vzorcev, od katerih smo v 198 vzorcih (6,1%) določili prisotnost

metolaklora. Le na 24 merilnih mestih (0,7%) je bila vsebnost metolaklora vzrok za slabo kemijsko stanje (tabela 21)

Tabela 21: Metolaktor- število vzorcev po vodnih telesih, število vzorcev preko LOQ in število preseganj standarda po merilnih mestih v obdobju 2006-2021

Šifra VTPodV	VTPodV	Št. vzorcev	Št. vzorcev>LOQ	Letno povprečje na MM>0,1µg/L
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	906	5	0
1002	Savinjska kotlina	305	14	7
1003	Krška kotlina	304	5	0
1007	Cerkljansko, Škofjeloško in Polhograjsko hribovje	19	1	0
1008	Posavsko hribovje do osrednje Sotle	71	9	0
1009	Spodnji del Savinje do Sotle	50	0	0
1010	Kraška Ljubljanica	100	1	0
1011	Dolenjski kras	358	57	4
3012	Dravska kotlina	563	91	7
3013	Vzhodne Alpe	30	0	0
3014	Haloze in Dravinjske gorice	26	0	0
3015	Zahodne Slovenske gorice	43	0	0
4016	Murska kotlina	217	9	3
4017	Vzhodne Slovenske gorice	79	6	3
4018	Goričko	17	0	0
5019	Obala in Kras v Brkini	44	0	0
6021	Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota	101	0	0
SKUPAJ		3233	198	24

VTPodV: vodno telo podzemne vode, MM: merilno mesto

Metolaktor se v večini primerov pojavlja na večjih aluvialnih vodnih telesih. Večje število pojavljanj je tudi na vodnem telesu Dolenjski kras. Pojavljanje metolaklora ni tako, kot smo ga opazili pri atrazinu v preteklosti, ko so bila onesnažena celotna vodna telesa. Pojavljanje metolaklora je lokalnega značaja, saj ga zaznamo le na določenih merilnih mestih.

Metolaktor ESA smo analizirali na vseh večjih aluvialnih vodnih telesih:

- Savska kotlina in Ljubljansko barje
- Savinjska kotlina
- Krška kotlina
- Dravska kotlina
- Murska kotlina

Poleg omenjenih vodnih teles smo v program vključili tudi posamezna merilna mesta na vodnih telesih:

- Posavsko hribovje do osrednje Sotle
- Kraška Ljubljanica
- Dolenjski kras
- Zahodne Slovenske gorice
- Vzhodne Slovenske gorice

Kriterij za uvrstitev merilnih mest v program spremljanja vsebnosti metolaklora-ESA je bilo pojavljanje pesticidov na merilnem mestu v preteklosti.

Analize smo izvajali v spomladanskem in jesenskem vzorčenju. Izvedli smo 247 analiz in v 88 vzorcih (35,6% vzorcev) določili prisotnost metolaklora-ESA. V tabeli 22 so prikazana vodna telesa podzemne vode, vodonosni sistemi, delež njiv, število merilnih mest in merilna mesta, na katerih smo določili prisotnost metolaklora-ESA.

