



ARSO OKOLJE

Kemijsko stanje podzemne vode v Sloveniji

Poročilo za leto 2024

Kemijsko stanje podzemne vode v Sloveniji

Poročilo za leto 2024

ISSN 1855-5330

Ljubljana, september 2025

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

Urednik: Melita Velikonja Martinčič

Avtorji: mag. Polonca Mihorko

mag. Marina Gacin

Kartografija: Petra Krsnik

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 vsebnost [atrazina in desetil-atrazina na Dravski kotlini](#)

Publikacijo je dovoljeno razširjati pod pogoji Creative Commons licence [CC BY-NC-ND 4.0](#) v celoti ali po delih, nekomercialno, brez sprememb in z navedbo vira.



Kemijsko stanje podzemne vode

Poročilo za leto 2024

AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

Ljubljana, september 2025

Povzetek

Agencija Republike Slovenije (ARSO) 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 vodah in 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 na vodnih telesih, v katerih so viri namenjeni oskrbi s pitno vodo večjega števila prebivalcev.

V letu 2024 je potekal operativni monitoring na 14 vodnih telesih.

V poročilu je predstavljeno kemijsko stanje podzemne vode. Stanje je ovrednoteno za obdobje zadnjih šest let (2019-2024). Za tak način podajanja kemijskega stanja podzemne vode smo se odločili zaradi večje zanesljivosti ocene, saj je zaradi različnih hidroloških let zanesljivost letne ocene pogosto zelo nizka. Rezultati monitoringa so 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. Slabo kemijsko stanje za obdobje 2019-2024 smo 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. Na nekaterih vodnih telesih smo občasno ugotovili tudi lokalno obremenjenost z lahkohlapnimi halogeniranimi ogljikovodiki.

V poročilu je prikazan sistem ocenjevanja kemijskega stanja (merila, standardi kakovosti) in ocena kemijskega stanja za leto 2024. Poročilo vsebuje tudi analizo trendov in predstavitev preiskovalnih monitoringov.

[Rezultati monitoringa](#) so od leta 2006 do 2024 dostopni na spletni strani ARSO in na spletnem [GIS pregledovalniku](#).

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

KAZALO

MERILA ZA OCENO KEMIJSKEGA STANJA PODZEMNE VODE	1
OCENA KEMIJSKEGA STANJA PODZEMNE VODE	2
PREGLED PARAMETROV KEMIJSKEGA STANJA	3
Nitrati	3
Pesticidi.....	6
Lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki.....	9
TRENDI ONESNAŽEVAL V PODZEMNI VODI.....	9
Statistična metoda za ugotavljanje trendov	9
Statistično značilni trendi onesnaževal v obdobju 1998-2024 in v podobdobjih.....	10
Trendi za nitrat.....	11
Trendi za atrazin in desetil-atrazin.....	13
Interpretacija analize trendov	15
OCENA KAKOVOSTI PODZEMNE VODE PO UREDBI O PITNI VODI.....	16
PREISKOVALNI MONITORINGI.....	18
Stanje podzemne vode kraških izvirov na ogroženih območjih človeške ribice	18
Ostanki zdravil in kofeina v podzemni vodi.....	23
Analize spojin iz skupine per- in polifluoroalkilnih snovi (PFAS).....	26
Metaboliti (razgradni produkti) pesticidov v podzemni vodi.....	29
VIRI	34

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 posameznega onesnaževala 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⁾ razgradni produkti	µg/L	0,1 ⁽²⁾
Vsota vseh izmerjenih pesticidov in njihovih relevantnih razgradnih produktov ⁽³⁾	µg/L	0,5

(1) Relevantni razgradni produkti so relevantni razgradni 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 standard kakovosti 0,030 µg/L.

(3) Vsota pesticidov in njihovih relevantnih razgradnih produktov: organoklorini, triazinski, organofosforni pesticidi, derivati fenoksi očetne 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 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.

OCENA KEMIJSKEGA STANJA PODZEMNE VODE

V letu 2024 se je izvajal operativni monitoring in sicer na 14 vodnih telesih podzemne vode. V program je bilo vključenih 163 merilnih mest. 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 2024

Vodno telo podzemne vode	Površina (km ²)	Število MM	Št. MM na 100 km ²
Savska kotlina in Ljubljansko barje	773,6	46	5,95
Savinjska kotlina	109,1	11	10,08
Krška kotlina	96,8	11	11,36
Karavanke	403,6	4	0,99
Posavsko hribovje do osrednje Sotle	1791,6	5	0,28
Spodnji del Savinje do Sotle	1397,0	3	0,21
Kraška Ljubljana	1306,9	7	0,54
Dolenjski kras	3354,5	22	0,66
Dravska kotlina	429,1	25	5,83
Zahodne Slovenske gorice	756,2	2	0,26
Murska kotlina	589,4	12	2,04
Vzhodne Slovenske gorice	307,8	4	1,30
Obala in Kras z Brkini	1588,3	3	0,19
Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota	1443,1	8	0,55

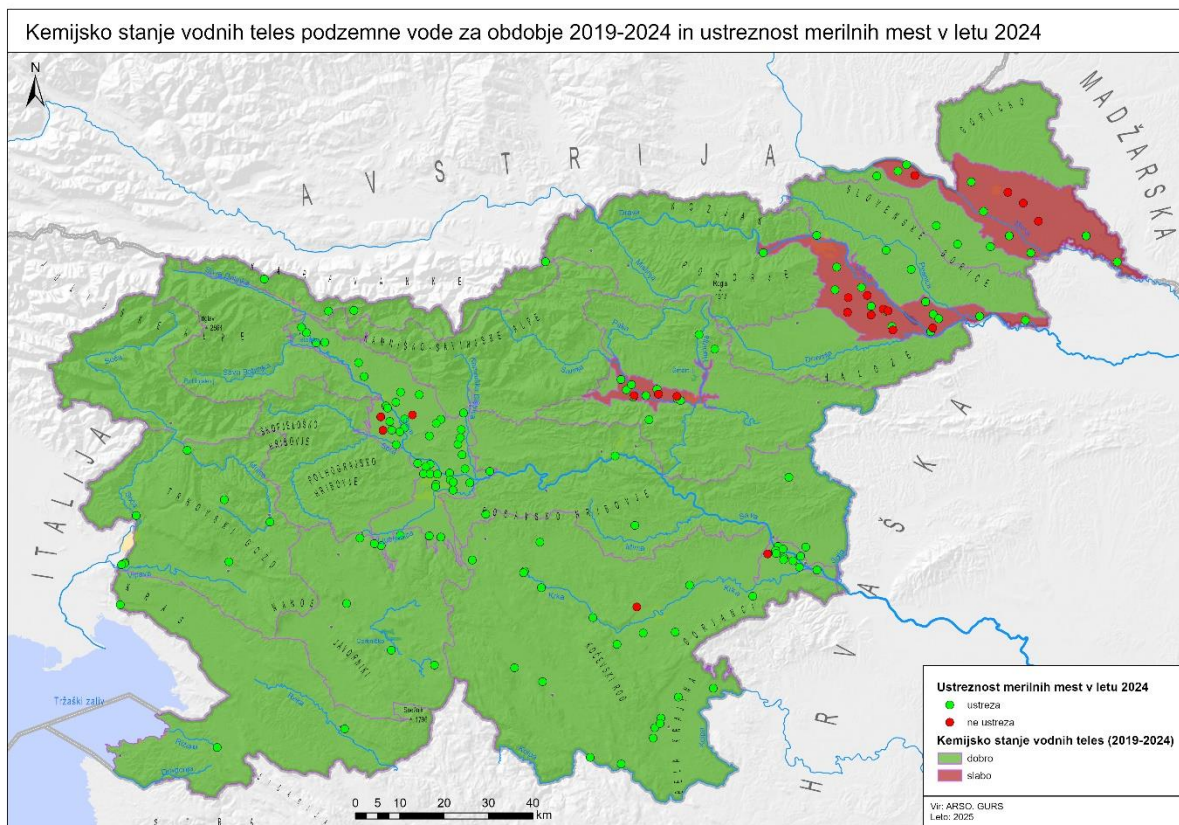
Legenda: MM: merilno mesto

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 podajamo za obdobje zadnjih šest let. Ocena kemijskega stanja za šestletno obdobje se poroča tudi v okviru Direktive o vodah, ki na podlagi te ocene sprejme tudi ukrepe za izboljšanje stanja. Tak način podajanja kemijskega stanja podzemne vode omogoča tudi večjo zanesljivost ocene, saj je zaradi različnih hidroloških let (sušna in zelo mokra leta) zanesljivost letne ocene pogosto nižja. Za namen ocene stanja so bili uporabljeni podatki za obdobje 2019-2024. Poleg ocene

kemijskega stanja vodnih teles podzemne vode prikazujemo tudi ustreznost po merilnih metih za letu 2024.

Rezultati monitoringa kemijskega stanja podzemne vode za obdobje 2019-2024 so 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. Slabo kemijsko stanje za obdobje 2019-2024 smo določili za Savinjsko, Dravsko in Mursko kotlino (Karta 1). Podzemna voda v Savinjski, Dravski in Murski kotlini je prekomerno obremenjena z nitrati, v Dravski kotlini pa tudi z atrazinom. Vodni telesi Murska in Savinjska kotlina sta lokalno obremenjeni z lahkoahlapnimi halogeniranimi alifatskimi ogljikovodiki, občasno preseganja opazimo tudi na drugih vodnih telesih.



Karta 1: Kemijsko stanje vodnih teles podzemne vode za obdobje 2019-2024 in ustreznost po merilnih mestih v letu 2024

PREGLED PARAMETROV KEMIJSKEGA STANJA

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

Nitrati

Nitrat, poleg fosforja, predstavlja eno od glavnih hranil, ki jih rastline potrebujejo za dobro rast. Ko je nitrata preveč, ga rastline ne morejo porabiti v celoti in zato nitrat ostaja v okolju. Zaradi svoje dobre

topnosti v vodi in nesposobnosti vezave na zemljino se presežek nitrata izpira v podzemno vodo, vodotoke, jezera in morja.

Nitrat predstavlja enega od glavnih onesnaževal v podzemni vodi. Zniževanje vsebnosti nitrata v podzemni vodi je eden od poveljavnih ciljev Uredbe o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov, ki je slovenski pravni red prenesla Nitratno direktivo (Direktiva Sveta 91/676/EGS z dne 12. decembra 1991 o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov). V okviru Direktive o podzemni vodi ter Direktive o pitni vodi je določen standard kakovosti za nitrat 50 mg NO₃/L z namenom zaščite okolja in zdravja ljudi.

Po ocenah okoli **80 % nitrata v podzemni vodi** ostaja v okolju zaradi uporabe živinskih in mineralnih gnojil v kmetijstvu, ostale vire pa prvenstveno predstavljajo imisije iz komunalnih čistilnih naprav, industrije, neurejenega kanalizacijskega omrežja in atmosferske depozicije.

Vira nitrata v podzemni vodi s trenutno dostopnimi analizami ni mogoče določiti. V okviru monitoringa podzemne vode poskušamo vire nitrata prepoznati preko drugih parametrov. Tako lahko določimo merilna mesta, kjer je so za povišane vsebnosti nitrata prisotni še drugi viri in ne samo kmetijstvo.. Prisotnost zdravil, ki se uporabljajo v humani medicini, lahko pokaže vpliv neurejenega kanalizacijskega omrežja.

Vsebnost nitrata se v programu monitoringa podzemne vode določa na vseh merilnih mestih v spomladanskem in jesenskem vzorčenju. Analize smo izvedli na 163 merilnih mestih. Na 15 merilnih mestih smo ugotovili preseganje standarda kakovosti, kar predstavlja 9,3 % vseh merilnih mest. V tabeli 5 je prikazan procent ustreznih in neustreznih merilnih mest po vodnih telesih, v tabeli 6 pa preseganja po posameznih merilnih mestih v letu 2024.

