

KONTAMINANTI U VODI KOJI IZAZIVAJU ZABRINUTOST I INOVACIJE U TRETMANU VODE ZA PIĆE

Ivana Ivančev-Tumbas, Minja Bogunović, Nadiia Khakimova, Jelica Simeunović

Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet
ivana.ivancev-tumbas@dh.uns.ac.rs

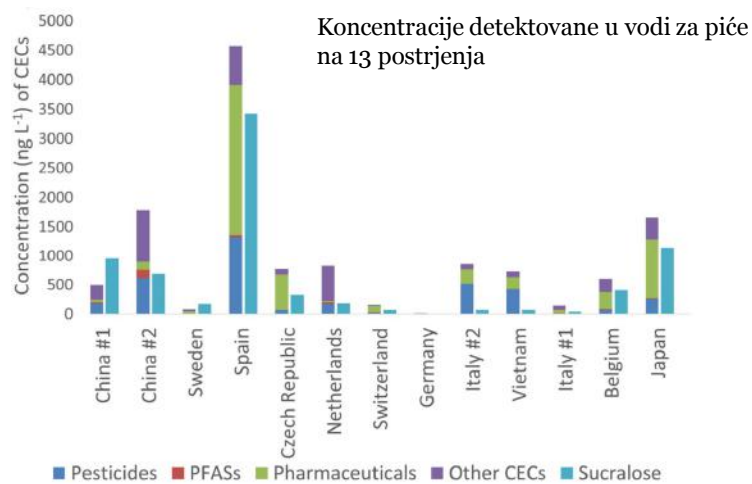
Sadržaj

1. Koji kontaminanti izazivaju zabrinutost u vodi za piće?
2. Analitičke metode
3. Tehnološka rešenja i inovacije u tretmanu vode za piće

Sadržaj

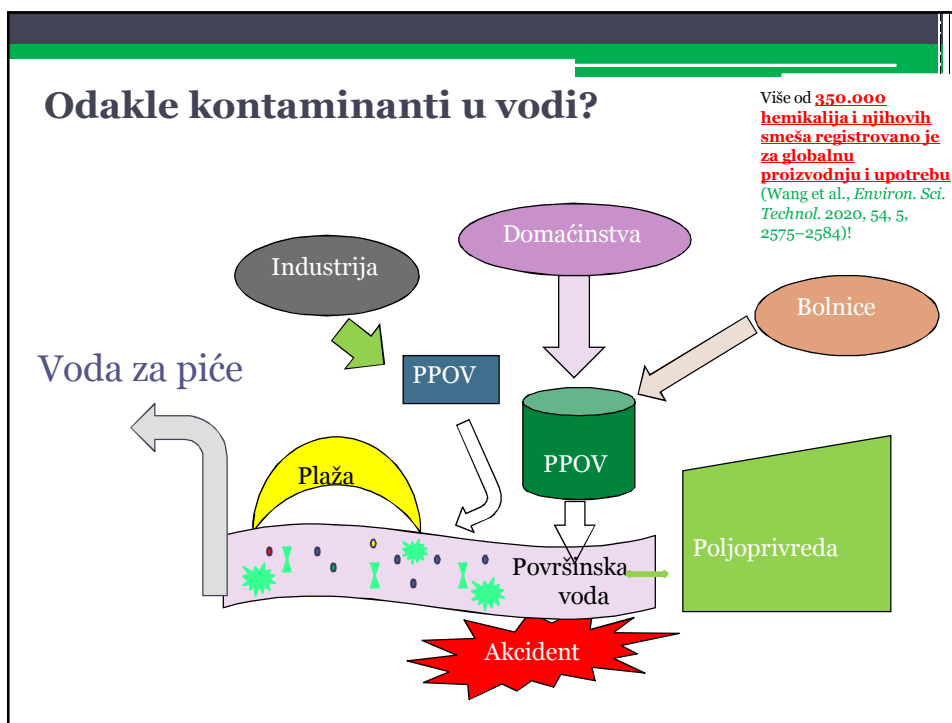
1. Koji kontaminanti izazivaju zabrinutost u vodi za piće?
2. Analitičke metode
3. Tehnološka rešenja i inovacije u tretmanu vode za piće

Tröger et al., 2021



<https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117099>

0043-1354/© 2021 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



Kontaminanti koji izazivaju zabrinutost, EPA Contaminants of emerging concern, CEC