Tabela 22: Prisotnost metolaklor-ESA na aluvialnih vodnih telesih v letu 2021

Šifra VTPodV	VTPodV	Vodonosni sistem	Površina VS (km ²)	Delež njiv (%)*	Število MM	Število MM na 100km ²	Število MM, kjer je prisoten metolaklor-ESA	% MM kjer je prisoten metolaklor-ESA
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	Bled - Ribno	26	8,0	2	7,6	0	0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	Tržiška Bistrica	49	15,1	2	4,1	0	0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	Radoveljsko polje	63	8,6	2	3,2	0	0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	Kranjsko polje	121	35,6	8	6,6	5	62,5
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	Sorško polje	68	35,2	9	13,3	3	33,3
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	Vodice - Skaručna	34	15,6	1	2,9	1	100,0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	Ljubljansko polje	109	18,5	15	13,8	1	6,7
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	Ljubljansko Barje	129	25,4	1	0,8	0	0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	Borovniški vršaj	6	9,2	1	16,1	0	0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	Iški vršaj	12	50,1	2	16,1	0	0
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	Prodni zasip Kamniške Bistrice	87	29,0	5	5,8	2	40,0
1002	Savinjska kotlina	Braslovško polje	26	37,6	4	15,6	3	75,0
1002	Savinjska kotlina	Spodnjesavinjsko polje	55	27,4	9	16,3	2	22,2
1003	Krška kotlina	Brežiško polje	16	37,2	4	24,9	1	25,0
1003	Krška kotlina	Čateško polje	5	31,5	1	20,7	0	0
1003	Krška kotlina	Krško polje	60	45,5	8	13,3	0	0
3012	Dravska kotlina	Območje Selniške Dobrave in Ruš	18	17,1	1	5,6	1	100,0
3012	Dravska kotlina	Dravsko polje	293	43,8	18	6,1	13	72,2
3012	Dravska kotlina	Ptujsko polje	91	61,5	6	6,6	4	66,7
3012	Dravska kotlina	Ormož - Središče ob Dravi	27	48,4	1	3,7	1	100,0
4016	Murska kotlina	Apaško polje	49	62,0	3	6,1	2	66,7
4016	Murska kotlina	Mursko - Ljutomersko polje	65	58,5	3	4,6	2	66,7
4016	Murska kotlina	Dolinsko Ravensko	449	56,4	7	1,6	5	71,4

VTPodV: vodno telo podzemne vode, VS: vodonosni sistem, MM: merilno mesto; *: Vir: [MKGP Grafični podatki RABA 2020](#)

Rezultati prvega leta spremljanja metabolita metolaklor-ESA so pokazali, da je največ merilnih mest s preseganji na Dravski in Murski kotlini, kjer je tudi zelo visok delež njivskih površin. Na teh dveh vodnih telesih je praktično dve tretjini vseh merilnih mest, kjer smo določili preseganja metolaklor-ESA. Preseganja so bila visoka tudi v Savinjski kotlini (Braslovško polje) in Savski kotlini in Ljubljansko barje (Kranjsko in Sorško polje), kjer tudi prevladuje delež njivski površin.

Na nekaterih vodnih telesih smo izbrali le manjše število merilnih mest (tabela 23), vendar smo tudi tu ugotovili prisotnost metolaklor-ESA.

Tabela 23: Prisotnost metolaklor-ESA na ostalih vodnih telesih

Šifra VTPodV	VTPodV	Število MM	Število MM, kjer je prisoten metolaklor-ESA
1008	Posavsko hribovje do osrednje Sotle	1	1
1010	Kraška Ljubljana	1	0
1011	Dolenjski kras	7	3
3015	Zahodne Slovenske gorice	1	1
4017	Vzhodne Slovenske gorice	2	2