Tabela 5: Število merilnih mest in število ter procent neustreznih merilnih mest glede na vsebnost nitrata po vodnih telesih v letu 2024

Vodno telo podzemne vode	Št. MM	Št. neustr. MM glede na vsebnost nitrata	% neustr. MM glede na vsebnost nitrata
Savska kotlina in Ljubljansko barje	46	3	4,3
Savinjska kotlina	11	1	27,3
Krška kotlina	11	1	7,7
Karavanke	4	0	
Posavsko hribovje do osrednje Sotle	5	0	
Spodnji del Savinje do Sotle	3	0	
Kraška Ljubljana	7	0	
Dolenjski kras	22	0	
Dravska kotlina	25	7	28,0
Zahodne Slovenske gorice	2	0	
Murska kotlina	12	3	25,0
Vzhodne Slovenske gorice	4	0	
Obala in Kras z Brkini	3	0	
Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota	8	0	
SKUPAJ	163	15	9,2

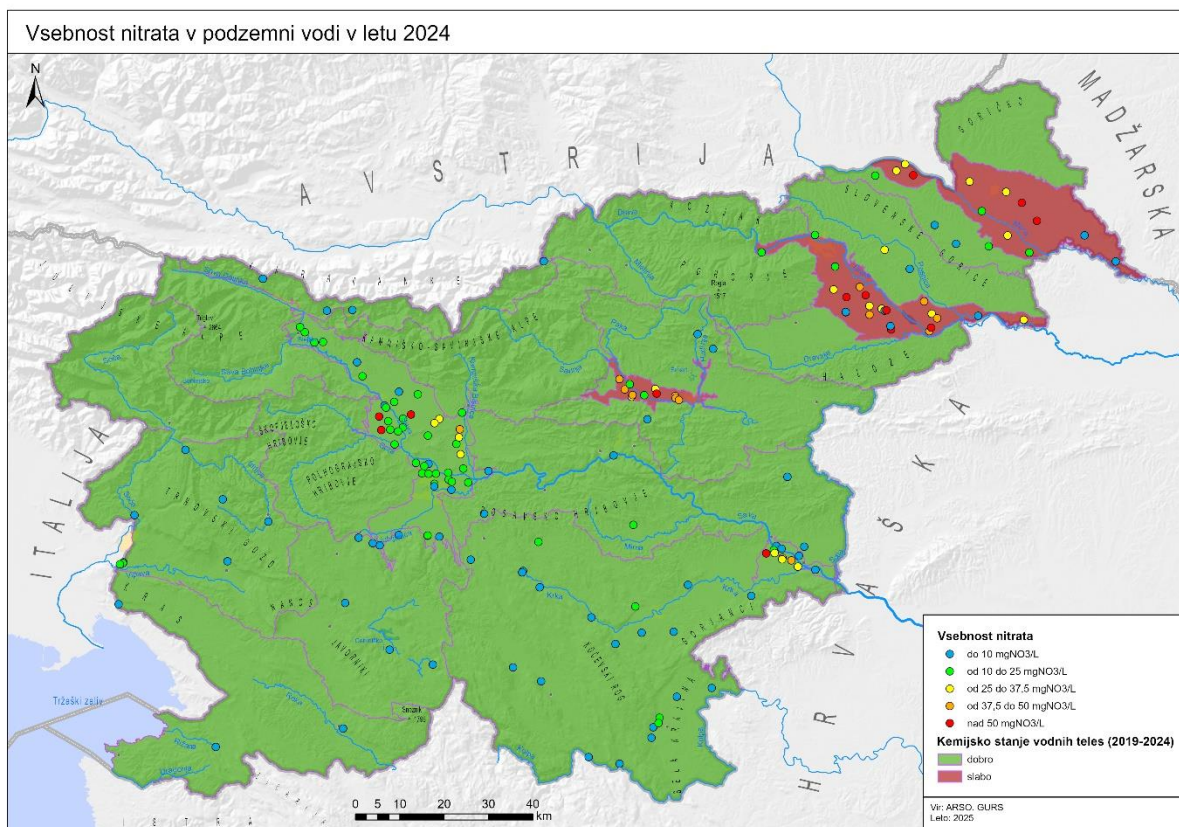
Legenda: **MM**: merilno mesto

Tabela 6: Preseganje standarda kakovosti za nitrat na merilnih mestih v letu 2024

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Nitrati mgNO ₃ /L
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Voglje Vog-1/14	53,0

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Nitrati mgNO ₃ /L
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Žabnica 0590	59,0
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Godešič SOV-5174	53,5
Savinjska kotlina	Žalec Žal 1/14	55,5
Krška kotlina	Drnovo	52,3
Dravska kotlina	Prepolje, P-1	51,0
Dravska kotlina	Podova Pod-1/11	64,0
Dravska kotlina	Šikole	80,0
Dravska kotlina	Šikole PV-2	66,0
Dravska kotlina	Spodnja Hajdina SHaj-1/14	60,0
Dravska kotlina	Draženci Dra-1/14	66,5
Dravska kotlina	Bukovci Buk-1/14	62,0
Murska kotlina	Mali Segovci MSeg-1/14	51,0
Murska kotlina	Gančani Gan-1/14	73,0
Murska kotlina	Odranci (Od-1/09)	75,0
Standard kakovosti		50,0

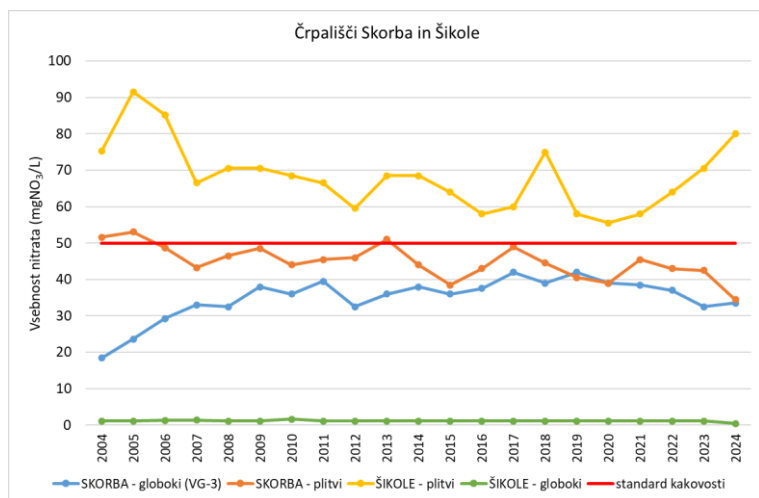
Z nitratom je najbolj obremenjena Dravska kotlina, sledita vodni telesi Savinjska in Murska kotlina. Na vseh treh vodnih telesih je poleg merilnih mest, kjer nitrat presega standard kakovosti, tudi veliko merilnih mest, ki presegajo 75% standarda kakovosti (37,5 mg NO₃/L). Na drugih vodnih telesih je obremenjenost z nitratom nižja, najnižja pa je na vodnih telesih s prevladujočimi kraško razpoklinskimi vodonosniki. Vsebnost nitrata po koncentracijskih razredih je prikazana na karti 2.



Karta 2: Vsebnost nitrata v podzemni vodi v letu 2024

Že vrsto let velik problem glede vsebnosti nitrata predstavlja obremenjenost centralnega, južnega in jugovzhodnega dela Dravske kotline. Na tem delu se nahajata dve večji črpališči pitne vode in sicer Skorba

ter Šikole. V Šikolah so vsebnosti nitrata stalno presežene v plitvem, kvartarnem vodonosniku, v zadnjih dveh letih so povprečne vsebnosti nitrata celo malo narasle. V globokem vodnjaku Skorbi VG-3 pa je vsebnost nitrata naraščala nekje do leta 2019, v naslednjih letih pa so vsebnosti nitrata nekoliko nižje (Grafikon 1).



Grafikon 1: Vsebnost nitrata na črpališčih pitne vode Šikole in Skorba v letih 2004-2024

V okviru programa monitoringa podzemne vode poskušamo prepoznati merilna mesta, kjer bi lahko zaznali tudi druge vire nitrata. Za ta namen so nam v pomoč analize ostankov zdravil. Zdravila, ki se uporabljamo le v humani medicini z veliko verjetnostjo kažejo na vpliv urbanizacije, neurejenega kanalizacijskega omrežja ali vnosa grezničnega blata v tla. V tabeli 7 so prikazana merilna mesta, kjer je vsebnost nitrata presegala standard kakovosti 50 mg NO₃/L.

Tabela 7: Preseganje standarda kakovosti za nitrat na merilnih mestih v letu 2024, število vzorcev, kjer so bilo določeni ostanki zdravil ter ostanki zdravil v letih 2015-2024

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Nitrat mgNO ₃ /L	Št. vzorcev 2015-2024	Ostanki zdravil
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Žabnica 0590	59,0	1	Karbamazepin (2018)
Savinjska kotlina	Žalec Žal 1/14	55,5	2	Ketoprofen (2017) Sulfametoksazol (2016)
Dravska kotlina	Prepolje, P-1	51,0	4	Karbamazepin (2020, 2022, 2024-2 vzorca)

Na podlagi podatkov se na treh merilnih mestih, kjer je presežen standard kakovosti pojavljajo ostanki zdravil. Od treh merilnih mest bi glede na rezultate le na merilnem mestu Prepolje, P-1 na Dravski kotlini lahko sklepali tudi na vpliv neurejenega kanalizacijskega omrežja, saj se karbamazepin pojavlja v vsakem odvzetem vzorcu. Na preostalih dveh merilnih mestih se ostanki zdravil pojavljajo le občasno.

Ostankov zdravil na preostalih dvanajstih merilnih mestih, kjer je bil standard kakovosti presežen (tabela 6) nismo zaznali v nobenem vzorcu. Iz tega lahko sklepamo, da je vir nitrata na teh merilnih mestih pretežno iz kmetijskega vira.

Pesticidi

Pesticidi, so umetne organske spojine, namenjene zatiranju plevelov, mrčesa, škodljivih organizmov ter povzročiteljev bolezni. Glede na namen uporabe jih delimo na fitofarmacevtska sredstva, ki so namenjena varovanju rastlin ter biocide. Biocidi se dodajajo v premaze za zaščito lesa, fasadne barve, uporabljajo se

tudi za iztrebljanje glodavcev, uši, kot dezinfekcijska sredstva... Glede na širok spekter uporabe so vir pesticidov viri lahko kmetijstvo, uporaba za zatiranje plevela, lahko se pojavijo tudi v odpadnih vodah, na komunalnih čistilnih napravah...

Vsebnost pesticidov se v programu monitoringa podzemne vode določa na merilnih mestih v spomladanskem in jesenskem vzorčenju. Od 163 merilnih mest, ki so bila vključena v monitoring spremljanja podzemne vode smo analize izvedli na 37 merilnih mestih. Na sedmih merilnih mestih smo ugotovili preseganje standarda kakovosti, kar predstavlja 4,3 % merilnih mest, ki so bila vključena v program monitoringa. 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, neustrezna merilna mesta, število preseženih merilnih mest glede na posamezen pesticid po vodnih telesih

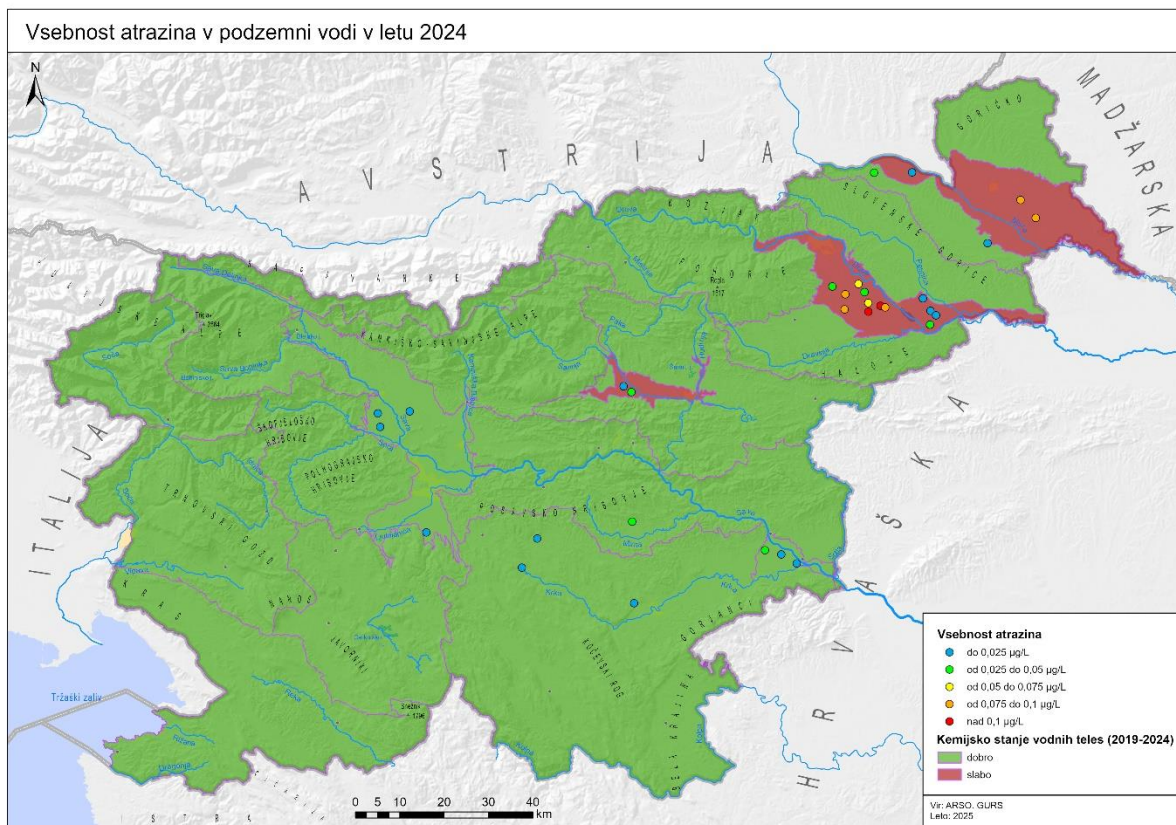
Vodno telo podzemne vode	Št. merilnih mest (MM)	Št. MM, kjer smo analizirali pesticide	Št. neustr. MM glede na vsebnost pesticidov	Št. MM s preseganji metolaklor	Št. MM s preseganji atrazina	Št. MM s preseganji desetil-atrazina	Št. MM s preseganji prometrina
Savska kotlina in Ljubljansko barje	47	6					
Savinjska kotlina	11	2	1			1	
Krška kotlina	13	4					
Karavanke	4						
Posavsko hribovje do osrednje Sotle	5	1					
Spodnji del Savinje do Sotle	4						
Kraška Ljubljana	7						
Dolenjski kras	22	4	1	1			
Dravska kotlina	25	14	4	1	2	1	1
Zahodne Slovenske gorice	2						
Murska kotlina	12	3	1			1	
Vzhodne Slovenske gorice	4	2					
Obala in Kras z Brkini	3						
Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota	8						
SKUPAJ	163	37	7	2	2	3	1

Legenda: MM: merilno mesto

Tabela 9: Preseganje standarda kakovosti za posamezen pesticid na merilnih mestih v letu 2024