White Paper, AQUATIC LIFE CRITERIA FOR CONTAMINANTS OF EMERGING CONCERN, EPA, 2008

- **Nisu regulisane propisima**
- Skoro su “otkrivene” u prirodnim vodama (često zbog unapredene analitike)
- Potencijalno mogu izazvati štetne efekte na akvatični živi svet pri **relevantnim** koncentracijama u životnoj sredini
- **Nisu trenutno obuhvaćene rutinskim programima monitoringa**
- Mogu biti **kandidati** za buduću regulativu u zavisnosti od **ekotoksičnosti, potencijalnih efekata na zdravlje, percepcije javnosti i frekvencije pojave** u životnoj sredini
- **Nisu nužno nove hemikalije.** Često puta obuhvataju polutante koji su već prisutni u životnoj sredini, ali čije prisustvo i značaj nisu do sada evaluirani.
 - Perzistentne organske zagađujuće supstance, POPs
 - Lekovi za ljude i životinje
 - Hemikalije koje ometaju rad endorkinog sistema
 - Nanomaterijali
 -

Kako se bavimo kontaminantima koji izazivaju zabrinutost?



Mehanizam “Lista supstanci za praćenje”

- Uslov da supstanca bude na Listi
 - Dostupne indikacije da predstavlja značajan rizik na nivou EU za akvatičnu sredinu ili preko akvatične sredine
 - Da nema dovoljno podataka iz monitoringa
- Lista se menja u tačno definisanim periodima
- Uzimaju se u obzir sve dostupne informacije koje obuhvataju i:
 - Istraživačke projekte
 - Preporuke zainteresovanih strana
 - Karakteristike rečnih slivova,
 - Proizvodnju, upotrebu,
 - Osobine, predviđene koncentracije i efekte

Okvirna Direktiva o vodama (2000/60) i Direktiva 2008/105/EZ

- Definišu standarde kvaliteta životne sredine (površinske vode, biote) za sve prioritetne supstance (45 uključujući i hazardne) i druge polutante (eng. Environmental quality standards, EQS)
- Definišu mehanizam “liste za praćenje” koja propisima daje **proaktivan, dinamički karakter**
- Uvode termin specifične zagađujuće materije **relevantne za sliv koje bi mogle biti razlog da se ne postigne “dobar status”**.
- **Novi predlog iz 2022, godine daje novu, proširenu listu standarda kvaliteta za prioritetne supstance (sadrži 70 jedinjenja/klasa!).**

Prvi SUPREMES rezultati na našim akumulacijama na osnovu GC/MS merenja posle derivatizacije

	Ibuprofen µg/L	Kofein µg/L	Diklofenak µg/L
Srednja godišnja vrednost prema predlogu nove liste direktive, µg/L	0.22	-	0.04, a maksimalna preporučena 250 µg/L
Akumulacija 1	<0.166	<0.155	<0.019
Akumulacija 2	<0.166	<0.155	0.019-0.056
Akumulacija 3	<0.166	<0.155	<0.019

Za vodu za piće nova direktiva, EU 2020/2184

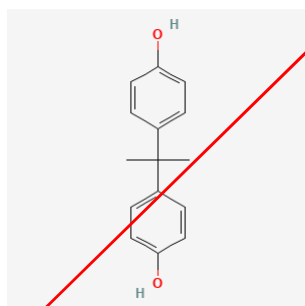
- Uvodi mehanizam liste supstanci za praćenje lekova, supstanci koje deluju na endokrini sistem i mikroplastike.
- **Beta-estradiol (1 ng/L) i nonil-fenol (300 ng/L)** su uvršteni na prvu listu supstanci za praćenje.
- **Ukoliko supstance sa liste budu detektovane u površinskim i podzemnim vodama slivnih područja vodozahvata iznad preporučene vrednosti, biće neophodno preduzeti mere koje obuhvataju između ostalog i ocenjivanje da li je tretman vode adekvatan i, da li zahteva optimizaciju.**
- **Do početka 2026. godine,** zahteva se preduzimanje mera za postizanje kvaliteta definisanog vrednostima novih parametara za:
 - **bisfenol A (2,5 µg L⁻¹),**
 - **halosirćetne kiseline u slučaju da se primenjenim metodama dezinfekcije mogu stvoriti (60 µg L⁻¹),**
 - **mikrocistin-LR (1 µg L⁻¹) u slučaju cvetanja algi u izvorištu,**
 - **a, nakon izrade tehničkih smernica, i PFAS ukupni (perfluoralkilna i polifluoroalkilna jedinjenja, 0,5 µg L⁻¹) i/ili zbir PFAS (0,1 µg L⁻¹),**
 - još nekoliko dodatnih neorganskih parametara (**hlorit, hlorat i uranijum**).

