

[illegible]

UNIVERZA V LJUBLJANI
Naravoslovnotehniška fakulteta

Vsebina

- Izhodišča
- Definicija novodobnih onesnaževal
- Klasifikacija novodobnih onesnaževal
- Mehanizmi sproščanja novodobnih onesnaževal
- Zakonodaja
- Primer raziskav
- Upravljanje z novodobnimi onesnaževali
- Rešitve in ukrepi
- Izzivi, problemi in dileme



Izhodišča

Sodobni izzivi pri zaščiti **pitne vode** pred **novodobnimi onesnaževali**

Pitna voda v Sloveniji:

→ podzemna voda ~97 %
(vodonosniki, izviri, zajetja)

→ površinska voda ~ 3 %
(reke, jezera, potoki)

→ Pojem vključuje zelo veliko različnih skupin onesnaževal, ki najpogosteje vključujejo kemijske snovi, v nekaterih primerih pa tudi delce (na primer mikroplastiko) in celo mikroorganizme

→ širok nabor definicij

Definicija novodobnih onesnaževal

Dvodelna definicija (2005) v okviru evropskega projekta NORMAN (Network of reference laboratories, research centres and related organizations for monitoring of emerging environmental substances) ločuje:

→ **kontaminante** - vsaka snov, ki se pojavi tam, kjer je ne pričakujemo. Lahko je neškodljiva, a njena prisotnost je neželena.

→ **polutante** - je kontaminant z dokazano škodljivim učinkom; na ljudi, živali ali ekosisteme.

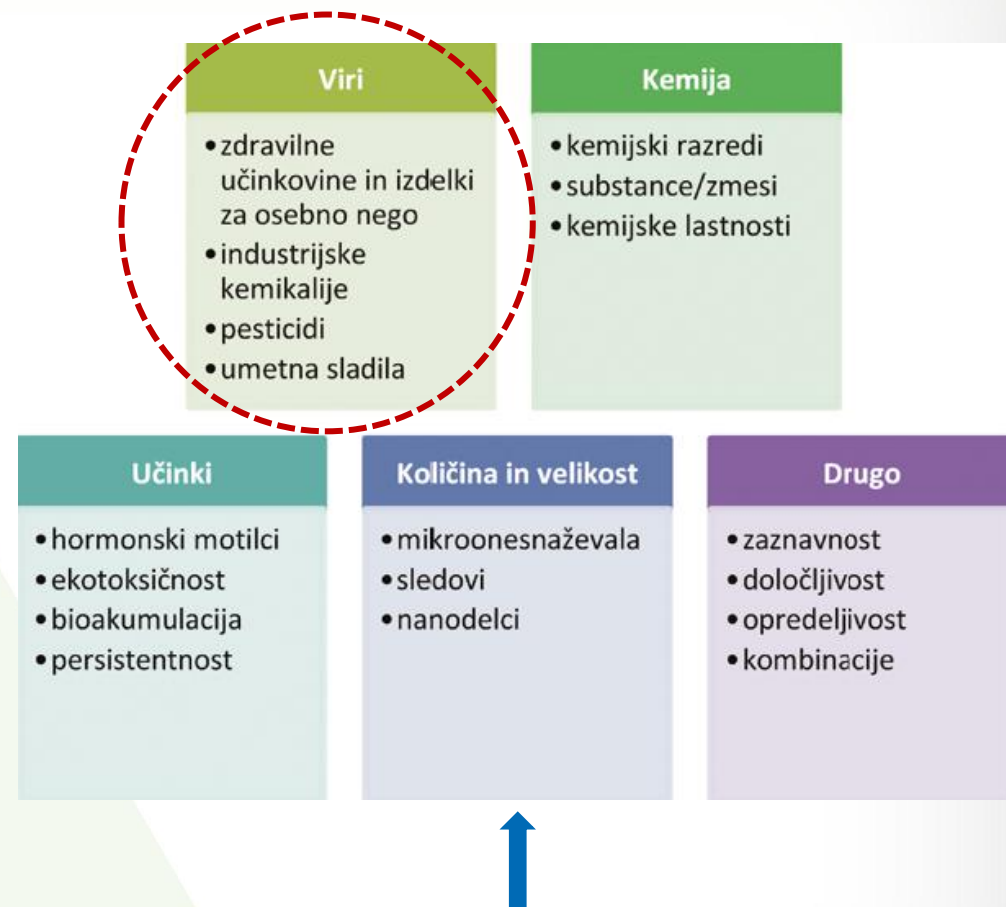
Porajajoče se snovi opredelimo kot snovi, ki so bile zaznane v okolju, vendar trenutno niso vključene v programe monitoringov na ravni Evropske unije, in katerih usoda, obnašanje in (eko)toksikološki učinki niso dobro znani.

Porajajoča se onesnaževala (polutante) opredelimo kot onesnaževala (polutante), ki trenutno niso vključena v tekoče programe monitoringov na ravni Evropske unije in so potencialni kandidati za bodočo vključitev v zakonodajo; odvisno od rezultatov prihodnjih raziskav o njihovi (eko)toksikologiji in potencialnih zdravstvenih vplivih, njihovega javnega dojemanja ter pojavljanja v različnih delih okolja glede na rezultate monitoringa.