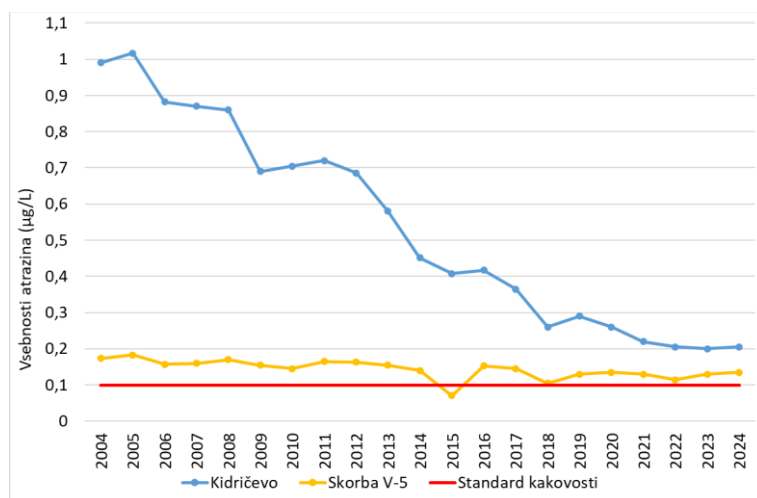
Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Metolaklor (µg/L)	Atrazin (µg/L)	Desetil-atrazin (µg/L)	Prometrin (µg/L)
Savinjska kotlina	LATKOVA VAS Lvas-1/14		0,11		
Dolenjski kras	LUKNJA - izvir Prečne	0,11			
Dravska kotlina	PREPOLJE, P-1	0,12			
Dravska kotlina	PODOVA Pod-1/11				0,12
Dravska kotlina	KIDRIČEVO		0,21	0,12	
Dravska kotlina	SKORBA V-5		0,14		
Murska kotlina	GANČANI Gan-1/14			0,11	
Standard kakovosti		0,1	0,1	0,1	0,1

Standard kakovosti za pesticide je bil presežen na sedmih merilnih mestih. Na dveh merilnih mestih na Dravski kotlini je bila presežena vsebnost atrazina, kar je poleg nitrata tudi vzrok za slabo kemijsko stanje vodnega telesa Dravske kotline. Razen na Dravski kotlini, preseganja atrazina nismo določili na nobenem drugem merilnem mestu. Na merilnem mestu Kidričevo na Dravski kotlini sta bili preseženi vsebnosti atrazina in desetil atrazina. Vsebnost atrazina je prikazana na karti 3.



Karta 3: Vsebnost atrazina v podzemni vodi v letu 2024

Najvišje vsebnosti atrazina smo določili v vodnjaku v Kidričevem, problem pa predstavlja tudi preseganje atrazina na črpališču pitne vode v Skorbi (Grafikon 2).



Grafikon 2: Vsebnost atrazina na merilnih mestih Kidričevo in Skorba V-5 v obdobju 2004-2024

Lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki

V letu 2024 smo vsebnost lahkohlapnih halogeniranih ogljikovodikov spremljali na petih 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. Presežene vrednosti praga so prikazane v tabeli 10.

Tabela 10: Preseganje vrednosti praga za lahkohlapne halogenirane ogljikovodike na merilnih mestih v letu 2024

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Tetrakloroeten ($\mu\text{g/L}$)	Trikloroeten ($\mu\text{g/L}$)	Vsota LHCH ($\mu\text{g/L}$)
Savinjska kotlina	Levec VC-1772	2,7		
Murska kotlina	Rakičan (Ra-1/09)	60,5	2,3	114,7
Murska kotlina	Gančani Gan-1/14	6,0		
Vrednost praga		2,0	2,0	10,0

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.

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 2024 ugotavljalo trende onesnaževal na vodnih telesih z medzrnsko poroznostjo.

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 in 0,01. 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,
- podatkovni 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 zavrnilo, kadar je r' izračunani $> r'$ tabelirani.

Statistično značilni trendi onesnaževal v obdobju 1998-2024 in v podobdobjih

Tako kot prejšnja leta smo tudi v letu 2024 ugotavljali statistično značilne trende onesnaževal v vodnih telesih podzemne vode in vodonosnikih z medzrnsko poroznostjo.

Obsežnejše obdelave podatkov z rezultati in z grafi trendov za vsako vodno telo podzemne vode in po posameznih merilnih mestih so dostopne v [Excelovih datotekah](#) na spletni strani ARSO.

Trende ugotavljamo za parametre, ki so vzrok slabemu kemijskemu stanju podzemne vode glede na Uredbo o stanju podzemnih voda in sicer za nitrat ter atrazin. Poleg omenjenih dveh spojin statistično vrednotimo tudi desetil-atrazin, ki je razgradni produkt atrazina. Razgradni produkt nam poda vpogled v hitrost razpada samega atrazina.

V obravnavanih analizah ocenjujemo časovne, linearne trende vsebnosti onesnaževal. Na spremenljivost vsebnosti onesnaževal v podzemni vodi vpliva vrsta naravnih in antropogenih dejavnikov. Ti vplivajo tudi na potek linearne funkcije s katero opisujemo koncentracije onesnaževal in za katero ocenjujemo trend. Poznavanje tovrstnih dejavnikov je pomembno, ker jih obravnavamo pri interpretaciji rezultatov.

Ker veliko dejavnikov vpliva na trende onesnaževal v podzemni vodi, smo statistične analize po času za posamezna vodna telesa in za posamezna merilna mesta izvedli v dveh korakih, najprej za obdobje, znotraj niza 27 hidroloških let, med leti 1998-2024.

V drugem koraku smo znotraj podatkovnega niza 1998-2024 izvedli statistično analizo za podobdobja med leti za minimalno 6 let (2019-2024) in maksimalno 18 let (2007-2024).

Namen teh analiz je vpogled v tendenco razvoja trenda in v variabilnost podatkov proti koncu podatkovnega niza, vključno z letom 2024. Rezultat nas opozarja, da se vsebnost onesnaževala proti koncu podatkovnega niza, za razliko od celotnega niza med leti 1998-2024, ne znižuje, ali ne narašča, kar bodo potrdili ali ovrgli podatki monitoringa v prihodnjih letih. Zanesljivost ocene trenda v drugem koraku smo opredelili tudi glede na število let, ki jih zajema analiza (Tabela 11).

Tabela 11: Zanesljivost ocene trenda glede na število let, zajetih v analizo za podobdobja

Število let	Zanesljivost ocene trenda
6-10	nižja
11-20	srednja
>20	višja

S krajšim nizom let se zanesljivost statističnega testa zmanjša. Glede na to in glede na značilnosti obravnavanega niza podatkov, se poslužujemo neparametrične statistike, katera temelji na razvrstitvi (ranku) in poda najboljši možni rezultat glede na razpoložljive podatke.

Trendi za nitrat

Trend vsebnosti nitrata smo ocenjevali na tistih vodnih telesih, kjer povprečna vsebnost nitratov na posameznem merilnem mestu presega 10 mg NO₃/L. Ta kriterij je bil uporabljen na podlagi izsledkov projekta Bridge, v okviru katerega je bilo ugotovljeno, da se koncentracije nitrata do 10 mg/L lahko pojavljajo naravno. Z analizo trendov pa smo želeli pregledati predvsem antropogene vplive¹.

Vsebnosti nitrata se v posameznih vodnih telesih za celotno obravnavano obdobje med leti 1998-2024 statistično znižujejo z izjemo vodnih teles Savinjska in Krška kotlina. Nasprotno pa za krajša podobdobja v vodnih telesih podzemne vode, s srednjo in nižjo zanesljivostjo, trenda ni (Tabela 12). Razlog za to so različni dejavniki, tudi spremembe merilne mreže. Znotraj obdobja 27 let smo ukinjali stare, onesnažene, manj reprezentativne vaške vodnjake in raziskovalne vrtine z namenskimi, tehnično ustreznimi vrtinami, ki kažejo realno stanje kakovosti podzemne vode.

Tabela 12: Nitrat - statistično značilni trendi v vodnih telesih podzemne vode med leti 1998-2024 in za podobdobja

Vodno telo podzemne vode	Ocena trenda med leti 1998-2024	Podobdobje	Ocena trenda podobdobju	Število let v podobdobju	Zanesljivost ocene trenda v podobdobju
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Trend pada	2007-2024	Trenda ni	18	nižja
Savinjska kotlina	Trenda ni				
Krška kotlina	Trenda ni				
Dravska kotlina	Trend pada	2011-2024	Trenda ni	14	srednja
Murska kotlina	Trend pada	2007-2024	Trenda ni	18	srednja
Goriška Brda in Trnovsko Banjška planota	Trend pada	2011-2024	Trenda ni	14	srednja

Podobne rezultate je analiza trendov pokazala tudi na 17 merilnih mestih, kjer se vsebnosti nitrata statistično značilno znižujejo za celotno obravnavano obdobje 1998-2024, medtem ko se za krajša podobdobja, z nižjo in srednjo zanesljivostjo ne znižujejo več. Analiza je namreč pokazala, da se vsebnosti nitrata zadnja leta pravzaprav ne znižujejo, ampak iz leta v leto nihajo z določenim razponom. Na dveh merilnih mestih trend za daljše obdobje narašča, za krajši podobdobji pa trenda ni (Tabela 13).

¹ BRIDGE: MÜLLER D., BLUM A., HART A., HOOKEY J., KUNKEL R., SCHEIDLEDER A., TOMLIN C., WENDLAND F. (2006) –Final proposal for a methodology to set up groundwater threshold values in Europe, Deliverable D18, BRIDGE project, 63 p.

Tabela 13: Nitrat - statistično značilni trendi v podzemni vodi na merilnih mestih med leti 1998-2024 in za podobdobja

Šifra VTPodV	Merilno mesto	Ocena trenda med leti 1998-2024	Podobdobje	Ocena trenda v podobdobju	Število let v podobdobju	Zanesljivost ocene trenda v podobdobju
1001	Dragočajna D-0185	Trend pada	2014-2024	Trenda ni	11	srednja
1001	Godešič SOV-5174	Trend pada	2017-2024	Trenda ni	8	nižja
1001	Hrastje (I a) 0344	Trend pada	2015-2024	Trenda ni	10	nižja
1001	Koteks-Zalog 0371	Trend pada	2014-2024	Trenda ni	11	srednja
1001	Mercator De-2	Trend pada	2016-2024	Trenda ni	9	nižja
1001	Trboje Trb-1/13	Trend pada				
1001	Žabnica 0590	Trend pada	2015-2024	Trenda ni	10	nižja
1002	Dolenja vas ČB 1/83	Trend pada	2010-2024	Trenda ni	15	srednja
1002	Gotovlje 0800	Trend pada	2016-2024	Trenda ni	9	nižja
1002	Levec AMP P-1	Trend pada	2013-2024	Trenda ni	12	srednja
1002	Levec VC-1772	Trend pada	2014-2024	Trenda ni	11	nižja
1002	Medlog, vodnjak A	Trend pada	2014-2024	Trenda ni	12	srednja
1002	Parižlje Par-1/14	Trend pada				
1003	Drnovo	Trend narašča	2012-2024	Trenda ni	13	srednja
1003	PB-9	Trend narašča	2018-2024	Trenda ni	6	nižja
1003	Sp.Stari grad NE-1177	Trend pada	2018-2024	Trenda ni	7	nižja
1003	Vrbina NE-1077	Trend pada	2018-2024	Trenda ni	7	nižja
3012	Kungota (Ku-1/09)	Trend pada	2015-2024	Trenda ni	10	nižja
3012	Skorba V-5	Trend pada	2015-2024	Trenda ni	10	nižja
3012	SOBETINCI Sob-1/14	Trend pada				
3012	Zagojiči ZP-3/01	Trend pada	2011-2024	Trenda ni	14	srednja
4016	Rakičan (Ra-1/09)	Trend pada	2012-2024	Trenda ni	13	srednja

Legenda: **VTPodV**: vodno telo podzemne vode, **1001**: Savska kotlina in Ljubljansko barje; **1002**: Savinjska kotlina, **1003**: Krška kotlina, **3012**: Dravska kotlina, **4016**: Murska kotlina

V vodnem telesu Savska kotlina in Ljubljansko barje na večini merilnih mest trenda nismo ugotovili. Padajoč trend za nitrat je bil za obdobje 1998-2024 ugotovljen na 7 merilnih mestih. Z izjemo merilnega mesta Trboje, v krajših podobdobjih, z nižjo in srednjo verjetnostjo, ne pada več. Med najbolj obremenjenimi merilnimi mesti z nitratom v tem vodnem telesu so črpališče v Godešiču in Žabnica na Sorškem polju ter Voglje na Kranjskem polju. V Godešiču so se vsebnosti nitrata znižale pod standard kakovosti v letu 2022, prvič po petindvajsetih letih obravnavanega niza podatkov. V letu 2024 je bila letna povprečna vrednost ponovno višja od standarda kakovosti. V Žabnici se koncentracije glede na analizo podobdobja zadnjih desetih let ne znižujejo več, ampak nihajo okoli okoljskega standarda kakovosti. V Vogljah trenda nismo ugotovili, vrednosti pa prav tako nihajo pod in nad standardom kakovosti (Tabela 6, Tabela 13).

V Savinjski kotlini trenda za nitrat nismo ugotovili na manj kot polovici merilnih mest. Na več kot polovici merilnih mest med leti 1998-2024 še vedno ugotavljamo padajoče trende, le-ti pa za krajše podobdobje let s srednjo in nižjo zanesljivostjo ne padajo več. Med njimi je bil okoljski standard za nitrat v letu 2024 še vedno presežen v Žalcu (Tabela 6, Tabela 13).