VTPodV: vodno telo podzemne vode, MM: merilno mesto

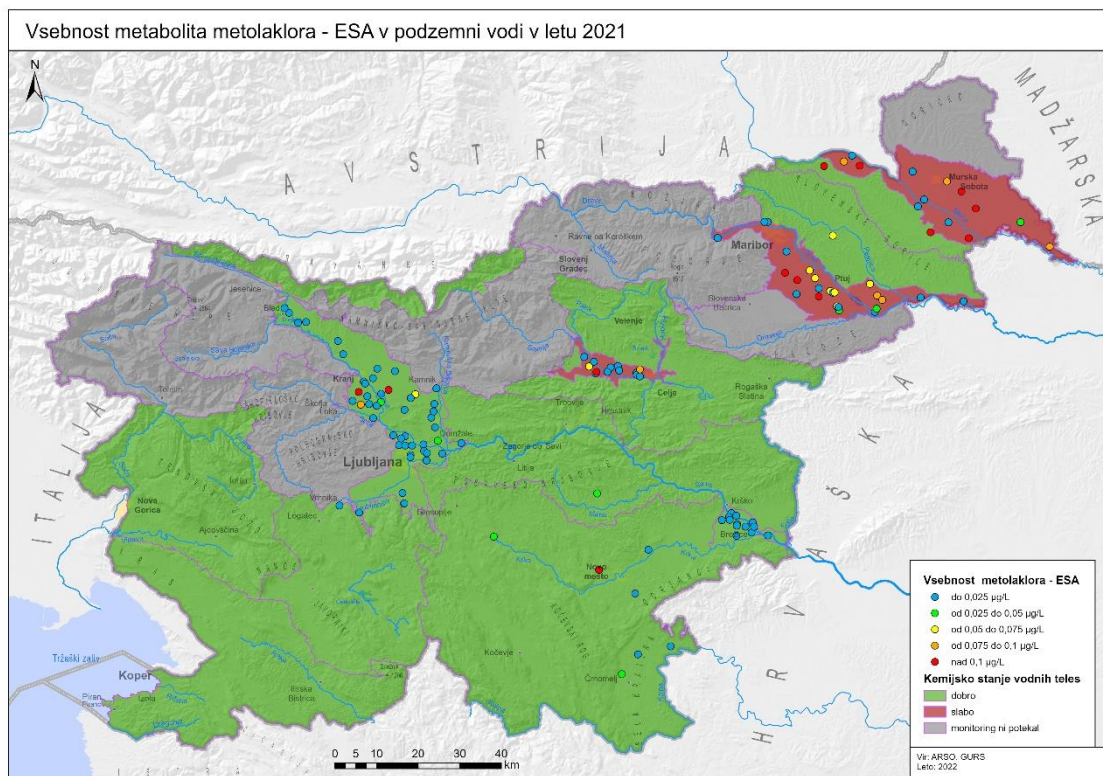
V letu 2021 je bilo od 247 vzorcev preseganje standarda kakovosti (0,1µg/L) v 26 vzorcih (9,7% vzorcev). Vsebnosti metolaklor-ESA v podzemni vodi so višje, kot so vsebnosti pesticidov. V tabeli 24 so zbrani vzorci, kjer je vsebnost metolaklor-ESA presegala 0,1µg/L. S poudarjenim tekstom so v tabeli označena merilna mesta, kjer je bilo preseganje standarda ugotovljeno pri obeh vzorčenjih.

Tabela 24: Vzorci, kjer je vsebnost metolaklor-ESA presežala 0,1µg/L

Šifra VTPodV	VTPodV	Merilno mesto	Datum	Metolaklor-ESA (µg/L)
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	VOGLJE Vog-1/14	17.06.2021	0,73
4016	Murska kotlina	VEŠČICA (Ve-1/09)	24.05.2021	0,65
4016	Murska kotlina	MALI SEGOVCI MSeg-1/14	25.05.2021	0,61
1002	Savinjska kotlina	LATKOVA VAS Lvas-1/14	2.06.2021	0,52
4016	Murska kotlina	VEŠČICA (Ve-1/09)	27.09.2021	0,50
4016	Murska kotlina	MALI SEGOVCI MSeg-1/14	28.09.2021	0,44
4016	Murska kotlina	GANČANI Gan-1/14	27.05.2021	0,36
4017	Vzhodne Slovenske gorice	LUKAVCI V3	27.05.2021	0,33
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	ŽABNICA 0590	26.10.2021	0,29
3012	Dravska kotlina	KIDRIČEVO	7.06.2021	0,24
1011	Dolenjski kras	LUKNJA - izvir Prečne	25.05.2021	0,23
4016	Murska kotlina	ODRANCI (Od-1/09)	27.05.2021	0,22
3012	Dravska kotlina	PODOVA Pod-1/10	10.06.2021	0,21
3012	Dravska kotlina	RAČE Rač-1/10	10.06.2021	0,20
4017	Vzhodne Slovenske gorice	LUKAVCI V3	30.09.2021	0,19
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	VOGLJE Vog-1/14	21.10.2021	0,18
4017	Vzhodne Slovenske gorice	RAJŠPOV IZVIR v Lokavcu	25.05.2021	0,16
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	ŽABNICA 0590	22.06.2021	0,15
3012	Dravska kotlina	ZAGOJIČI ZP-3/01	9.06.2021	0,15
4016	Murska kotlina	ŽEPOVCI Žep-2/10	25.05.2021	0,14
4016	Murska kotlina	GANČANI Gan-1/14	30.09.2021	0,14
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	GODEŠIČ SOV-5174	26.10.2021	0,13
3012	Dravska kotlina	SOBETINCI Sob-1/14	9.06.2021	0,13
3012	Dravska kotlina	DORNAVA (Do-1/09)	8.06.2021	0,12
4016	Murska kotlina	RAKIČAN (Ra-1/09)	27.05.2021	0,12
3012	Dravska kotlina	KIDRIČEVO	11.10.2021	0,11