Skupine novodobnih onesnaževal

- Enotne in enoznačne razdelitve novodobnih onesnaževal v literaturi ni
- Klasifikacije so raznolike → povezano je z zelo široko opredelitvijo novodobnih onesnaževal, ki jih ni mogoče definirati zgolj na podlagi fizikalno-kemijskih lastnosti

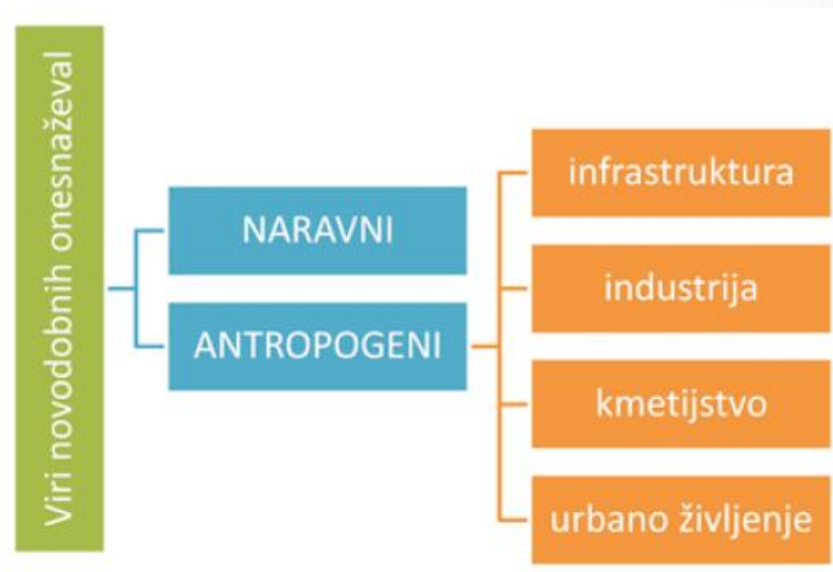


Prikaz uporabe različnih klasifikacij novodobnih onesnaževal

Klasifikacija novodobnih onesnaževal

Glavne skupine novodobnih onesnaževal glede na izvor:

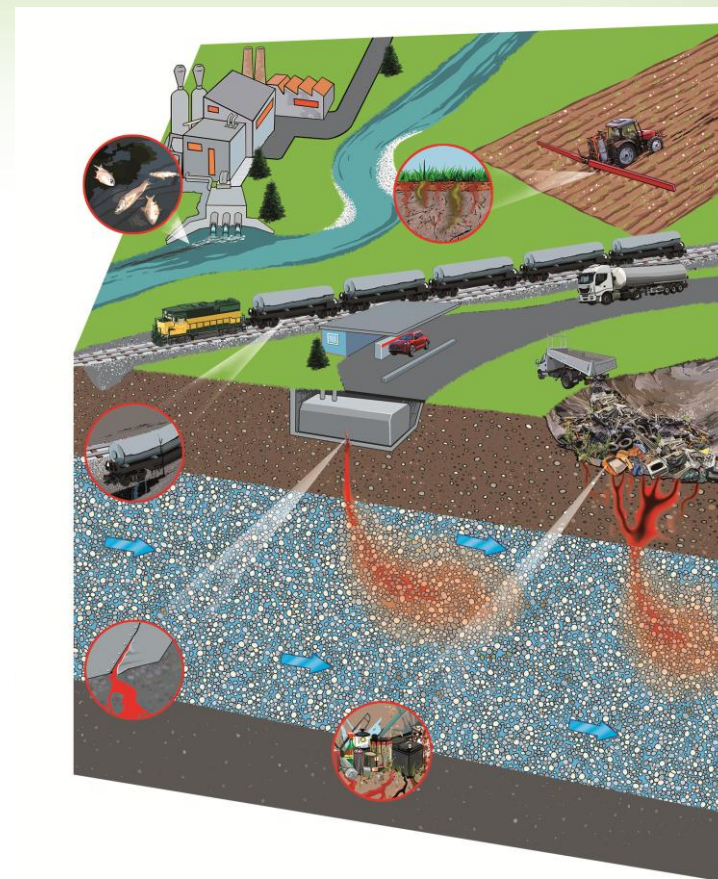
- industrijske kemikalije,
- zdravilne učinkovine,
- sredstva za osebno nego,
- pesticidi in
- umetna sladila.



Shematski prikaz izvora novodobnih onesnaževal

Industrijske kemikalije

- Uporaba pri vzdrževanju in obratovanju infrastrukture v urbanih okoljih in dejavnostih, kmetijstvu in pridelavi hrane.
- Spojitve niso nujno vezane samo na eno uporabo, zato se lahko v vodnem okolju znajdejo posredno, prek različnih dejavnosti.
- Industrijske kemikalije vključujejo: živo srebro, kromate, detergente, klorirana topila, plastifikatorje, dezinfekcijska sredstva, policiklične aromatske spojine, zaviralce korozije, dodatke gorivom, surfaktante sredstva za zmanjševanje površinske napetosti, perfluorirane kemikalije, zaviralce gorenja ter vmesne produkte pri sintezi glavnih proizvodnih spojin v kemijski industriji.



Prikaz porazdelitve onesnaževal in njihovih poti v prostoru.