Na merilnih mestih Spodnji Stari grad in Vrbina na Brežiškem polju v Krški kotlini, trend za nitrat med leti 1998-2024 še vedno pada. Za krajše podobdobje zadnjih sedmih let, pa z nižjo zanesljivostjo ne pada več. V črpališču Drnovo, kjer vsebnosti nitrata v obdobju 1998-2024 naraščajo, za obdobje zadnjih trinajstih let (med leti 2012-2024), s srednjo verjetnostjo ne naraščajo več. Kljub temu je bil okoljski standard kakovosti v preteklih letih na tem merilnem mestu, tudi v letu 2024, še vedno presežen (Tabela 6, Tabela 13). Zaledje črpališča predstavljajo kmetijske površine. Črpališče od oktobra 2010 dalje služi kot rezervni

vodni vir, ki ga uporabljajo v primeru večjih okvar na vodovodu Krško, ko vodna vira Brege in Rore ne zadostujeta za oskrbo vseh uporabnikov². Na ostalih merilnih mestih Krške kotline trenda nismo ugotovili.

V Dravski kotlini na večini merilnih mest trenda za nitrat nismo zaznali, okoljski standard kakovosti pa je bil v letu 2024 presežen na merilnih mestih Prepolje, Podova, Spodnja Hajdina, Draženci, Bukovci ter plitvi in globoki vodnjak v Šikolah (Tabela 6). Za obdobje let 1998-2024 se vsebnosti nitrata znižujejo v Kungoti, v plitvem vodnjaku v Skorbi, v Sobotincih in v Zagojcih. Vendar pa se za krajša podobdobja 10-14 let, z izjemo Sobotincev, z nižjo in srednjo zanesljivostjo ne znižujejo več. V globokem vodnjaku v Skorbi naraščajočega trenda za nitrat v letu 2024 nismo več ugotovili (Tabela 13).

V Murski kotlini trenda na večini merilnih mest ni. Osrednji del Murske kotline je v Malih Segovcih, Gančanih in Odrancih z nitratom najbolj obremenjen, vendar trenda na teh merilnih mestih ne ugotavljamo. Na slednjih dveh merilnih mestih, je okoljski standard kakovosti že vrsto let presežen, tudi v letu 2024. V Rakičanu, ki se prav tako nahaja v osrednjem delu Murske kotline, trend za obdobje 1998-2024 pada, za krajše podobdobje zadnjih trinajstih let, trenda s srednjo zanesljivostjo nismo ugotovili (Tabela 6, Tabela 13).

Trendi za atrazin in desetil-atrazin

Vrednosti atrazina in desetil-atrazina so v vodnih telesih podzemne vode večinoma že pod 0,03 µg/l, zato obsežnejša analiza trenda ni bila potrebna.

Atrazin in desetil-atrazin sta bila v podzemni vodi vodonosnikov z medzrnsko poroznostjo v letu 2024 analizirana na 27 merilnih mestih (manj kot 30 % merilne mreže v aluvialnih vodonosnikih), ker onesnaženje z atrazinom in njegovim razpadnim produktom v posameznih vodnih telesih in na posameznih merilnih mestih ni več prekomerno prisotno. Višje vrednosti so prisotne le še lokalno. Za obdobje 1998-2024 trend za atrazin med vodnimi telesi še vedno pada v Dravski kotlini, medtem ko v podobdobju zadnjih enajstih let (2014-2024) trenda z srednjo zanesljivostjo ni (Tabela 14).

Tabela 14: Atrazin - statistično značilni trendi v vodnih telesih podzemne vode med leti 1998-2024 in za podobdobja

Vodno telo podzemne vode	Ocena trenda med leti 1998-2024	Podobdobje	Ocena trenda v podobdobju	Število let v podobdobju	Zanesljivost ocene trenda v podobdobju
Savska kotlina in Ljubljansko barje	vrednosti so se znižale pod 0,03 µg/l				
Savinjska kotlina	vrednosti so se znižale pod 0,03 µg/l				
Krška kotlina	vrednosti so pod 0,03 µg/l				
Dravska kotlina	Trend pada	2014-2024	Trenda ni	11	srednja
Murska kotlina	Trenda ni				
Goriška Brda in Trnovsko Banjška planota	vrednosti so pod 0,03 µg/l				

Na posameznih merilnih mestih Dravske kotline (Kidričevo, Kungota, Podova, Prepolje, Skorba plitvi vodnjak, Spodnja Hajdina, Šikole plitvi vodnjak) in Murski kotlini (Gančani, Odranci) trend za atrazin in

² Poročilo o kakovosti pitne vode na javnih vodovodih ter odvajanju in čiščenju odpadnih voda v mestni občini Krško in občini Kostanjevica na Krki v letu 2021.

desetil – atrazin za obdobje let 1998-2024 še vedno padata. Na večini od teh merilnih mest, z izjemo Kidričevega, Kungote, Gančanov in Odrancev, se vsebnosti atrazina in desetil-atrazina v krajših podobdobjih zadnjih let (6-11 let) ne znižujejo več, ampak nihajo z določenim razponom. Za to obdobje 1998-2024 se desetil-atrazin statistično značilno znižuje tudi v Pb-9 Krške kotline (Tabela 15, Tabela 16).

V Kidričevem, v osrednjem delu Dravskega polja, je onesnaženje z atrazinom in z njegovim razgradnim produktom desetil-atrazinom v letu 2024 še vedno prisotno in sicer v razmerju približno 2:1. Povprečna vrednost za atrazin v letu 2024, kljub padajočemu trendu za obdobje 1998-2024, še vedno za več kot 100% presega okoljski standard kakovosti (Grafikon 3). Njegov razgradni produkt, desetil-atrazin pa se v Kidričevem za krajše obdobje zadnjih osmih let, ne znižuje več in je bil v letu 2024 tik nad standardom kakovosti (Tabela 16, Grafikon 4, 5). Podatki torej kažejo, da je atrazin v vodonosniku na merilnem mestu še vedno prisoten. Njegova razgradnja še vedno poteka, vendar se vrednosti razgradnega produkta – desetil-atrazina, v zadnjih letih ne znižujejo več.

Tabela 15: Atrazin - statistično značilni trendi v podzemni vodi na merilnih mestih med leti 1998-2024 in za podobdobja

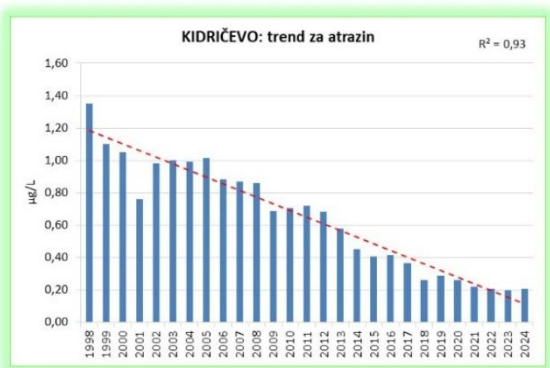
Šifra VTPodV	Merilno mesto	Ocena trenda med leti 1998-2024	Podobdobje	Ocena trenda v podobdobju	Število let v podobdobju	Zanesljivost ocene trenda v podobdobju
3012	Kidričevo	Trend pada				
3012	Kungota (Ku-1/09)	Trend pada				
3012	Podova Pod-1/11	Trend pada	2019-2024	Trenda ni	6	nižja
3012	Prepolje, P-1	Trend pada	2018-2024	Trenda ni	7	nižja
3012	Skorba V-5	Trend pada	2014-2024	Trenda ni	11	srednja
3012	Spodnja Hajdina SHaj-1/14	Trend pada	2019-2024	Trenda ni	6	nižja
3012	Šikole	Trend pada	2018-2024	Trenda ni	7	nižja
4016	Gančani Gan-1/14	Trend pada				
4016	Odranci (Od-1/09)	Trend pada	2019-2024	Trenda ni	6	nižja

Legenda: VTPodV: vodno telo podzemne vode, 3012: Dravska kotlina, 4016: Murska kotlina

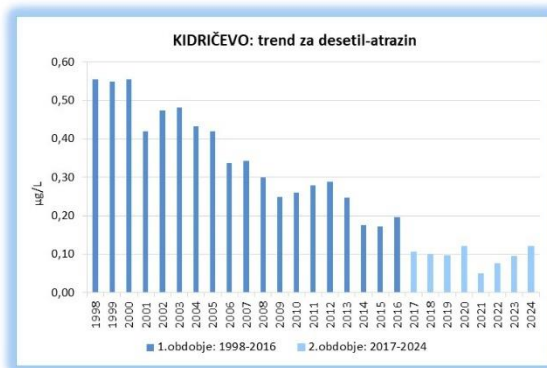
Tabela 16: Desetil-atrazin - statistično značilni trendi v podzemni vodi na merilnih mestih med leti 1998-2024 in za podobdobja

Šifra VTPodV	Merilno mesto	Ocena trenda med leti 1998-2024	Podobdobje	Ocena trenda v podobdobju	Število let v podobdobju	Zanesljivost ocene trenda v podobdobju
1003	Pb-9	Trend pada				
3012	Kidričevo	Trend pada	2017-2024	Trenda ni	8	nižja
3012	Kungota (Ku-1/09)	Trend pada	2017-2024	Trenda ni	8	nižja
3012	Podova Pod-1/11	Trend pada	2017-2024	Trenda ni	8	nižja
3012	Skorba V-5	Trend pada	2014-2024	Trenda ni	11	srednja
4016	Gančani Gan-1/14	Trend pada	2018-2024	Trenda ni	7	nižja
4016	Odranci (Od-1/09)	Trend pada				

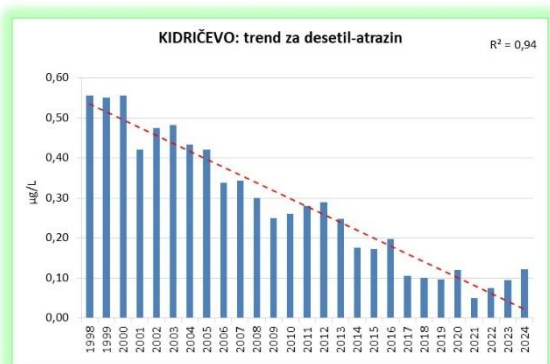
Legenda: VTPodV: vodno telo podzemne vode, 1002: Savinjska kotlina, 3012: Dravska kotlina, 4016: Murska kotlina



Grafikon 3: Kidričevo, trend za atrazin



Grafikon 5: Kidričevo, trenda ni za desetil-atrazin, za niz podatkov 2017-2024



Grafikon 4: Kidričevo, trend za desetil-atrazin

Interpretacija analize trendov

Nitrat

Dušik je najpomembnejši element v prehrani rastlin. Te sprejemajo dušik v obliki nitratnega (NO_3^-) ali amonijevega iona (NH_4^+). Zaradi intenzivne nitrifikacije v tleh, ob prisotnosti bakterij, je nitrat (NO_3^-) prevladujoča oblika dušika, ki jo sprejme rastlina. Nitrat je v zemlji zelo mobilan in se pri določenih klimatskih pogojih ter strukturi tal spira v podzemno vodo.

Vir povečanja koncentracije nitrata v podzemni vodi je napajanje vodonosnika na območjih kmetijskih površin, ki so prejele dušikova gnojila. Zaradi dobre topnosti v vodi in ob slabši sposobnosti tal za zadrževanje vode je nitrat v tleh zelo mobilan. V tovrstnih tleh nitrat potuje približno enako hitro kot voda in zato ima onesnaževalo velik potencial spiranja v podzemno vodo.

Za obdobje let med 1998-2024 se trendi za nitrat na določenih merilnih mestih še vedno statistično značilno znižujejo. Padajoče trende nitrata v podzemni vodi medzrnskih vodonosnikov, znotraj tega obdobja let, pripisujemo gospodarjenju z dušikom v kmetijskem sektorju, hidrološkim sušam, kmetijskim sušam ter sušam v tleh³. Za krajša podobdobja pa se vsebnosti nitrata v medzrnskih vodonosnikih ne znižujejo, ampak nihajo z določenim razponom. Ko bo zanesljivost ocene trenda za krajša podobdobja na

³ ARSO 2021-2025: Kazalci okolja (KM25, PP13, PP14, PP-15).

večjem številu merilnih mest višja, bo potrebna poglobljena analiza dejavnikov, ki so v zadnjih letih vplivali na nihajoče vrednosti nitrata v podzemni vodi.

Atrazin in desetil-atrazin

Vrednosti za atrazin in desetil-atrazin so v vodnih telesih podzemne vode večinoma že pod 0,03 µg/l. Zato je bila analiza trenda za posamezna podobdobja potrebna zgolj na nekaterih merilnih mestih. V Dravski in Murski kotlini trendi za obdobje 1998-2024 padajo le na določenih merilnih mestih (Tabela 15, Tabela 16).

Atrazin se v Dravski kotlini zadržuje veliko dlje časa kot na drugih vodnih telesih. Kaže, da ga je v vodonosniku še vedno več kot njegovega razgradnega produkta desetil-atrazina. 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 uporabe⁴.

Razloge je potrebno iskati tudi v lastnostih atrazina. [Razgradnja atrazina poteka](#) bodisi s kemijskim razpadom, bodisi z razpadom s pomočjo mikroorganizmov. Reakcija razgradnje atrazina v tleh je odvisna tudi od drugih dejavnikov (npr. pH, specifična površina ter poroznost delcev, delež organske snovi, prisotnost mikroorganizmov, temperatura,...). Glavni faktorji, ki vplivajo na transport pesticidov skozi tla so hidravlična prevodnost tal, količina organske snovi in glin ter 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)⁵.

Za ugotavljanje dejavnikov, ki vplivajo na spremenljivost vsebnosti atrazina in desetil-atrazina v medzrnskih vodonosnikih po času (in prostoru), bi bile potrebne kompleksne strokovne študije.

OCENA KAKOVOSTI PODZEMNE VODE PO UREDBI 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 Uredba o pitni vodi, je obsežnejši kot nabor parametrov v Uredbi o stanju podzemnih voda. V Uredbi 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 dajejo informacijo o urejenosti sistema za oskrbo in imajo opozorilni namen. V poročilu prikazujemo le tiste kemijske parametre, ki jih Uredba o stanju podzemne vode ne obravnava, so pa navedeni v Uredbi o pitni vodi.