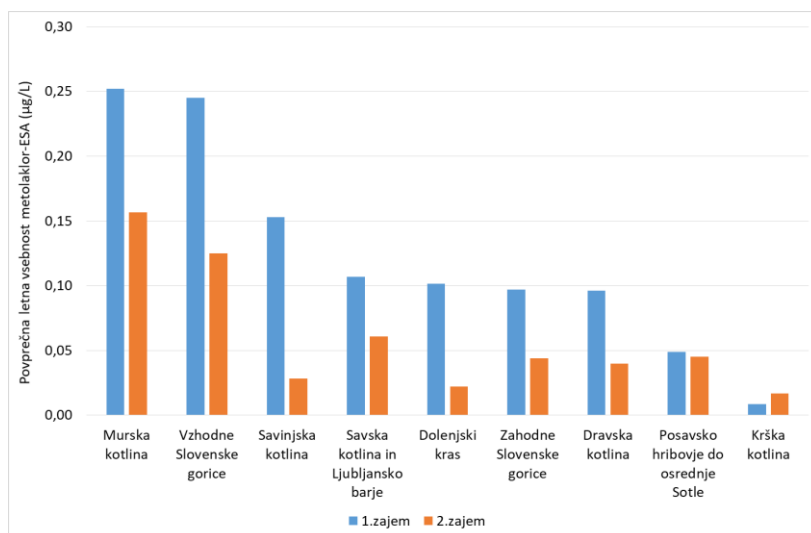
VTPodV: vodno telo podzemne vode

Na karti 6 je prikazana povprečna letna vsebnost metolaklor – ESA v letu 2021.



Karta 6: Povprečna letna vsebnost metolaklor – ESA v letu 2021

Najvišje vsebnosti metolaklor-ESA so bile v povprečju ugotovljene na Murski kotlini, Dravski kotlini, Savski kotlini in Ljubljanskem barju ter Savinjski kotlini. V kolikor bo vložen predlog razvrstitve S-metolaklor-ESA med substance, ki so lahko kancerogene in vplivajo na razmnoževanje, bo v slabem stanju glede vsebnosti metolaklor-ESA z veliko verjetnostjo Dravska in Murska kotlina ter Vzhodne Slovenske gorice. Preseganja se pojavljajo tudi na drugih vodnih telesih, vendar v manjšem obsegu. Rezultati prvega leta monitoringa so pokazali tudi, da so v jesenskem zajemu skoraj brez izjeme rezultati nižji kot v spomladanskem zajemu. (Grafikon 13).



Grafikon 13: Povprečna letna vsebnost metolaklor-ESA po vodnih telesih in zajemih v letu 2021

V letu 2021 smo vsebnost metolaklor-ESA spremljali prvič. Glede na rezultate monitoringa bomo v naslednjih letih monitoring metolaklor-ESA ponovili in s tem pridobili širšo sliko obremenjenosti.

6.5 Uporaba DRS posnetka v monitoringu podzemne vode

Občasno se z namenom identifikacije organskih spojin v vzorcih vode s poslužujemo tudi GC/MS ali /MS posnetkov. Rezultat takega posnetka je kromatogram, kjer lahko razberemo, katere organske spojine so prisotne v vzorcu vode.