Bisfenoli

- Sintetske organske hemikalije koje se koriste u proizvodnji polikarbonatne plastike i epoksi smola.
- Koriste se u proizvodnji različitih ambalažnih posuda za hranu i piće, tekstila, papira.
- Neki od bisfenola su uvršteni na listu hazardnih supstanci zbog delovanja na endokrini sistem i izazivanja alergijskih reakcija.
- Preduzete su aktivnosti za procenu rizika za 148 bisfenola, a za oko 30 se smatra da će biti neophodno uvođenje ograničenja u proizvodnji i upotrebi (ECHA)

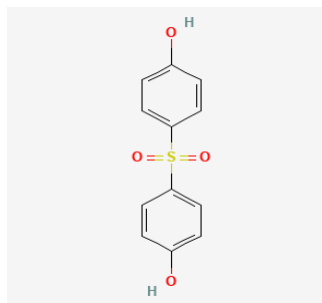
Primeri strukture bisfenola

Bisfenol A



National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 6623, Bisphenol A. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Bisphenol-A>. Accessed May 18, 2024.

Bisfenol S



National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 6626, 4,4'-Sulfonyldiphenol. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/4,4'-Sulfonyldiphenol>. Accessed May 18, 2024.

Šta je do sada potvrđeno?

- U uzorcima vode izvorišta mogu da se detektuju od nekoliko desetina do više stotina ng/l
- Postoje područja u kojima se detektuje više desetina µg/l u površinskim vodama, usled ispuštanja industrijskih otpadnih voda!
- Kod nas su urađena ispitivanja 17 bisfenola u efluentu postrojenja za obradu otpadnih voda i pokazano je da u životnu sredinu dospevaju četiri: BPA, BPS, BIS2 i BPF.
- U redovnim izveštajima Agencije za zaštitu životne sredine postoje podaci o merenju BPA u vodama u Srbiji. Za 2022. godinu pokazane retke i niske koncentracije ovog jedinjenja uglavnom na nivou od nekoliko ng/l u podzemnim vodama, dok u površinskim vodama takođe manji broj uzoraka pokazuje nekoliko desetina ng/l i sasvim mali broj uzoraka 100-200 ng/l BPA

Izvor: Science of the Total Environment, 2021, 765, 142764

Removal of selected emerging micropollutants from wastewater treatment plant effluent by advanced non-oxidative treatment - A lab-scale case study from Serbia

Minja Bogunović^a, Ivana Ivančev-Tumbas^{a,b}, Marjeta Česen^{b,c}, Tatjana Djaković Sekulić^d, Jelena Prodanović^d, Aleksandra Tubić^d, David Heath^b, Ester Heath^{b,c}

^a University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Brg. Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad, Serbia

^b Department of Environmental Sciences, Jozef Stefan Institute, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana, Slovenia

^c Jozef Stefan International Postgraduate School, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana, Slovenia

^d University of Novi Sad, Faculty of Technology, Novi Sad, Bulevar Cara Lazara 6, 21000 Novi Sad, Serbia

PRVA MERENJA 48 različitih supstanci u otpadnoj vodi tipičnog postrojenja iz Srbije pokazala su postojanje različitih lekova, produkata za ličnu upotrebu i industrijskih hemikalija:

Carbamazepin, ibuprofen, naproxen, ketoprofen, kofein, diklofenak

Propilparaben, iso-butilparaben, benzilparaben, 2,4-dihidroksibenzofenon, oxibenzon

Bisfenol A, 2,2'-methylene-diphenol, bisphenol F, bisphenol S, 4,4'-dihydroxydiphenyl ether (DHDPE)

Lekovi u vodi za piće

- Daleko od koncentracija sposobnih da izazovu efekte, ali niko ih ne želi u vodi za piće!
- 2008. predložena granica prema konceptu TTC "Threshold of Toxicological Concern" za **supstance koje nisu genotoksične je 0,1 µg/L**, dok je za **genotoksične 0,01 µg/L** (Mons et al. 2008)
- Za mali broj supstanci postoje zakonski limiti. Za neke su izvedene privremene vrednosti (na osnovu poznavanja toksičnosti i koncentracija u vodi za piće), a ukoliko nema tih podataka, primenjuju se generičke vrednosti. Pokazalo se da su one za pojedine Cramerove klase supstanci (I i III) u skladu sa gore pomenutim, ranijim originalnim TTC vrednostima koje su dosta konzervativne.