PFAS - Per- in polifluoroalkilne snovi

- velika skupina kemičnih snovi (ustvaril človek) in vključujejo več kot 4.700 kemikalij
- lahko prehajajo skozi zemljo in pronicajo v podzemno vodo ali se prenašajo po zraku in potujejo daleč od krajev, kjer so bile prvotno izpuščene v okolje
- vsebujejo ogljik-fluorove vezi, ene najmočnejših v organski kemiji, zaradi česar so izjemno obstojne v okolju in se težko razgradijo – **večna onesnaževala** (forever chemicals)
- bioakumulacija → kopičijo v organizmih višjega reda, kot je npr. človek
- čiščenje onesnaženih območij je tehnično težko in drago
- uporaba: izdelava predmetov splošne uporabe, ki so odpornejši na madeže, maščobo in vodo, pri proizvodnji materialov za preprečevanje prijemanja hrane na kuhinjsko posodo (teflon ali PTFE), izdelavo sedežnih garnitur in preprog, nepremočljivih oblačil in vzmetnic, odpornih na madeže, v nekaterih kozmetičnih izdelkih, pri proizvodnji nekaterih materialov za živila in v nekaterih penah za gašenje požarov. Ker pomagajo zmanjša trenje, se uporabljajo tudi v različnih drugih panogah, vključno z avtomobilsko in gradbeno industrijo ter v materialih za elektroniko (vir: NIJZ)



Zdravilne učinkovine

- velika in pestra skupina spojin, ki so v vodi dobro topne, vendar se zaradi narave uporabe pojavljajo v zelo nizkih koncentracijah
- Razdelimo jih v naslednje podskupine:
 - protimikrobne učinkovine (na primer antiseptiki, antibiotiki),
 - analgetiki in nesteroidni antirevmatiki,
 - sintezni in naravni hormoni,
 - antihipertenzivi,
 - kardiovaskularne učinkovine (diuretiki, angiotenzinski antagonisti, statini, beta blokator-ji),
 - zdravilne učinkovine za centralni živčni sistem (antidepresivi, stimulansi, antiepileptiki, močni analgetiki),
 - učinkovine proti sladkorni bolezni,
 - radiološka kontrastna sredstva
 - pojavljanje nelegalnih drog in drugih podobnih substanc (heroin, kokain, amfetamin, MDMA, kanabis)

Viri vnosa so človeška in veterinarska uporaba zdravil:

- Izločanje iz telesa – odpadne vode
- Bolnišnice in farmacevtska industrija – odpadne vode
- Komunalne čistilne naprave
- Veterinarska uporaba – gnojevka in izcedne vode
- Nepravilno odlaganje zdravil, npr. stranišče ali smeti

Sredstva za osebno nego

- Uporaba je potencialni vir novodobnih onesnaževal
- Delimo jih v naslednje skupine:
 - UV filtri – sredstva za sončenje,
 - biocidi (npr. repelenti proti insektom, antimikrobne spojine),
 - konzervansi (parabeni),
 - dišave in različni detergenti.

Skupaj z zdravilnimi učinkovinami jih označujemo z angleško kratico **PPCPs** (ang. Pharmaceuticals and Personal Care Products).



Sredstva za osebno nego
kot vir novodobnih
onesnaževal

Pesticidi

- intenzivna uporablja predvsem po drugi svetovni vojni
- z uporabo se je močno izboljšala učinkovitost kmetijske pridelave
- naraščajoča poraba → pričeli zaznavati njihove škodljive posledice za okolje in zdravje ljudi
- med pesticide uvrščamo tako kemijske kot biološke substance, namenjene reguliranju in uničevanju škodljivcev.
- razdelimo jih glede na škodljivca, ki ga želimo z njimi uničiti, najbolj pogosti, ker so ključni za zaščito pridelkov in javno zdravje, so:
 - Herbicidi (plevel),
 - Insekticidi (žuželke, npr. uši, komarji,...),
 - Fungicidi (glive) in
 - rodenticidi (glodavci, npr. miši in podgane – pogosto v urbanih okoljih)

Zaradi široke rabe se nekateri pesticidi uvrščajo tudi v druge skupine, na primer v zdravilne učinkovine ali industrijske kemikalije.

Umetna sladila

- nadomestila za sladkor v prehrani ljudi
- Zelo redko vstopajo v metabolne procese in človeško telo jih izloča → brez spremembe sestave → zato se znajdejo v odpadnih vodah, kjer pa jih obstoječe tehnologije čiščenja praviloma ne odstranijo.
- V humano prehrano so bile te snovi vključene šele pred kratkim, zato so podatki o njihovih zdravstvenih učinkih in vplivih na okolje slabo poznani.
- Dosedanje raziskave kažejo, da gre za zelo rezistentne snovi.
- V to skupino uvrščamo: saharin, ciklamat, acesulfam, aspartam, neotam, alitam, sukralozo in neohesperidin dihidrokalkon