Obdelava podatkov je pokazala, da na nekaterih merilnih mestih, kjer spremljamo kemijско stanje podzemne vode, presegajo mejno vrednost sledeči parametri: pH vrednost, amonij, arzen, železo in mangan. Mejne vrednosti so navedene v tabeli 17.

⁴ Razširjenost pesticidov v vodonosniku Dravskega polja, A. Koroša, Geologija 62/2, 2019, Ljubljana.

⁵ Sophocleous, M. et.al. 1990: Movement and aquifer contamination potential of atrazine and inorganic chemicals in central Kansas croplands. Ground Water Series 12, Kansas Geological Survey.

Tabela 17: Parametri, ki presegajo mejne vrednosti glede na Uredbo o pitni vodi

Parameter	Mejna vrednost	Skupina parametra
Koncentracija vodikovih ionov (pH vrednost)	med 6,5 in 9,5	indikatorski
Arzen (µg/L)	10	kemijski
Železo (µg/L)	200	indikatorski
Mangan (µg/L)	50	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 1998-2023 (Tabela 18).

Tabela 18: Merilna mesta s preseganji mejne vrednosti po Pravilniku o pitni vodi

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	pH (-) 1998-2023	pH (-) 2024	Mangan (µg/L) 1998-2023	Mangan (µg/L) 2024	Železo (µg/L) 1998-2023	Železo (µg/L) 2024	Arzen (µg/L) 1998-2023	Arzen (µg/L) 2024
Dravska kotlina	RAČE Rač-1/11	6,3	5,8						
Dravska kotlina	ŠIKOLE GV2			111	126	296	345	10,9	10,9
Murska kotlina	ČRNCI Črn-1/11	6,8	6,5						
Murska kotlina	ŽEPOVCI Žep-2/11	6,4	6,0						
Murska kotlina	MALI SEGOVCI MSeg-1/14	5,9	5,8						
Murska kotlina	BENICA Ben-1/14	6,7	6,5	254	271	7173	6250		
Murska kotlina	ZGORNJE KRAPJE (ZK-1/09)	6,5	6,5						
Murska kotlina	VEŠČICA (Ve-1/09)	6,3	6,0	451	349	3736	2490		
Vzhodne Slovenske gorice	SPODNJI IVANCI					677	737		
Vzhodne Slovenske gorice	ŽIHLAVA Žih 2/04					405	405		

Rezultati so pokazali, da so na merilnih mestih, kjer spremljamo kemijsko stanje podzemne vode, glede na Uredbo o pitni vodi, večinoma preseženi indikatorski parametri. 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. Rezultati bistveno ne odstopajo od dolgoletnega povprečja. Preseganja kovin v splošnem največkrat opazimo na objektih, ki segajo v globlje geološke plasti, kjer je pogosto nižja tudi vsebnost kisika. Povišane vrednosti so po vsej verjetnosti posledica naravnega ozadja.

Sprejetje Uredbe o pitni vodi je razširilo nabor parametrov, predvsem na področju tako imenovanih novodobnih onesnaževal. Tako sta bili med ostalimi dodani dve mejni vrednosti za spojine iz skupine per- in polifluoroalkilnih snovi (PFAS). Mejne vrednosti za spojine iz skupine PFAS so podane v tabeli 19.

Tabela 19: Mejne vrednosti za spojine iz skupine PFAS iz Uredbe o pitni vodi

Parameter	Mejna vrednost (µg/L)
Vsota PFAS	0,5 µg/L
Skupno PFAS	0,1 µg/L

Mejna vrednost za parameter Vsota PFAS bo stopila v veljavo, ko bo Evropska komisija pripravila tehnične smernice za spremljanje tega parametra. Za parameter Skupno PFAS pa je že definirano 20 spojin, ki se upoštevajo pri vsoti. Nabor vseh 20 spojin iz skupine PFAS smo v letu 2024 spremljali tudi v podzemni vodi.

Spojine iz skupine PFAS smo spremljali na 109 merilnih mestih. Le na merilnem mestu Spodnji Stari Grad na Krški kotlini je bila presežena mejna vrednost parametra Skupno PFAS (0,25 µg/L), kjer povišane vsebnosti opažamo že od leta 2018. Do leta 2024 smo spremljali le spojini PFOS in PFOA.

PREISKOVALNI MONITORINGI

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 ter Kras z Brkini. Človeška ribica (v Sloveniji najdemo belo in črno podvrsto) živi v 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 lahko vsako onesnaženje, tako kratkotrajno kot tudi dolgotrajno, vpliva na katerikoli razvojni stadij človeške ribice. Po navedbi stroke predstavljajo največjo grožnjo nitrati (preko 10 mg NO₃/L), kovine, pesticidi in PCB⁶. 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 mg NO₃/L kot ciljno mejno vrednost za ugodno stanje habitata človeške ribice⁷.

Največji vir potencialnega onesnaženja z nitrati predstavljajo 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 20.

Tabela 20: Mreža za spremljanje kakovosti podzemne vode zaradi človeške ribice

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Koordinata E	Koordinata N	Prvo leto opazovanja
Kraška Ljubljana	Malenščica - črpališče v Malnih - iztok	442138	76116	2003
Kraška Ljubljana	Tresenec, Otok na Cerkniškem jezeru	452165	65596	2007
Kraška Ljubljana	Veliki Obrh pri Ložu	461914	62240	2003
Dolenjski kras	Radešca, Podturn	503086	66907	1994
Dolenjski kras	Dobličca	511218	45745	1990
Dolenjski kras	Jelševnik	511616	48119	2014

⁶ 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.

⁷ 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.

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Koordinata E	Koordinata N	Prvo leto opazovanja
Dolenjski kras	Otovški breg	513011	50275	2014
Dolenjski kras	Pački breg	512783	49076	2014
Dolenjski kras	Krupa	516918	55006	1993
Dolenjski kras	Obrh Rinža	486328	58486	2007
Dolenjski kras	Vir pri Stični	485709	89905	2016
Dolenjski kras	Mali Podljuben	508993	69444	2016
Dolenjski kras	Metliški Obrh	524784	56970	1992
Obala in Kras z Brkini	Brestovica	391075	75834	2003

Na vseh merilnih mestih smo v letu 2024 vzorčili dvakrat. V vseh vzorcih smo izmerili 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, na nekaterih merilnih mestih pa tudi pesticide (Vir pri Stični, Otovški in Pački breg) in ostanke zdravil (Otovški in Pački breg, Krupa).

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 21 je prikazana povprečna letna vsebnost nitrata v obdobju 2010-2024 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 21: Letna povprečja nitrata na merilnih mestih v obdobju 2010-2024

Leto	Malenščica	Dobličica	Krupa	Metliški Obrh	Obrh Rinža	Veliki Obrh pri Ložu	Brestovica	Radešica, Podturn	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

Leto	Malenščica	Dobličica	Krupa	Metliški Obrh	Obrh Rinža	Veliki Obrh pri Ložu	Brestovica	Radešica, Podturn	Jelševnik	Otovški breg	Pački breg	Vir pri Stični	Mali Podljuden	Tresenec
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
2022	4,4	3,8	5,5	7,8	3,2	4,6	5,9	5,9	4,1	10,9	10,5	17,7	9,8	4,5
2023	2,0	3,7	4,0	8,8	2,3	3,3	6,2	4,9	3,6	13,2	12,1	18,1	8,5	2,9
2024	3,6	4,7	5,6	6,3	3,3	3,4	5,9	5,5	3,9	12,9	13,3	16,8	7,1	3,4

Rezultati meritev so pokazali, da so glede na vsebnosti nitrata v letu 2024 v slabem stanju merilna mesta Otovski in Pački breg 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 površinskih voda

Ocena podzemne vode kraških izvirov na ogroženih območjih človeške ribice na podlagi Uredbe o stanju površinskih voda 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, Otovski breg, Pački breg), kjer se nahajajo habitati človeške ribice, niso najbolj obsežna in ne odražajo večjega dela vodonosnika oziroma vodnega telesa.

Izvir Vir pri Stični (izvir Virskega potoka) je manjši kraški izvir, ki se nahaja južno od Šimenkovega brezna pri Mekinjah nad Stično. S hidrološkim bilančnim izračunom je bilo ocenjeno prispevno zaledje izvira⁸, ki znaša približno 2,3 km². Izvira Otovski breg in Pački breg sta manjša kraška izvira na zahodnem obrobju Bele Krajine. Za Otovski breg⁹ je bilo ocenjeno zaledje na 2,4 km², za Pački breg⁹ pa na 3,4 km².

Vsi trije kraški izviri, v katerih je habitat človeške ribice v neugodnem stanju, kar bi lahko bila posledica vpliva povišanih vsebnosti nitrata v podzemni vodi, nimajo velikih vplivnih, oziroma napajalnih območij znotraj vodnega telesa Dolenjski kras, katerega površina znaša kar 3.355,0 km². To pomeni, da je onesnaženje lokalnega značaja in ne presega 30% volumna vodnega telesa, zato ostaja kemijско stanje za vodno telo Dolenjski kras, dobro.

⁸ Šimenkovo brezno, Naše jame 41, Glasilo Jamarske zveze Slovenije, Miha Brenčič, Igor Perpar in Boris Sket, Ljubljana, 1999.

⁹ Zaključno poročilo projekta: Raziskave za opredelitev in preprečevanje obremenjevanja vodozbirnega zaledja Jelševniščice in Otovca, s posebnim ozirom na habitat črne človeške ribice (HaČloRi), 2021-2024, št. projekta: V1-2139, ZRC SAZU, Univerza v Ljubljani, Geološki zavod Slovenije, 2024, Ljubljana.

Parametri kemijskega stanja

Mejne vrednosti za parametre kemijskega stanja iz Uredbe o stanju površinskih voda in mejne vrednosti v nobenem od naštetih izvirov v letu 2024 niso bile presežene, zato so vsi izviri v dobrem kemijskem stanju.

Parametri ekološkega stanja

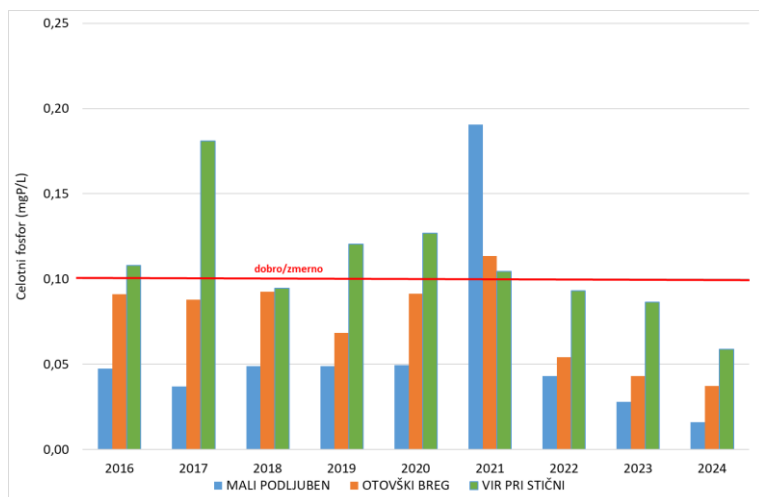
Uredba o stanju površinskih voda poleg parametrov za oceno kemijskega stanja površinskih voda, določa tudi standarde za posebna onesnaževala in splošne fizikalno-kemijske parametre, ki so del ocene ekološkega stanja voda. Standardi kakovosti za posebna onesnaževala, ki so določeni na nacionalnem nivoju, 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 22 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 22: Referenčne (RV) in mejne vrednosti za zelo dobro/dobro (ZD/D) in dobro/zmerno (D/Z) stanje za celotni fosfor – TP (vrednosti v tabeli so podane v mg P/L)

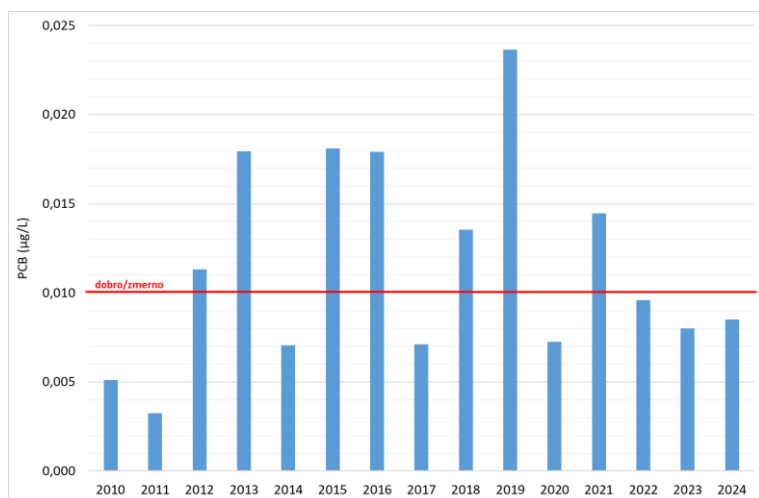
TP/NO ₃ tip	RV	ZD/D	D/Z
AL1	0,003	0,02	0,05
AL2	0,005	0,02	0,10
ED1	0,01	0,02	0,10
ED2	0,01	0,02	0,10
ED3	0,02	0,02	0,10
NIZ1	0,02	0,05	0,15
NIZ2	0,04	0,10	0,20
PN3	0,03	0,05	0,10
SM1	0,008	0,02	0,05
SM2	0,013	0,02	0,05
VR	0,01	0,05	0,10

V letu 2024 so bila glede na celotni fosfor vsa merilna mesta v dobrem ekološkem stanju. Mejna vrednost za dobro/zmerno stanje za celotni fosfor ni bila presežena niti na merilnih mestih, ki so v preteklosti izkazovala zmerno stanje (Grafikon 6). Po letu 2021 je opazen padec vsebnosti fosforja v bolj obremenjenih izviroh.