Compounds	Max concentration observed, ng/L
Acetylsalicylic acid	122
Diclofenak	18
Carbamazepine	90
Prozac	10
bezafibrate	20
Metoprolol	26
Fenofibrate	21
Clofibric acid	136
Phenazone	29
Ibuprofen	28
Paracetamol	33
Lynkocine	21
Sulfamethoxazole	40
Amidotrizoic acid	83
.....	

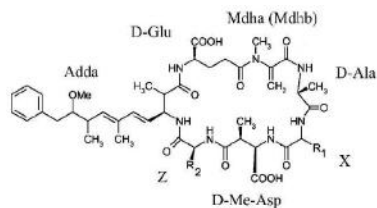
Mons et al., 2013, Wat. Res., 47, 1666

Mikrocistini

- Više od 250 varijanti mikrocistina je do sada identifikovano
- Mikrocistin-LR, čiji sadržaj treba da se kontroliše u vodi za piće ukoliko u izvorištu dolazi do cvetanja cijanobakterija, najčešće je prisutan toksin
- Pojava mikrocistina u vodi je najčešće posledica degradacije kvaliteta vode, procesa eutrofizacije i cvetanja brojnih cijanobakterijskih vrsta

Mikrocistini

- Moglo bi se reći da je to organska materija prirodnog porekla koja može imati neželjene efekte po zdravlje ljudi i životinja
 - Može biti zarobljena u ćeliji – moguće ju je fizički ukloniti
 - **Može biti slobodna u vodi i u pojedinim slučajevima ispoljavati toksičnost!**
 - **Neophodno je prilagoditi tretman vode da bi se uklonila: ozonizacija, peščana filtracija i/ ili adsorpcija na uglju**
 - Može biti degradirana biološkim i hemijskim putem u izvorištu, ali i na postrojenju

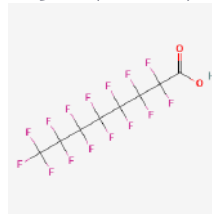


El Bouaidi, W.; Enaïme, G.; Loudiki, M.; Yaacoubi, A.; Douma, M.; Ounas, A.; Lübken, M. *Adsorbents Used for Microcystin Removal from Water Sources: Current Knowledge and Future Prospects. Processes* **2022**, *10*, 1235. <https://doi.org/10.3390/pr10071235>

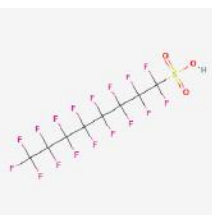
distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). No changes were made.

Per- i polifluoroalkilovana jedinjenja (PFAS)

- Isključivo antropogeni
- Vodonikovi atomi alkilnog niza mogu biti delimično ili u potpunosti zamenjeni fluorom
- Blizu 10.000 supstanci, a laboratorije mere samo nekoliko desetina
- U propisima su perfluoro oktanska kiselina, PFOA i perfluoro oktansulfonska kiselina, PFOS
- Neki su na listi POPs
- Bioakumuliraju se, perzistentni su
- Neki pokazuju visok nivo toksičnosti, kancerogene i mutagene efekte



National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 9554, Perfluorooctanoic acid. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Perfluorooctanoic-acid>. Accessed May 18, 2024.



National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 74483, Perfluorooctanesulfonic acid. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Perfluorooctanesulfonic-acid>. Accessed May 18, 2024.

PFAS in drinking water, Boone et al., 2019

Table 2
Frequency of detection, maximum and median concentration of PFAS chemicals. Each analyte was measured at 25 locations.