Mehanizmi sproščanja novodobnih onesnaževal

- točkovni oz. ploskovni ali linijski viri
- glede na časovno odvisno sproščanje: trenutni ali stalni viri
- v okolje stopajo prek uporabe, iztokov, izcejanja (na primer iz transportnih cevovodov) ali kot emisije
- v vodnem okolju večinoma pojavljajo nenamenoma
- NO velika skupina snovi z zelo različnimi lastnostmi → z njihovim obnašanjem in potmi v okolju še veliko neznank
- primerljivi z usodo drugih onesnaževal v vodnem okolju
- mediji, ki NO prenašajo v vodno okolje: zrak, voda (na primer površinska in podzemna voda) ter različni geološki mediji, kot so tla (prsti), sedimenti in kamnine
- Poznavanje življenjske poti onesnaževala:
 - Lokacije virov onesnaževal
 - Hitrosti širjenja / zadrževanja
 - Smer širjenja



Prikaz povezanosti kroženja novodobnih onesnaževal v vodnem okolju

Zakonodaja

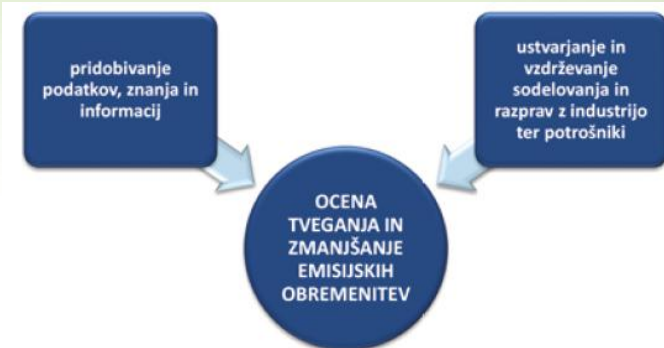
- temelji na okoljski zakonodaji + zakonodaja, ki regulira proizvodnjo, uporabo in varnost kemikalij ter drugih snovi, ki jih proizvaja industrija in druge človekove dejavnosti
- kompleksen in večnivojski zakonodajni sistem, ki se nenehno dopolnjuje in nadgrajuje, a kljub temu pogosto odpira vprašanja, ki jih je zaradi številnih negotovosti težko razrešiti zgolj z zakonodajnimi ukrepi
- Države članice EU imajo usklajeno zakonodajo, saj izhajajo iz skupnih direktiv, ki jih sprejema Evropski parlament in smernic, ki jih podaja Evropska komisija
- Mednarodne smernice za regulacijo novodobnih onesnaževal (Združenih narodov, Organizacije za ekonomsko sodelovanje in razvoj – OECD) ter pobude različnih regionalnih in mednarodnih iniciativ ter tretjih držav.
- uredba REACH (ang. Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) → obravnava kemijske snovi v širšem kontekstu: registracija, evalvacija, avtorizacija in omejevanje kemikalij



Različne ravni sprejemanja pobud zakonodaje, povezane z novodobnimi onesnaževali

Zakonodaja

- Okvirna direktiva o vodah – WFD → krovni pravni dokument (l. 2000) → sledile številne sestrške direktive (na primer Direktiva o podzemnih vodah, Nitratna direktiva, Direktiva o odpadnih vodah, ...)
- Iz WDF sledi → načrt upravljanja z vodami (za posamezna povodja znotraj države, nato pa še za posamezna porečja ali dele povodij).
- usmerjeni k zaščiti vodnih virov in varovanju ter izboljšanju stanja voda.
- V okviru teh mehanizmov obstajajo različni sezname kemikalij, ki jih je treba spremljati v vodnem okolju:
- **sezname prednostnih snovi** in **sezname prednostnih nevarnih snovi** (ang. priority lists) → določajo snovi, ki jih je treba spremljati, njihove koncentracije pa ne smejo presegati mej, določenih v okoljskih standardih. Če pride do preseganja, je treba izvesti ustrezne sanacijske ukrepe.
- **nadzorni sezname** (ang. watch lists) → namen je izvajanje monitoringov, da bi pridobili dovolj podatkov, na podlagi katerih bi lahko sprejeli odločitve o tem, ali je treba te snovi uvrstiti na sezname prednostnih list ter začeti z izvajanjem sanacijskih ukrepov.



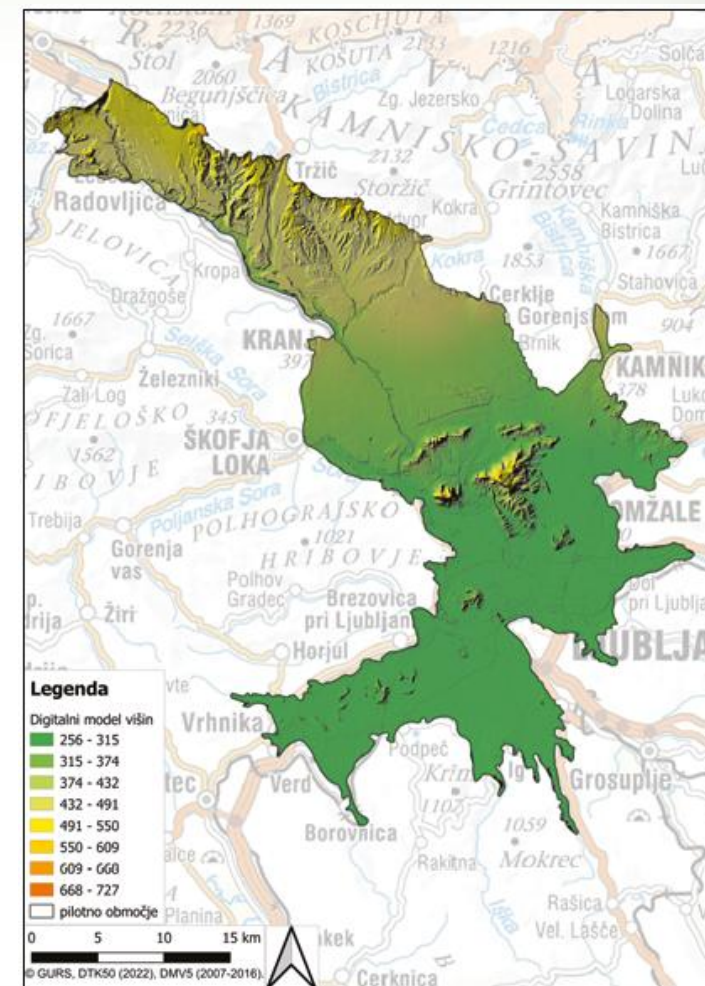
Prikaz politik na področju pridobivanja znanja o novodobnih onesnaževalih