Grafikon 6: Vsebnost skupnega fosforja na merilnih mestih Vir pri Stični, Otovski breg in Mali Podljuben v obdobju 2016-2024

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 Krue. Onesnaženje s PCB ostaja tudi po več kot tridesetih letih še vedno problematično. PCB spada med posebna onesnaževala, ki so del ocene ekološkega stanja. V letu 2024 v izviru Krue povprečna letna vrednost vsote PCB ni presegla mejne vrednosti za dobro stanje (Grafikon 7).



Grafikon 7: Povprečna letna vsebnost PCB v izviru Krue za obdobje 2010-2024

V letu 2024 so bila torej glede na vsebnost posebnih onesnaževal in celotnega fosforja vsa merilna mesta v dobrem ali zelo dobrem stanju. Ocena je le informativnega značaja, saj je bilo vzorčenje izvedeno le 2x, v okviru veljavne metodologije za vrednotenje ekološkega stanja pa bi vzorčenje moralo biti izvedeno minimalno 4x na leto.

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 obsežnejših 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 vključen tudi kofein. Največ kofeina se nahaja v napitkih (kava, energetski napitki), dodan je tudi nekaterim protibolečinskim zdravilom. Kofein je indikator onesnaženja podzemne vode s komunalno odpadno vodo.

V letu 2024 smo farmacevtske učinkovine spremljali na 35 merilnih mestih na naslednjih vodnih telesih:

- Savska kotlina in Ljubljansko barje
- Savinjska kotlina
- Krška kotlina
- Kraška Ljubljana
- Dolenjski kras
- Dravska kotlina
- Murska kotlina
- Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota

Analize smo opravili v spomladanskem in jesenskem zajemu.

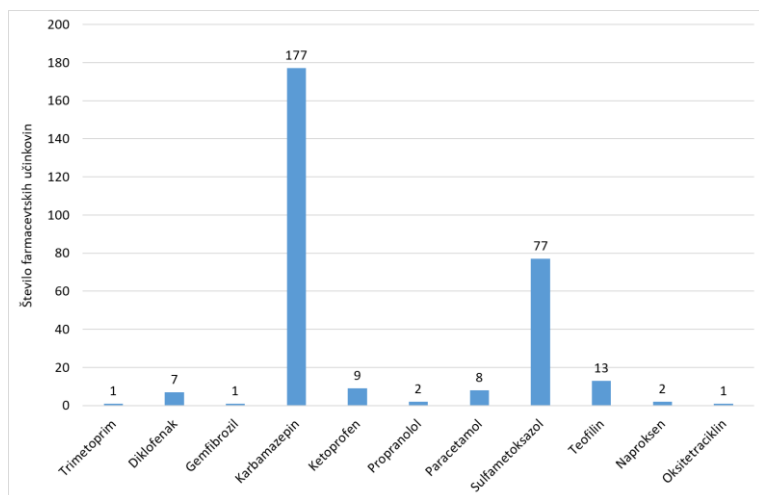
V letu 2024 smo določili 5 različnih farmacevtskih učinkovin na 23 merilnih mestih, rezultati so prikazani v tabeli 23.

Tabela 23: Prisotnost farmacevtskih učinkovin in kofeina v vzorcih podzemne vode v letu 2024

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Datum	Karbamazepin (µg/L)	Ketoprofen (µg/L)	Paracetamol (µg/L)	Sulfametoksazol (µg/L)	Teofilin (µg/L)
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Podbrezje VPB-1/88	26.06.2024				0,004	
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Meja Mej-1/13	18.06.2024	0,011			0,004	
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Meja Mej-1/13	21.10.2024	0,010			0,004	
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Drulovka Dru-1/14	18.06.2024	0,017			0,009	0,065
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Drulovka Dru-1/14	21.10.2024	0,015		0,006	0,007	
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Podgorje Pod-1/14	17.06.2024				0,004	
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Podgorje Pod-1/14	17.10.2024	0,006				
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Stožice LV-0277	13.06.2024	0,039				
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Stožice LV-0277	16.10.2024	0,032				
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Vojkova Voj-1/14	19.06.2024	0,010			0,008	
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Vojkova Voj-1/14	22.10.2024	0,010			0,009	
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Hrastje (I A) 0344	12.06.2024	0,007			0,005	
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Hrastje (I A) 0344	14.10.2024	0,010			0,004	
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Fužine V-DSO-1/15	26.06.2024			0,089	0,004	0,035
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Fužine V-DSO-1/15	23.10.2024			0,007	0,007	0,026
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Koteks-Zalog 0371	26.06.2024				0,005	
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Koteks-Zalog 0371	23.10.2024	0,005		0,045	0,005	
Savinjska kotlina	Breg 0311	28.05.2024	0,004		0,005		
Savinjska kotlina	Črpališče Roje	28.05.2024				0,004	
Kraška Ljubljana	Izvir Ljubljane - Močilnik	12.09.2024	0,038			0,021	
Dolenjski kras	Vir pri Stični	23.09.2024	0,010				
Dolenjski kras	Težka Voda	23.09.2024	0,011				
Dolenjski kras	Bilpa	24.09.2024					
Dolenjski kras	Pački breg	24.09.2024	0,012				
Dravska kotlina	Vrbanski plato 16	03.06.2024	0,007				
Dravska kotlina	Vrbanski plato 16	07.10.2024	0,011				
Dravska kotlina	Prepolje, P-1	11.06.2024	0,005				
Dravska kotlina	Prepolje, P-1	14.10.2024	0,006				
Dravska kotlina	Ormož V-9	05.06.2024	0,004				
Dravska kotlina	Ormož V-9	08.10.2024	0,004				
Murska kotlina	Žepovci Žep-2/11	21.05.2024	0,055				
Murska kotlina	Žepovci Žep-2/11	24.09.2024	0,140			0,009	
Murska kotlina	Rakičan (Ra-1/09)	22.05.2024	0,016				
Murska kotlina	Rakičan (Ra-1/09)	25.09.2024	0,016				
Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota	Miren 0330	22.05.2024	0,015				
Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota	Miren 0330	16.09.2024	0,040	0,009		0,021	
Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota	Miren 13A	16.09.2024	0,035			0,017	

V vzorcih vode je bil najbolj pogosto določen karbamazepin in sulfametoksazol. Ostale farmacevtske učinkovine so se pojavile v manjšem številu vzorcev. Pogosto je bil v vzorcih podzemne vode prisoten tudi kofein.

V celotnem obdobju od 2014 do 2024 smo v vzorcih določili 11 različnih farmacevtskih učinkovin od tega prav tako najpogosteje karbamazepin in sulfametoksazol (Grafikon 8).



Grafikon 8: Število vzorcev, v katerih je bila v obdobju 2014-2024 določena prisotnost posamezne farmacevtske učinkovine

Na nekaterih merilnih mestih najdemo v vzorcih podzemne vode več ostankov farmacevtskih učinkovin kot na ostalih merilnih mestih. V tabeli 24 so prikazana merilna mesta, ki so v programu monitoringa podzemne vode vsaj pet let in kjer smo v več kot 75% vzorcev določili prisotnost farmacevtskih učinkovin.

Tabela 24: Merilna mesta, število vzorcev in zaznane oz. prisotne farmacevtske učinkovine v obdobju 2014-2024

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Prvo leto meritev	Zadnje leto meritev	Število vzorcev	Število vzorcev > LOQ *	Trimetoprim	Diklofenak	Karbamazepin	Ketoprofen	Paracetamol	Sulfametoksazol	Teofilin	Oksitetraciklin
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Meja Mej-1/13	2018	2024	9	9			9			3		
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Drulovka Dru-1/14	2018	2024	9	8			8		1	3	1	
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Podgorje Pod-1/14	2018	2024	9	8			6			2		
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Vojkova Voj-1/14	2018	2024	9	9			9			6		
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Hrastje (I a) 0344	2018	2024	9	8			8			4		
Dolenjski kras	Krka	2014	2024	17	14		2	12			12		
Dolenjski kras	Vir pri Stični	2020	2024	6	5	1		5					1
Dolenjski kras	Težka Voda	2014	2024	17	16			16			1		
Dolenjski kras	Pački breg	2020	2024	6	5			4		1			
Dravska kotlina	Vrbanski plato 16	2019	2024	7	6			6					
Murska kotlina	Žepovci Žep-2/11	2015	2024	15	14			14			2		
Murska kotlina	Rakičan (Ra-1/09)	2015	2024	15	14			14					
Goriška Brda in Trnovsko-Banjška planota	Miren 0330	2018	2024	8	8			8	1		5		

Legenda: * število vzorcev, kjer so bile določene farmacevtske v vrednosti večji od LOQ

Na bolj obremenjenih merilnih mestih pogosto v vzorcih vode določimo več farmacevtskih učinkovin. Tak primer je izvir reke Krke, ki izstopa po številu določenih farmacevtskih učinkovin. Vir onesnaženja podzemne vode pripisujemo lokalno neurejenem kanalizacijskem omrežju, komunalnim čistilnim napravam in tudi kmetijskim površinam, kjer preko gnojenja vnašamo farmacevtske učinkovine v okolje.

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 predlogi so karbamazepin, sulfametoksazol in primidon. Predlagane mejne vrednosti so zbrane v tabeli 25. Države članice bodo lahko z namenom zaščite občutljivih ekosistemov na podlagi analize pritiskov določile tudi strožje standarde kakovosti.

Tabela 25: Predlagani standardi kakovosti za farmacevtske učinkovine

Parameter	Standard kakovosti (µg/L)
Karbamazepin	2,5
Sulfametoksazol	0,1
Primidon	2,5

Glede na predlagane standarde kakovosti nobeno merilno mesto v letu 2024 ni v slabem stanju.

V vzorcih podzemne vode spremljamo tudi kofein. Poleg uporabe v različnih energetskih napitkih se uporablja tudi kot dodatek k nekaterim zdravilom in hrani. Zaradi tega je kofein prav tako kot farmacevtske učinkovine pokazatelj komunalnega onesnaženja. Vendar pa je kofein v okolju podvržen [razgradnji](#), zato je v okolju prisoten le nekaj mesecev po pojavu v okolju.

V letu 2024 smo prisotnost kofeina potrdili le na dveh merilnih mestih in sicer v obeh vzorcih na merilnem mestu Fužine V-DSO-1/15 na vodnem telesu Savska kotlina in Ljubljansko barje in v jesenskem vzorcu na izviru Bilpa v vodnem telesu Dolenski kras.

Analize spojin iz skupine per- in polifluoroalkilnih snovi (PFAS)

Spojine iz skupine [PFAS](#) so industrijske kemikalije in spadajo 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. Zaradi svojih hidrofobnih in lipofobnih lastnosti so imele v preteklosti širok spekter uporabe. Uporabljali so se v čistilnih izdelkih, v penah za gašenje, kot impregnacijsko sredstvo v številnih izdelkih, kot so preproge, pohištvo, papir, tekstil in usnje. Danes je uporaba močno omejena, uporablja se le tam, kjer niso našli ustrezne zamenjave, npr. v fotografski industriji, v industriji elektronike in polprevodnikov ter v hidravličnih tekočinah v letalih.

V podzemni vodi spojine iz skupine PFAS spremljamo od leta 2018. Sprva smo v vzorcih podzemne vode spremljali le perfluorooktansulfonsko kislino (PFOS), od leta 2020 pa tudi perfluorooktanojsko kislino (PFOA). V letu 2024 se je nabor spojin povečal na 20 z namenom uskladitve z Uredbo o pitni vodi, ki je že uvedla spojine iz skupine PFAS v del ocene stanja pitne vode.

V letu 2024 smo analize spojin PFAS izvedli na 109 merilnih mestih. Vzorčenje in analize smo opravili na vodnih telesih, kjer prevladuje aluvialni vodonosnik z medzrnsko poroznostjo, saj smo iz rezultatov analiz PFOS in PFOA v preteklih letih in pritiskov tu pričakovali večjo prisotnost spojin PFAS kot na vodnih telesih, kjer prevladuje kraški tip vodonosnika s kraško in razpoklinsko poroznostjo. Prisotnost vsaj ene od spojin PFAS smo potrdili na 85 merilnih mestih, kar predstavlja 78% merilnih mest.

V vzorcih smo določili deset različnih spojin PFAS:

- PFOA
- PFOS
- Perfluoroheksanojska kislina (PFHxA)
- Perfluoroheptanojska kislina (PFHpA)
- Perfluoropentanojska kislina (PFPeA)

- Perfluorobutanojska kislina (PFBA)
- Perfluoropentansulfonska kislina (PFPeS)
- Perfluoroheptansulfonska kislina (PFHpS)
- Perfluoroheksansulfonska kislina (PFHxS)
- Perfluorobutansulfonska kislina (PFBS)

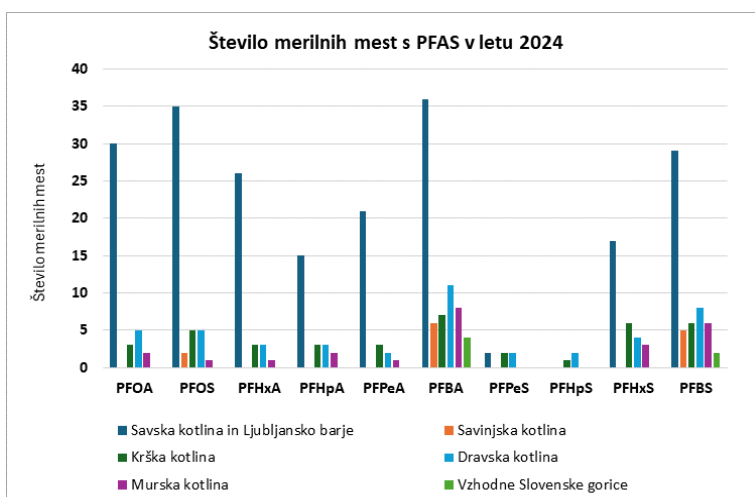
V tabeli 26 je prikazano število merilnih mest po vodnih telesih, kjer smo določili prisotnost spojin PFAS. Za posamezno spojino PFAS je zapisano tudi, na koliko merilnih mestih v vodnem telesu se je spojina pojavila.