V letu 2020 so v Nacionalnem laboratoriju za zdravje, okolje in hrano (NLZOH) pričeli z razvojem novega načina identifikacije organskih spojin v vzorcih vode in sicer z DRS posnetkom, kjer se uporabljajo LC/MS in/ali GC/MS analitski pristopi. Prednost DRS posnetka je v tem, da omogoča ciljno iskanje spojin v vzorcih vode. Pri odčitavanju posnetka se uporabljajo posebni računalniški programi ([Deconvolution Reporting Software - DRS](#)), ki natančno pregledujejo posnetke in izvedejo dekonvolucijo. Z dekonvolucijo kromatografskih pikov v posnetku je mogoče v vzorcu vode določiti tudi spojine, ki se v spektru pojavljajo zelo skupaj ali so piki celo prekrti. V kolikor bi se na podlagi DRS posnetka pokazalo, da je kakšna od iskanih spojin v podzemni vodi splošno prisotna, bi bila smiselna uvedba kvantitativne analitske metode.

V preiskovalni monitoring smo vključili 12 merilnih mest, ki so prikazana v tabeli 25.

Tabela 25: Tabela z izbranimi merilnimi mesti za DRS posnetke

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Merilno mesto
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	MOSTE Most-1/18
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	DRULOVKA Dru-1/14
1001	Savska kotlina in Ljubljansko barje	VOJKOVA Voj-1/14
1002	Savinjska kotlina	GOTOVLJE 0800

Šifra VTPodV	Ime VTPodV	Merilno mesto
1003	Krška kotlina	SP.STARI GRAD NE-1177
1003	Krška kotlina	KRŠKA VAS Kvas - 1/15
1010	Kraška Ljubljana	MALENSČICA - črpališče v Malnih
1011	Dolenjski kras	KRKA
3012	Dravska kotlina	STARŠE Sta-1/10
3012	Dravska kotlina	KUNGOTA (Ku-1/09)
4016	Murska kotlina	RAKIČAN (Ra-1/09)
6021	Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota	MIREN 0330

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

V nabor parametrov smo uvrstili tiste parametre, za katere trenutno ni razvitih kvantitativnih analitskih metod, z DRS posnetkom pa smo želeli preveriti njihovo prisotnost v podzemni vodi. Tako smo z DRS posnetkom poskušali ugotoviti prisotnost spojin, ki so kot predlog uvrščene na nadzorni seznam spojin za podzemno vode ter metabolite tistih pesticidov, kjer je prodaja v Sloveniji dovolj velika, da bi jih lahko pričakovali na celotnem območju Slovenije. Nabor parametrov je prikazan v tabeli 26, parametre pa lahko razdelimo na tri večje skupine:

- Perfluoroalkilne snovi (PFAS)
- Ostanke zdravil
- Metaboliti pesticidov

Tabela 26: Nabor parametrov za DRS posnetek

Parameter	Skupina
Perfluoroundekanojska kislina - PFUnA	PFAS
Perfluorododekanojska kislina - PFDoA	PFAS
Perfluoroheksanojska kislina - PFHxA	PFAS
Perfluoroheptanojska kislina - PFHpA	PFAS
Perfluoroheksan sulfonat - PFHxS	PFAS
Perfluorobutan sulfonat - PFBS	PFAS
Perfluorodekanojska kislina - PFDA	PFAS
Perfluorononanojska kislina - PFNA	PFAS
Perfluoropentanojska kislina - PFPeA	PFAS
Perfluorobutanojska kislina - PFBA	PFAS
Klopidol	Ostanki zdravil
Amidotrizojska kislina	Ostanki zdravil
Primidon	Ostanki zdravil
Ibuprofen	Ostanki zdravil
Venlafaksin	Ostanki zdravil
O-desmetilvenlafaksin	Ostanki zdravil
2-hidroksi-desetil terbutilazin	Pesticidi - metabolit terbutilazina
Hidroksi-terbutilazin	Pesticidi - metabolit terbutilazina
Tebukonazol	Pesticidi - osnovna spojina
1,2,4-triazol	Pesticidi - metabolit tebukonazola
4-metilsulfonil-2-nitro benzojska kislina (MNBA)	Pesticidi – metabolit mezo-triona
2-amino-4-metilsulfonil benzojska kislina (AMBA)	Pesticidi – metabolit mezo-triona
Fenpropimorf	Pesticidi - osnovna spojina
Fenpropimorfna kislina	Pesticidi - metabolit fenpropimorfa
Klorotalonil-sulfonska kislina	Pesticidi - metabolit klorotalonila
Metalaksil metabolit (CGA 62826)	Pesticidi - metabolit metalaksila
Tiaklopid - amid	Pesticidi - metabolit tiakloprida
3,5,6-Triklor-2-piridinol (TCP)	Pesticidi – metabolit klorpirifosa

Vzorčenje za DRS posnetka so izvedli v spomladanskem zajemu, na vseh izbranih merilnih mestih smo v nabor vključili vse predlagane parametre.