Primer raziskav

Pojavljanja novodobnih onesnaževal v Ljubljanski kotlini

Zakaj Ljubljanska kotlina?

- največja ravnina v Sloveniji – 815 km²
- s svojo centralno lego predstavlja najpomembnejše urbano, gospodarsko in prometno območje
- vključuje 31 občin in 13 mestnih naselij
- na tem prostoru živi približno 40% slovenskega prebivalstva
- za javno oskrbo s pitno vodo se uporablja 37 vodnih zajetij
- na tem območju je zgrajenih 46 komunalnih čistilnih naprav

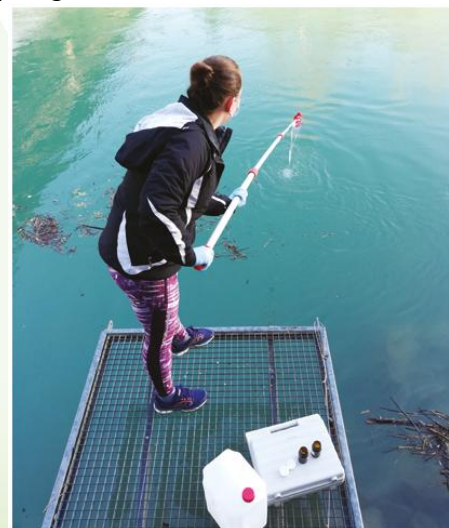
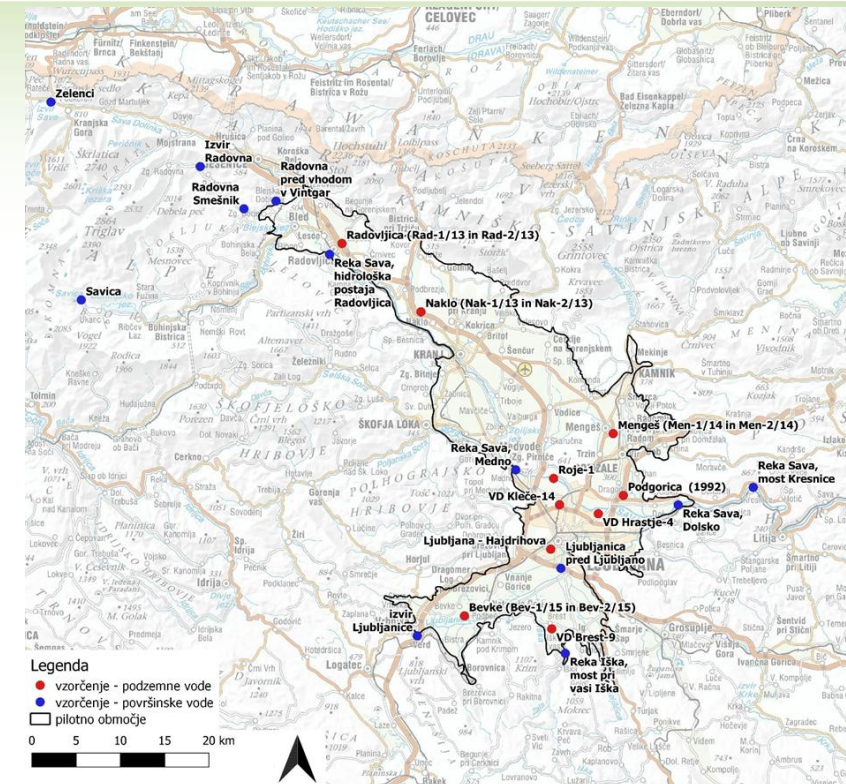


Primer raziskav

Pojavljanja novodobnih onesnaževal v Ljubljanski kotlini

Vzorčenje

- Vzorčenje površinskih in podzemnih vod (2019-2021)
- **Pasivno vzorčenje** z uporabo aktivnega oglja
 - Aktivno oglje je vstavljeno v ovoj iz nerjavečega jekla in z jekleno vrvjo pritrjeno na vzorčnem mestu
 - omogoča kvalitativno določitev prisotnosti posameznih spojin
- **Aktivno vzorčenje** z zajemom vzorca
 - potrebna velika pazljivost
 - oseba ne sme jemati zdravil in kaditi,
 - pred vzorčenjem ne sme použiti snovi, ki jih določamo (npr. kava ali pravi čaj zaradi prisotnosti kofeina)