Tabela 26: Število merilnih mest po vodnih telesih, kjer smo določili prisotnost posameznih spojin PFAS

Vodno telo podzemne vode	Število vseh MM	Število MM > LOQ*	Procent MM > LOQ*	PFOA	PFOS	PFHxA	PFHpA	PFPeA	PFBA	PFPeS	PFHpS	PFHxS	PFBS
Savska kotlina in Ljubljansko barje	46	41	89,1	30	35	26	15	21	36	2		17	29
Savinjska kotlina	11	9	81,8		2				6				5
Krška kotlina	11	9	81,8	3	5	3	3	3	7	2	1	6	6
Dravska kotlina	25	13	52,0	5	5	3	3	2	11	2	2	4	8
Murska kotlina	12	9	75,0	2	1	1	2	1	8			3	6
Vzhodne Slovenske gorice	4	4	100,0						4				2
SKUPAJ	109	85	78,0	40	48	33	23	27	72	6	3	30	56

Legenda: MM: merilno mesto, *: število in procent merilnih mest, kjer smo določili prisotnost PFAS višjo od meje določljivosti (LOQ)

Rezultati monitoringa so pokazali, da so spojine PFAS vsesplošno prisotne na merilnih mestih v vodnih telesih, kjer prevladuje aluvialni tip vodonosnika (Grafikon 9). Prisotnost smo zaznali na 78% merilnih mest, na nekaterih vodnih telesih je obremenjenost merilnih mest tudi preko 80%. Najpogosteje smo v vzorcih določili PFBA, PFBS in PFOS. Kljub temu, da so spojine PFAS v okolju zelo obstojne, v okolju zelo počasi vseeno razpadajo. PFBA in PFBS sta prepoznana tudi kot razpadna produkta spojin PFAS. Zato veliko število merilnih mest, kjer se pojavljata prav PFBA in PFBS kaže tudi na staro breme s spojinami PFAS. V tabeli 27 je prikazano 25 najvišjih vsebnosti spojin PFAS, ki smo jih določili v letu 2024.



Grafikon 9: Število merilnih mest s prisotnostjo PFAS po vodnih telesih v letu 2024

Tabela 27: Najvišje vsebnosti PFAS v letu 2024

Vodno telo	Merilno mesto	Parameter	Datum	Rezultat (µg/L)
Krška kotlina	Sp. Stari grad NE-1177	PFOS	27.05.2024	0,180
Krška kotlina	Sp. Stari grad NE-1177	PFOS	26.09.2024	0,120
Krška kotlina	Sp. Stari grad NE-1177	PFHxS	26.09.2024	0,043
Vzhodne Slovenske gorice	Spodnji Ivanci	PFBA	22.05.2024	0,035
Krška kotlina	Sp. Stari grad NE-1177	PFHxS	27.05.2024	0,034
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Moste Most-1/18	PFOS	22.10.2024	0,028
Dravska kotlina	Starše Sta-1/11	PFOS	10.10.2024	0,025
Krška kotlina	Sp. Stari grad NE-1177	PFPeA	26.09.2024	0,023
Krška kotlina	Sp. Stari grad NE-1177	PFHxA	26.09.2024	0,022
Dravska kotlina	Starše Sta-1/11	PFOS	10.06.2024	0,020
Krška kotlina	Sp. Stari grad NE-1177	PFHxA	27.05.2024	0,018
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Moste Most-1/18	PFOS	19.06.2024	0,017
Vzhodne Slovenske gorice	Žihlava Žih 2/04	PFBA	23.05.2024	0,017
Dravska kotlina	Starše Sta-1/11	PFHxS	10.10.2024	0,015
Dravska kotlina	Starše Sta-1/11	PFHxS	10.06.2024	0,014
Vzhodne Slovenske gorice	Rajšpov izvir v Lokavcu	PFBA	21.05.2024	0,013
Murska kotlina	Krog	PFBA	22.05.2024	0,013
Dravska kotlina	Prepolje, P-1	PFHxS	11.06.2024	0,013
Dravska kotlina	Prepolje, P-1	PFHxS	14.10.2024	0,013
Vzhodne Slovenske gorice	Rajšpov izvir v Lokavcu	PFBS	24.09.2024	0,013
Dravska kotlina	Rače Rač-1/11	PFBS	10.10.2024	0,013
Dravska kotlina	Prepolje, P-1	PFOS	14.10.2024	0,011
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Moste Most-1/18	PFHxS	19.06.2024	0,011
Dravska kotlina	Rače Rač-1/11	PFBS	10.06.2024	0,011
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Moste Most-1/18	PFHxS	22.10.2024	0,010

Izstopa merilno mesto Sp. Stari grad na Krški kotlini, kjer že od leta 2018 opažamo najvišje vsebnosti PFOS, z razširitvijo nabora pa se je pokazalo, da so na tem merilnem mestu prisotne tudi druge spojine PFAS. Merilno mesto Sp. Stari grad leži dolvodno od Nuklearne elektrarne Krško, vendar neposrednega vpliva Nuklearne elektrarne Krško na povišane vsebnosti PFAS v vzorcih ne moremo potrditi.

Ob spremembi Vodne direktive, Direktive o varstvu podzemne vode pred onesnaževanjem in poslabšanjem ter Direktive o okoljskih standardih kakovosti na področju vodne politike se bo razširil nabor parametrov, ki bodo vključeni v oceno kemijskega stanja podzemne vode. V nabor parametrov se bodo vključile tudi spojine PFAS (tabela 28).

Tabela 28: Predlagane mejne vrednosti za spojine PFAS

Parameter	Predlagan standard kakovosti (µg/L)
Vsota PFAS	0,1*
Vsota 4 PFAS (PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS)	0,0044

Legenda: *: povzeto po Direktivi o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi, vsota 20 PFAS spojin iz priloge 3, točka 2

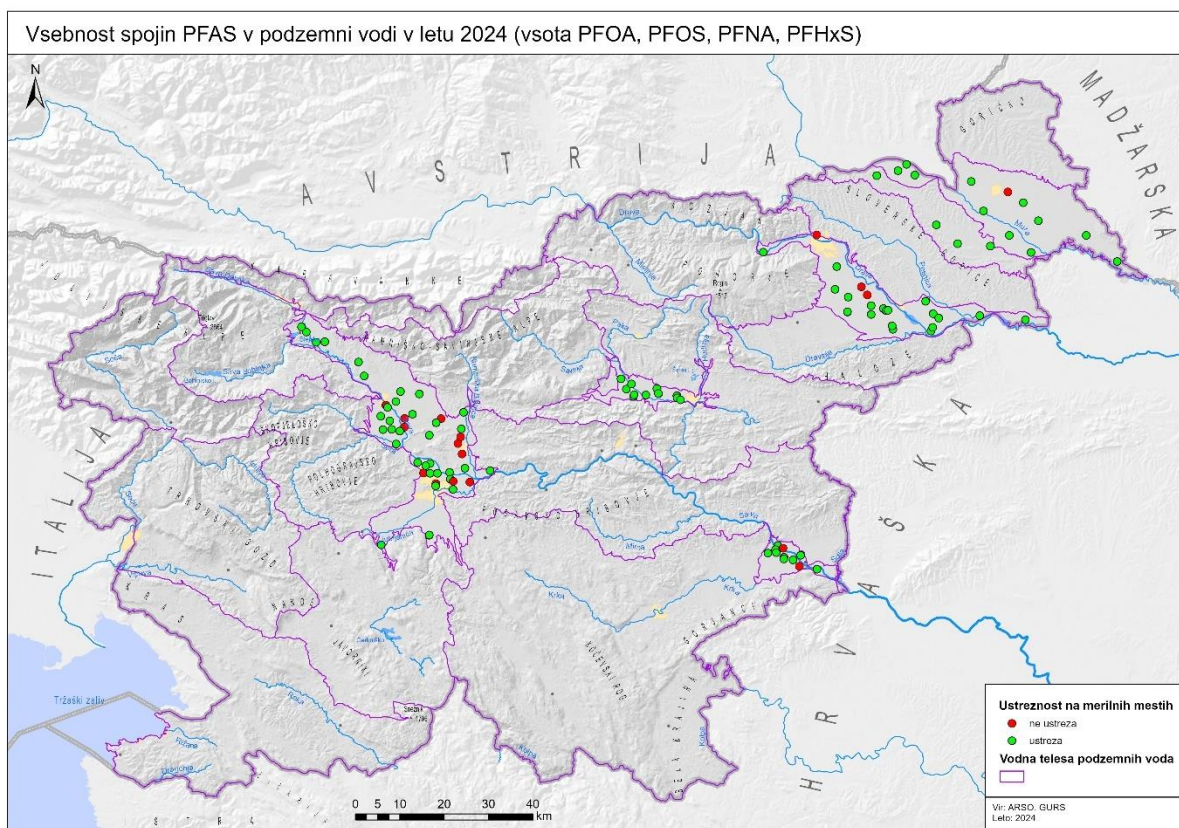
V tabeli 29 so prikazana merilna mesta, kjer so bili v letu 2024 preseženi predlagani standardi kakovosti.

Tabela 29: Merilna mesta in vsebnosti PFAS, ki presegajo predlagani standard kakovosti

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Vsota PFAS (µg/L)	Vsota 4 PFAS (µg/L)
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Moste Most-1/18		0,0339
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Dragočajna D-0185		0,0155
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Trboje Trb-1/13		0,0143
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Iskra Kranj 0391		0,0053
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Domžale, C-4		0,0077
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Domžale Dom-1/14		0,0071

Vodno telo podzemne vode	Merilno mesto	Vsota PFAS (µg/L)	Vsota 4 PFAS (µg/L)
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Mengeš Men-1/14		0,0094
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Mercator De-2		0,0094
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Vojkova Voj-1/14		0,0066
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Hrastje (I a) 0344		0,0094
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Koteks-Zalog 0371		0,0067
Krška kotlina	Sp. Stari grad NE-1177	0,25	0,1924
Krška kotlina	Krška vas Kvas - 1/15		0,0050
Dravska kotlina	Vrbanski plato 16		0,0061
Dravska kotlina	Prepolje, P-1		0,0239
Dravska kotlina	Starše Sta-1/11		0,0376
Murska kotlina	Rakičan (Ra-1/09)		0,0048

Standard kakovosti, povzet po Uredbi o pitni vodi je bil presežen le na enem merilnem mestu. Strožji standard, ki vključuje vsoto štirih spojin PFAS pa je bil presežen na 17 merilnih mestih od tega 11 na vodnem telesu Savska kotlina in Ljubljansko barje. Preseganja vsebnosti štirih PFAS spojin je prikazana na karti 4.



Karta 4: Preseganje vsebnosti 4 PFAS (PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS) spojin

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 letih so preseganja standarda kakovosti redka, v letu 2024 smo preseganja ugotovili v sedmih merilnih mestih.

Glede na upadanje vsebnosti pesticidov v podzemni vodi v zadnjih letih na evropskem nivoju več pozornost posvečajo 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 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.

V letu 2021 smo v program monitoringa podzemne vode prvič uvrstili metabolit metolaklor in sicer metolaklor-ESA (Metolachlor **E**thane **S**ulfonic **A**cid), v letu 2024 pa tudi metolaklor-OXA (Metolachlor **O**Xanilic **A**cid). Metolaklor je mešanica dveh stereoizomer (S in R). R izomera je praktično neaktivna, zato v fazi proizvodnje poskušajo doseči čim večjo vsebnost S izomere. V metolakloru se tako nahaja 80-100 % S in 0-20 % R izomere. Glede na to, da je aktivna le S izomera pogosto metolaklor označujejo po aktivni substanci kot S-metolaklor.

Metolaklor ESA in OXA smo v letu 2024 analizirali na naslednjih vodnih telesih:

- Savska kotlina in Ljubljansko barje
- Savinjska kotlina
- Krška kotlina
- Posavsko hribovje do osrednje Sotle
- Spodnji del Savinje do Sotle
- Dolenjski kras
- Dravska kotlina
- Murska kotlina
- Vzhodne Slovenske gorice

Kriterij za uvrstitev merilnih mest v program spremljanja vsebnosti metolaklor-ESA je bilo pojavljanje metolaklor in metolaklor-ESA ter ostalih pesticidov na merilnem mestu v preteklosti. Analize smo izvajali v spomladanskem in jesenskem vzorčenju.

V decembru 2023 je Evropska komisija z [Izvedbeno uredbo](#) o neobnovitvi odobritve aktivne snovi S-metolaklor državam članicam naložila, da prekličejo registracijo fitofarmacevtskih sredstev, ki vsebujejo S-metolaklor, kar so morale storiti do 15. novembra 2024. S tem je uporaba S-metolaklor na področju evropske unije prepovedana.

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. Aktivna snov S-metolaklor je trenutno še v zaključni fazi revizije na Evropski agenciji za varnost hrane (EFSA) oziroma na Evropski Komisiji. Na podlagi osnutka ocene in [RAC mnenja](#) lahko upravičeno pričakujemo, da bo predlagana razvrstitev za S-metolaklor potrjena. S tem bodo tudi metaboliti metolaklor razglašeni za relevantne in bo zanje veljal standard kakovosti 0,1µg/L. Vendar razvrstitev v skupino rakotvornih substanc za [S-metolaklor](#) še ni uradno potrjena. V nadaljevanju poglavja smo rezultate ovrednotili po previdnostnem načelu, ki upošteva, da so metaboliti metolaklor relevantni.