Analytes	CAS number	LCMRL ^a (ng/L)	Source water				Treated drinking water			
			Qual ^b freq (%)	Quant ^c freq (%)	Med. ^d conc. (ng/L)	Max. ^e conc. (ng/L)	Qual ^b freq (%)	Quant ^c freq (%)	Med. ^d conc. (ng/L)	Max. ^e conc. (ng/L)
Perfluorobutanesulfonic acid (PFBS)	375-73-5	0.032	100	96	1.12	11.1	100	96	1.17	11.9
Perfluorohexanesulfonic acid (PFHxS)	355-46-4	0.034	92	92	0.86	44.8	84	80	0.79	21.1
Perfluorooctanesulfonic acid (PFOS)	1763-23-1	0.13	96	88	2.28	48.3	92	80	1.62	36.9
Perfluorodecane sulfonic acid (PFDS)	335-77-3	0.049	12	0	QL	QL	0	0	ND	ND
Perfluorobutanoic acid (PFBA)	375-22-4	0.24	92	92	3.05	96.8	88	88	3.62	104
Perfluoropentanoic acid (PFPeA)	2705-90-3	0.051	92	92	1.95	501	96	96	1.78	514
Perfluorohexanoic acid (PFHxA)	307-24-4	0.044	96	96	2.02	55.1	100	100	1.43	60.8
Perfluoroheptanoic acid (PFHpA)	375-85-9	0.04	96	96	1.13	184	92	92	0.79	177
Perfluorooctanoic acid (PFOA)	335-67-1	0.56	100	76	6.32	112	100	76	4.15	104
Perfluorononanoic acid (PFNA)	375-95-1	0.094	96	96	0.86	41.4	92	88	0.74	38.6
Perfluorodecanoic acid (PFDA)	335-78-2	0.084	92	60	0.43	31.1	80	52	0.33	24.7
Perfluoroundecanoic acid (PFUdA)	2058-94-8	0.067	38	32	0.14	2.90	32	16	0.54	1.85
Perfluorododecanoic acid (PFDDA)	307-55-1	0.062	20	8	0.21	0.28	12	4	0.09	0.09
Perfluorotridecanoic acid (PFTeDA)	72629-94-8	0.072	12	0	QL	QL	0	0	ND	ND
Perfluorotetradecanoic acid (PFTeDA)	376-06-7	0.13	0	0	ND	ND	4	0	QL	QL
Perfluorohexadecanoic acid (PFHxDA)	67905-19-5	0.4	0	0	ND	ND	0	0	ND	ND
Perfluorooctadecanoic acid (PFODCA)	16517-11-6	0.29	0	0	ND	ND	0	0	ND	ND

QL = all measurements qualitative (such as below LCMRL or with matrix enhancement) therefore no median or maximum can be determined. ND = non-detection.

^a LCMRL = lowest concentration minimum reporting level.

^b Qualitative frequency of detection - Includes the quantitative measurements as well as those below the LCMRL as well as analytes with matrix enhancement in the associated laboratory fortified matrix samples.

^c Quantitative frequency of detection. Includes only measurements that exceed the RL or LCMRL and did not have matrix enhancement.

^d Median concentration of quantified detections.

^e Maximum concentration of quantified detections.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.245>

0048-9697/Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

visoka frekvenciju pojave u vodi izvorišta (90-100% analiziranih uzoraka za čak 11 jedinjenja) . Medijana koncentracionog opsega je iznosila 0,14-6 ng/l dok su se maksimalne vrednosti u pojedinim slučajevima kretale i do 500 ng/l

Legislativa

- Nova EU direktiva za PFAS ukupni (perfluoralkilna i polifluoroalkilna jedinjenja, $0,5 \mu\text{g L}^{-1}$) i/ili zbir PFAS ($0,1 \mu\text{g L}^{-1}$)!
- U USA novo pravilo za maksimalni nivo kontaminanta, npr. perfluorooktansku kiselinu, PFOA i perfluorooktansulfonsku kiselinu, PFOS, je samo **4 ng/l**, <https://www.epa.gov/sdwa/and-polyfluoroalkyl-substances-pfas>

Najnoviji podaci Nemačke agencije za životnu sredinu

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/pmtvpvm-assessment-of-reach-registered-substances>

- Detektovane su **perzistentne, mobilne i toksične supstance (PMT)** i **vrlo perzistentne i vrlo mobilne supstance (vPvM)** među supstancama registrovanim na osnovu REACH pripisa.
- U 55 studija u periodu 2000-2019, 639 supstanci je detektovano barem u jednom of četiri tipa voda relevantnih za vodu za piće (podzemna voda, sirova voda, voda za piće i voda nakon obalske filtracije). 311 supstanci (49 %) su registrovane na osnovu REACH-a, a 58% od tih supstanci je u koncentracijama većim od $0,1 \mu\text{g/L}$.
- **PMT/vPvM kriterijum ispunjava oko 30% supstanci.** Za još 5% su ispunjeni kriterijumi perzistencije i mobilnosti bez jasnog zaključka vezanog za toksičnost.
- Kriterijum za mobilnost je baziran na log Koc ispod 4 (95-100% slučajeva)
- **Nadležni su ohrabreni da preduzmu aktivnosti za 110 takvih supstanci koje su detektovane u medijumima relevantnim za vodu za piće!**