Rezultati analize so pokazali prisotnost perfluorononanojske kisline – PFNA in sicer na dveh merilnih mestih: Spodnji Stari Grad NE-1177 in Krška vas Kvas - 1/15. V obdobju 2018-2021 smo na obeh

merilnih mestih ugotovili prisotnost PFOS, na merilnem mestu Spodnji Stari Grad NE-1177 celo najvišje v Sloveniji. Ostalih parametrov v vzorcih podzemne vode nismo identificirali.

7 VIRI

1. Zakon o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdl-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15 in 65/20)
2. Zakon o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 41/04, 17/06 – ORZVO187, 20/06, 49/06 – ZMetD, 66/06 – odl. US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09 – ZPNačrt-A, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15, 30/16, 61/17 – GZ, 21/18 – ZNOrg, 84/18 – ZIURKOE, 158/20 in 44/22 – ZVO-2)
3. Zakon o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 44/22)
4. Uredba o stanju podzemnih voda (Uradni list RS, št. 25/09, 68/12 in 66/16)
5. Uredba o stanju površinskih voda (Uradni list RS, št. 14/09, 98/10, 96/13, 24/16)
6. Uredba o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov (Uradni list RS, št. 113/09, 5/13, 22/15 in 12/17)
7. Pravilnik o pitni vodi (Uradni list RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 in 51/17)
8. Pravilnik o določitvi vodnih teles podzemnih voda (Uradni list RS, št. 63/05 in 8/18)
9. Pravilnik o monitoringu podzemnih voda (Uradni list RS, št. 31/09)
10. Program monitoringa stanja voda za obdobje 2016 – 2021
11. Direktiva Sveta 91/676/EGS z dne 12. decembra 1991 o varstvu voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijskih virov
12. Direktiva Sveta 98/83/ES z dne 3. novembra 1998 o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi (Direktiva EU o pitni vodi)
13. Direktiva 2000/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike
14. Direktiva o varstvu podzemne vode pred onesnaženjem in poslabšanjem 2006/118/ES
15. 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
16. Hidrogeološke razmere na Dravskem polju, L. Žlebnik, Geologija 25/1, 1982, Ljubljana
17. Razširjenost pesticidov v vodonosniku Dravskega polja, A. Koroša, Geologija 62/2, 2019, Ljubljana
18. Strokovno, digitalno gradivo Agencije RS za okolje: Tokovnice, območja napajanja in dreniranja aluvialnih vodonosnikov, simultane meritve med leti 1992-1995 ob nižjem hidrološkem stanju
19. Pliocenski vodonosniki – pomemben vir neoporečne pitne vode za ptujsko-ormoško regijo, L. Žlebnik & F. Drobne, Geologija 41, Ljubljana, 1999
20. Nacionalna baza hidrogeoloških podatkov za opredelitev teles podzemne vode RS, Geološki zavod Slovenije 2005 in 2006
21. 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

22. Ocena prispevnih zaledij izbranih kraških izvirov, M. Petrič, ZRC SAZU, Inštitut za raziskovanje krasa, Postojna, september 2007
23. Ocena prispevnih zaledij izbranih kraških izvirov, N. Trišič et. al., interno poročilo Agencija RS za okolje, Ljubljana, februar 2008
24. 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
25. 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
26. Pliocenski vodonosnik Dravskega polja, M. Klasinc. Diplomsko delo, NTF, Ljubljana, maj 2013
27. Statistika v geologiji 1, N. Zupančič, univerzitetni učbenik, NTF, Oddelek za geologijo, 2013
28. [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