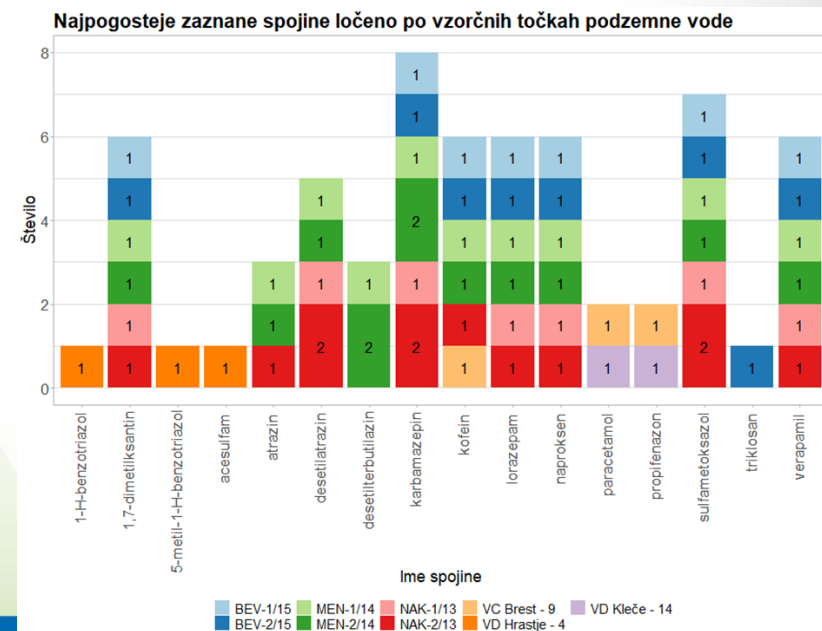
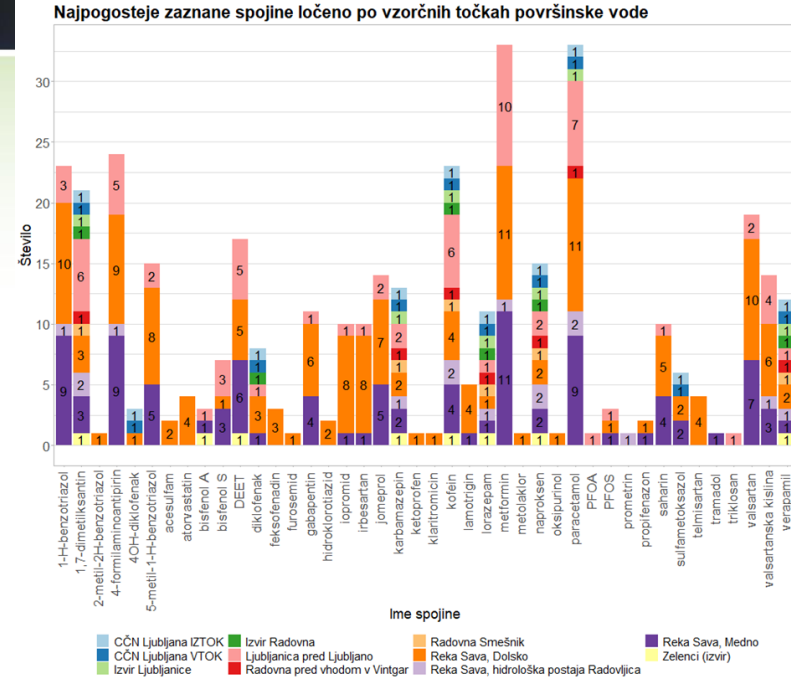


Primer raziskav

Pojavljanja novodobnih onesnaževal v Ljubljanski kotlini

Rezultati

- Najbolj pogoste in najbolj številne so spojine v površinskih vodah - najmanj spojin zaznanih na vzorčnih točkah v severnem delu pilotnega območja, največ pa na vzhodnem delu, v reki Savi na iztoku iz pilotnega območja.
- Površinska voda** – 42 različnih spojin – največkrat zaznana metformin (za zdravljenje sladkorne bolezni) in paracetamol (analgetik).
- V podzemni vodi je v globokih vrtinah zaznanih manj spojin kot v plitvih.
- Podzemna voda** – 16 različnih spojin – največkrat zaznan karbamazepin (antiepileptik).