V tabeli 30 so prikazana vodna telesa podzemne vode, merilna mesta in vodonosni sistemi, na katerih smo v letu 2024 določili prisotnost metolaklor-ESA in OXA.

Tabela 30: Merilna mesta, kjer je bil presežen standard kakovosti za metolaklor OXA in ESA

Vodno telo podzemne vode	Vodonosni sistem	Merilno mesto	OXA (µg/L)	ESA (µg/L)
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Kranjsko polje	Voglje Vog-1/14		0,55
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Kranjsko polje	Moste Most-1/18		0,19
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Sorško polje	Žabnica 0590		0,62
Savska kotlina in Ljubljansko barje	Sorško polje	Godešič SOV-5174		0,13
Dravska kotlina	Dravsko polje	Prepolje, P-1	0,12	0,14
Dravska kotlina	Dravsko polje	Podova Pod-1/11		0,34
Dravska kotlina	Dravsko polje	Šikole		0,41
Dravska kotlina	Dravsko polje	Spodnja Hajdina SHaj-1/14		0,12
Dravska kotlina	Ptujsko polje	Sobetinci Sob-1/14		0,24
Dravska kotlina	Ptujsko polje	Zagojiči ZP-3/01		0,14
Murska kotlina	Apaško polje	Žepovci Žep-2/11		0,18
Murska kotlina	Apaško polje	Mali Segovci MSeg-1/14		0,90
Murska kotlina	Dolinsko Ravensko	Rakičan (Ra-1/09)		0,22
Murska kotlina	Dolinsko Ravensko	Gančani Gan-1/14		0,37
Murska kotlina	Dolinsko Ravensko	Odranci (Od-1/09)		0,19
Murska kotlina	Dolinsko Ravensko	Benica Ben-1/14		0,28
Murska kotlina	Mursko - Ljutomersko polje	Veščica (Ve-1/09)	0,74	1,76
Vzhodne Slovenske gorice	Slovenske gorice - severni in vzhodni del	Rajšpov izvir v Lokavcu		0,20
Vzhodne Slovenske gorice	Slovenske gorice - severni in vzhodni del	Lukavci V3		0,61

Povprečna letna vsebnost metolaklor ESA je presegala standard kakovosti na 19 merilnih mestih, metolaklor OXA pa na dveh. Ker se metolaklor uporablja prvenstveno na njivskih površinah je v tabeli 31 podana informacija o procentih njivskih površin na vodonosnih sistemih, kjer ugotavljamo preseganja.

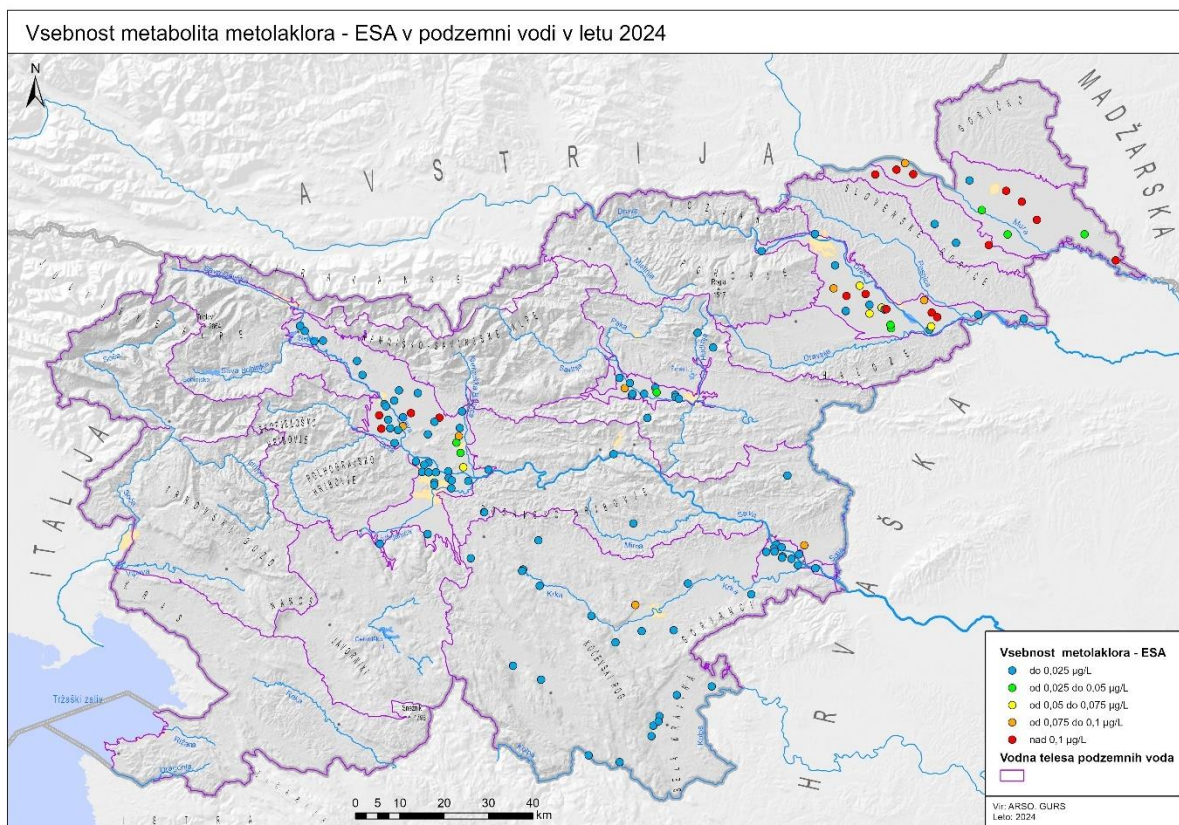
Tabela 31: Vodonosni sistemi in delež njivskih površin

Vodonosni sistem	Delež njiv (%)*
Kranjsko polje	35,3
Sorško polje	35,2
Dravsko polje	43,8
Ptujsko polje	61,2
Apaško polje	62,3
Dolinsko Ravensko	56,4
Mursko - Ljutomersko polje	58,6
Slovenske gorice - severni in vzhodni del	31,9

Legenda: *: Vir: [MKGP Grafični podatki RABA za celo Slovenijo 2024](#)

Rezultati spremljanja metabolita metolaklor-ESA so pokazali, da je največ merilnih mest s preseganji na vodonosnih sistemih, kjer je tudi zelo visok delež njivskih površin. Najvišje vsebnosti smo določili na Murski in Dravski kotlini, kjer je tudi največ merilnih mest s preseganji. Prisotnost metolaklor-ESA je visoka tudi v Savski kotlini in Ljubljansko barje (Kranjsko in Sorško polje), kjer prevladuje višji delež njivskih površin.

Na karti 5 je prikazana povprečna letna vsebnost metolaklor-ESA v letu 2024.



Karta 5: Povprečna letna vsebnost metolaklora – ESA v letu 2024

V letu 2024 smo prvič v program uvrstili tudi 11 metabolitov pesticidov, ki so bili v Sloveniji prepoznani kot potencialno problematični. Seznam metabolitov smo pripravili v sodelovanju z Upravo za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin, Nacionalnim inštitutom za javno zdravje (NIJZ) in Inštitutom za hmeljarstvo. Metaboliti so bili opredeljeni kot toksikološko relevantni, v program pa smo jih uvrstili na osmih vodnih telesih:

- Savska kotlina in Ljubljansko barje
- Savinjska kotlina
- Krška kotlina
- Posavsko hribovje do osrednje Sotle
- Spodnji del Savinje do Sotle
- Dravska kotlina
- Murska kotlina
- Vzhodne Slovenske gorice

Osnovna spojina/pesticid in metabolit so podani v tabeli 32.

Tabela 32: Osnovna spojina in metabolit

Pesticid	Metabolit
Terbutilazin	2-hidroksi-desetil terbutilazin
Terbutilazin	2-hidroksi-terbutilazin
Mankozeb	ETU
Tebukonazol	1,2,4-triazol
Mezotrion	MNBA
Mezotrion	AMBA

Pesticid	Metabolit
Fenpropimorf	Fenpropimorf kislina
Klorotalonil	Klorotalonil sulfonska kislina
Metalaksil-M	CGA 62826
Tiakloprid	Tiakloprid - amid
Klorpirifos	3,5,6-trikloro-2-piridonol - TCP

Vzorčenje smo izvedli v obeh zajemih, v vzorcih podzemne vode pa prisotnosti metabolitov nismo potrdili. Z analizami bomo v naslednjih letih še nadaljevali, saj na podlagi rezultatov samo enega leta ne moremo z gotovostjo izključiti prisotnosti metabolitov v podzemni vodi.

VIRI

1. Direktiva Sveta 91/676/EGS z dne 12. decembra 1991 o varstvu voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijskih virov
2. Direktiva Sveta 98/83/ES z dne 3. novembra 1998 o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi (Direktiva EU o pitni vodi)
3. Direktiva 2000/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike
4. 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)
5. 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)
6. Direktiva o varstvu podzemne vode pred onesnaženjem in poslabšanjem 2006/118/ES
7. 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
8. Uredba o stanju površinskih voda (Uradni list RS, št. 14/09, 98/10, 96/13, 24/16 in 44/22 – ZVO-2)
9. Uredba o stanju podzemnih voda (Uradni list RS, št. 25/09, 68/12, 66/16 in 44/22 – ZVO-2)
10. Uredba o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov (Uradni list RS, št. 113/09, 5/13, 22/15, 12/17 in 44/22 – ZVO-2)
11. Uredba o pitni vodi (Uradni list RS, št. 61/23)
12. Pravilnik o določitvi vodnih teles podzemnih voda (Uradni list RS, št. 63/05 in 8/18)
13. Pravilnik o monitoringu podzemnih voda (Uradni list RS, št. 31/09 in 44/22 – ZVO-2)
14. Program monitoringa stanja voda za obdobje 2016 – 2021
15. Hidrogeološke razmere na Dravskem polju, L. Žlebnik, Geologija 25/1, 1982, Ljubljana
16. Movement and aquifer contamination potential of atrazine and inorganic chemicals in central Kansas croplands, M. Sophocleous et.al., Ground Water Series 12, Kansas Geological Survey, 1990
17. Šimenkovo brezno, M. Brenčič et.al., Naše jame 41, Glasilo jamarske zveze Slovenije, 1999, Ljubljana
18. Nacionalna baza hidrogeoloških podatkov za opredelitev teles podzemne vode RS, Geološki zavod Slovenije 2005 in 2006
19. Final proposal for a methodology to set up groundwater threshold values in Europe, Deliverable D18, BRIDGE project, D. Müller et.al., 2006
20. Ocena prispevnih zaledij izbranih kraških izvirov, M. Petrič, ZRC SAZU, Inštitut za raziskovanje krasa, Postojna, september 2007
21. Ocena prispevnih zaledij izbranih kraških izvirov, N. Trišić et. al., interno poročilo Agencija RS za okolje, Ljubljana, februar 2008

22. 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
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. Pliocenski vodonosnik Dravskega polja, M. Klasinc, Diplomsko delo, NTF, Ljubljana, maj 2013
25. Odstranjevanje atrazina iz pitne vode z vlakni iz aktivnega oglja, Magistrsko delo, M. Jeremić, 2016, Maribor
26. [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
27. [Razširjenost pesticidov v vodonosniku Dravskega polja, A. Koroša, Geologija 62/2, 2019, Ljubljana](#)
28. Nitrogen Mass Balance and Pressure Impact Model Applied to an Urban Aquifer. M. Janža, et.al., 2020, Water; 12.
29. Zaključno poročilo projekta: Raziskave za opredelitev in preprečevanje obremenjevanja vodozbirnega zaledja Jelševniščice in Otovca, s posebnim ozirom na habitat črne človeške ribice (HaČloRi), ZRC SAZU, 2021-2024, Univerza v Ljubljani, Geološki zavod Slovenije, št. projekta: V1-2139, 2024, Ljubljana
30. Novodobna onesnaževala v vodah Ljubljanske kotline, M. Brenčič, et.al., projekt boDEREC-CE, 2022, Ljubljana
31. Poročilo o kakovosti pitne vode na javnih vodovodih ter odvajanju in čiščenju odpadnih voda v mestni občini Krško in občini Kostanjevica na Krki v letu 2021, Kostak, marec 2022, Krško
32. Poročilo Inštituta za vode Republike Slovenije, Analiza mikroplastike na izviru Zelenci in njegovih pritokih v letu 2023, Ljubljana, november 2023
33. Ugotavljanje izvora in razširjanja onesnaženja s tetrakloroetenom v vodarni Hrastje s pomočjo dinamičnega modela, Končno poročilo, M. Janža, et.al., maj 2024, Ljubljana
34. ARSO 2021-2025: Kazalci okolja (KM25, PP13, PP14, PP-15)
35. ARSO, 2024: Meteorološki, hidrološki in hidrogeološki podatki ter meritve koncentracije
36. Podatki JP VOKA SNAGA, januar 2024-maj 2025 (vsebnosti tetrakloroetena v vrtnah in vodnjakih)
37. [Atrazine](#) (Ref: G-30027): Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire
38. [Atrazine](#): PUBchem, NIH – National Library of Medicine, National Center for Biotechnology Information, An official website of the United States government
39. [Desethylatrazine](#) (Ref: G-30033): Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire
40. Kmetijski Inštitut Slovenije: [Mineralne oblike dušika](#)
41. [Nitrate the Element: NAU-Northern Arizona University](#)