Primer raziskav

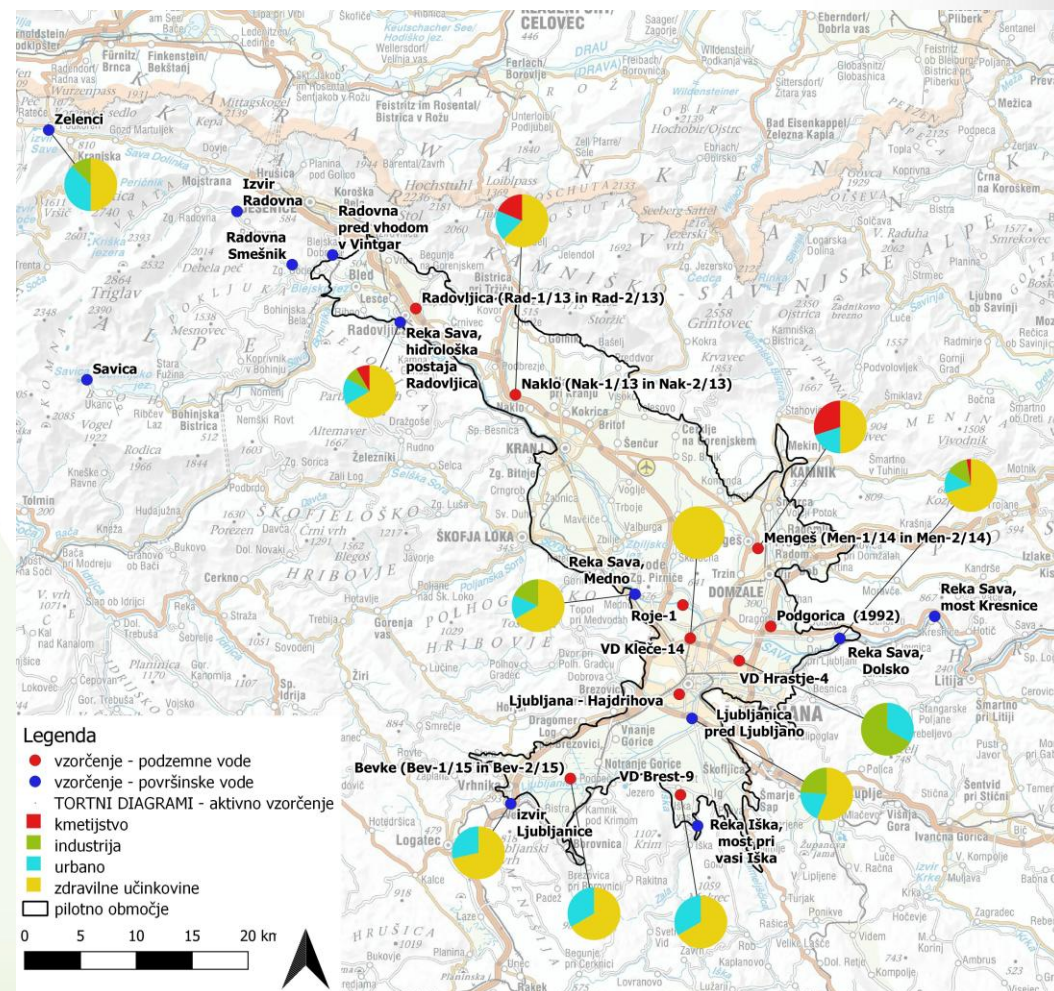
Pojavljanja novodobnih onesnaževal v Ljubljanski kotlini

Rezultati

- Največ zaznanih spojin uvrščenih v kategorijo zdravilne učinkovine, najmanj pa v kategorijo kmetijstvo.

Zaključki

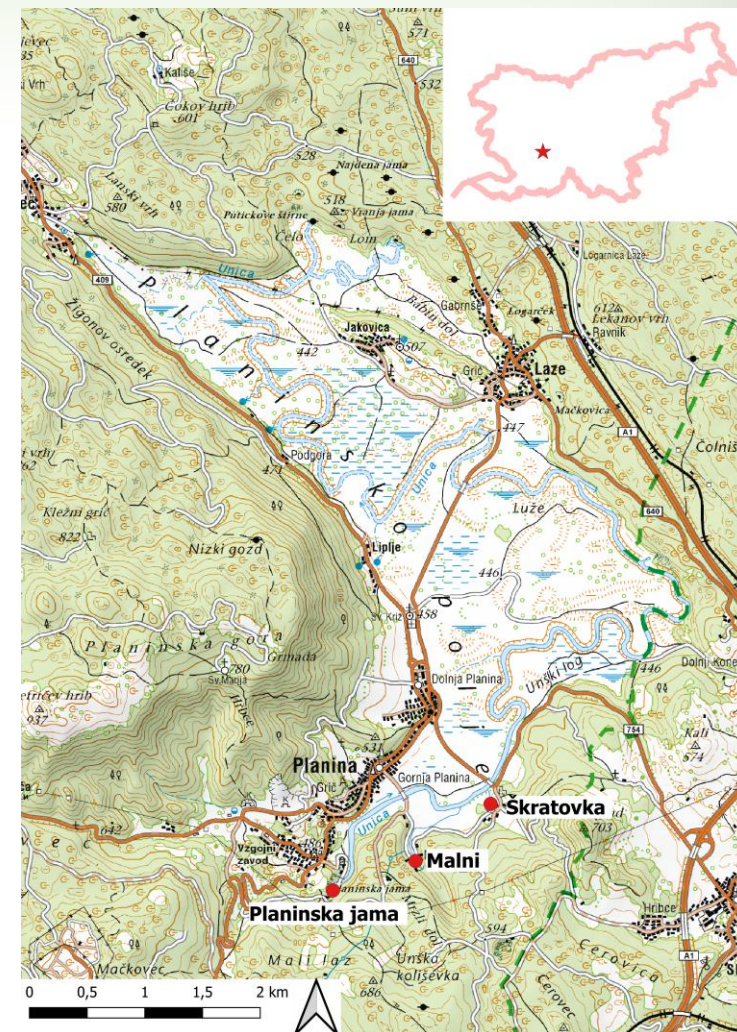
- Širok nabor novodobnih onesnaževal je v relativno nizkih koncentracijah prisoten v površinskih in podzemnih vodnih virih Ljubljanske kotline.
- Najbolj pogoste in najbolj številne so spojine v površinskih vodah.
- V globoki podzemni vodi zaznanih manj spojin kot v plitvi.



Primer raziskav

Pojavljanje mikroplastike v virih pitne vode

- Projekt 01/2024 – 06/2026
- Slovensko pilotno območje: Izvir Malni na Planinskem polju
→ zatrepna dolina na J delu Planinskega polja v JZ delu Slovenije
- v zatrepni dolini Malnov se nahaja več izvirov, najpomembnejši in edini stalni je spodnji izvir, kjer je tudi vodno zajetje Malni, ki s pitno vodo oskrbuje več kot 20.000 prebivalcev



Primer raziskav

Pojavljanje mikroplastike v virih pitne vode

Raziskave (ongoing)

- 9 pilotnih območij
- **vzorčenje** surove vode + obdelane vode
- **analiza**: Eurofins + nacionalni laboratorij (NIB)
- **cilj**: primerjava laboratorijev, usklajena metodologija



- Skupno vzorčenje v Budimpešti, okt. 2024
- 4x vzorčenje v l. 2025



Sito – 20 µm

Primer raziskav

Pojavljanje mikroplastike v virih pitne vode

Cilji raziskave

- pregled dosedanjega znanja o mikroplastiki
- vzorčenje in analitika → izzivi pri metodah vzorčenja in pri samem vzorčenju – ni standardizacije
- največ znanja in raziskav o mikroplastiki je v morju, v podzemni vodi je le-teh zelo malo → s to raziskavo želimo to znanje nadgraditi



14. konferenca
komunalnega
gospodarstva

Interreg
Danube Region
MicroDrink

Co-funded by
the European Union



NTF

UNIVERZA V LJUBLJANI
Naravoslovnotehniška fakulteta

Upravljanje z onesnaževali

- aktivnosti s katerimi zmanjšujemo ali preprečujemo vplive dejanskih onesnaževal na okolje ali vstop potencialnih onesnaževal v okolje.
- Med aktivnosti sodijo različne **politike** (ang. Policy) odnosa do onesnaževal, **vladovanje** (ang. Governance) na področju onesnaževal, **pravna regulacija** onesnaževal in **gospodarjenje** z onesnaževali ter ukrepi, s katerimi želimo zmanjšati prisotnost, posledice in vplive dejanskih onesnaževal v okolju.



Vse aktivnosti so prepletene in jih ni mogoče ločiti.



Odnos med aktivnostmi in ukrepi pri upravljanju z onesnaževali.

Upravljanje z onesnaževali

Rešitve in ukrepe ločimo na:

- **Pasivne ukrepe** → vplivamo na krog onesnaževala, brez neposrednega posega v vodni krog ali njegove komponente: strategije, področna zakonodaja, monitoringe, raziskave in razvoj, omejevanje onesnaževal na viru in druge aktivnosti (npr. izobraževanje in ozaveščanje).
- **Aktivne ukrepe** → z inženirskimi postopki aktivni poseg v vodni krog, da bi zmanjšali koncentracije ali povsem odstranili pojavljajoča se onesnaževala
- Razmerje med pasivnimi in aktivnimi ukrepi je pogosto povezano z **oceno tveganj**, ki jih posamezna onesnaževala pomenijo za vodne organizme in človeka.
- Sredstva in viri so omejeni → najprej se rešuje tiste probleme, ki pomenijo visoko tveganje

Izzivi, problemi in dileme

- Kaj pomeni pojavljanje novodobnih onesnaževal v vodnem okolju, ali je škodljivo?
- Kaj moramo storiti, da bomo njihovo nadaljnje pojavljanje preprečili ali celo dosegli, da v okolju ne bodo več prisotna?
- Pomanjkanje podatkov: monitoring je pogosto omejen na nekaj lokacij in snovi, kar otežuje oceno tveganja.
- Podnebne spremembe: spremenjeni vodni režimi, suše in poplave vplivajo na razredčenje in koncentracijo onesnaževal.



Izzivi, problemi in dileme

- Sodobnega življenja si ne moremo predstavljati brez uporabe številnih snovi – spojin, kemikalij in raznovrstnih materialov - odvisnost od kemikalij ustvarja začaran krog njihovega trajnega vnosa v okolje.
- Strožji regulativni okviri za proizvodnjo, uporabo in odstranjevanje snovi.
- Poudarek na raziskavah ekotoksikoloških učinkov za boljše razumevanje dolgoročnih posledic.
- Globalni pristop zahteva mednarodno sodelovanje, izmenjavo podatkov in usklajevanje zakonodaje.
- Sprememba potrošniških vzorcev je ključna za dolgoročno zmanjšanje tveganj za vodne vire.





Hvala za pozornost!



14. konferenca
komunalnega
gospodarstva



NTF

UNIVERZA V LJUBLJANI
Naravoslovnotehniška fakulteta