Sadržaj

1. Koji kontaminanti izazivaju zabrinutost u vodi za piće?
2. Analitičke metode
3. Tehnološka rešenja i inovacije u tretmanu vode za piće

Priprema uzoraka i metode analize

- “ U najvećem broju slučajeva SPE-LC-MS-MS ili SPE-LC-HRMS
- “ Za neke supstance, mada retko, može da se koristi SPE-GC-MS, obično uz derivatizaciju
- “ Primena tandemskih tehnika je izuzetno važna jer omogućava potvrdu identifikacije koja običnim tehnikama nije dovoljna za tako niske koncentracije!
- “ **Posebni protokoli u radu laboratorije u cilju provere čistoće sistema i reproduktivnosti merenja su neophodni ukoliko se želi postići visoka tačnost u radu i pouzdanost rezultata (Kontrolni standardi! Čistoća laboratorije! Uticaj matriksa!)**

HR MS

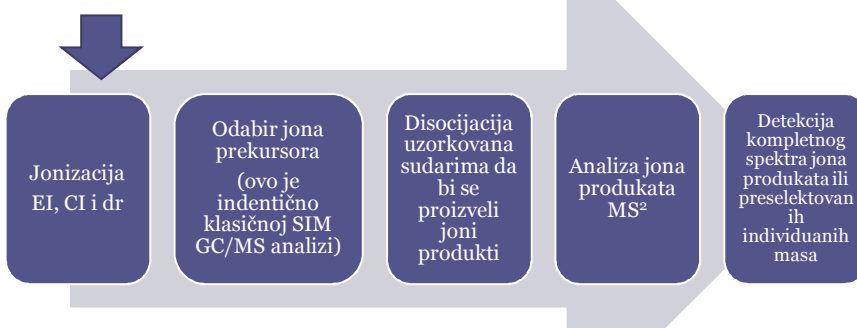
Razdvaja komponente identičnih nominalnih, ali različitih monoizotopskih masa

Jedino tom tehnikom možemo tačno meriti mase i sa visokom pouzdanošću identifikovati pojedinačne pikove

Kada nije upotrebljena visoka rezolucija za snimanje masenih spektara često puta se u okviru jednog pika krije više njih.

MS/MS tandemska spektrometrija

GC pik koji sadrži analit, ko-eluate, sadržaj matriksa,
"curenje kolone"



Primena

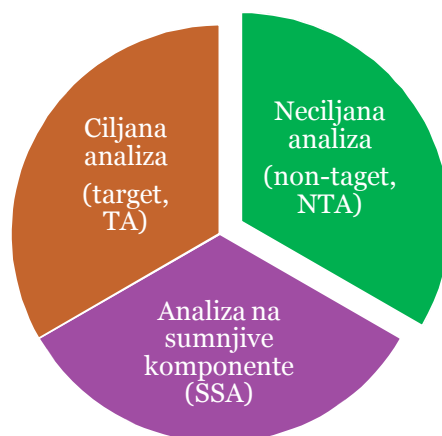
Identifikacija i potvrda strukture

Visoko selektivna i osetljiva kvantitacija u kompleksnim matriksima

Specifične analize klasa supstanci sličnih strukturnih osobina

Specifična analiza supstanci sa zajedničkim funkcionalnim grupama- gubitak COCl kod dioksina

Metode analize



Izazovi u analitičkoj hemiji

- “ Materijalni i ljudski resursi
- “ Metode, kriterijumi definisani Direktivom 2009/90/EC i implementirani u našoj uredbi :

!Merna nesigurnost 50% ili niža, procenjena za nivo relevantnog EQS.
 !LOQ jednak ili ispod 30% EQS!
 ! U slučaju da nema EQS ili metode, najbolja dostupna analitička tehnika mora da se primeni.

Ne zaboraviti:

Efekti matriksa mogu uticati na tumačenje rezultata i na analitički rad!

Treba ih proceniti unapred i primeniti najpouzdanije metodologije u kvantitativnoj analizi.

! Razvoj i implementacija analitičkih metoda u praksi je spor i dugotrajan proces, za koji treba imati strategiju i strpljenje. Usaglašavanje laboratorija je neophodno.

Biološke metode analize

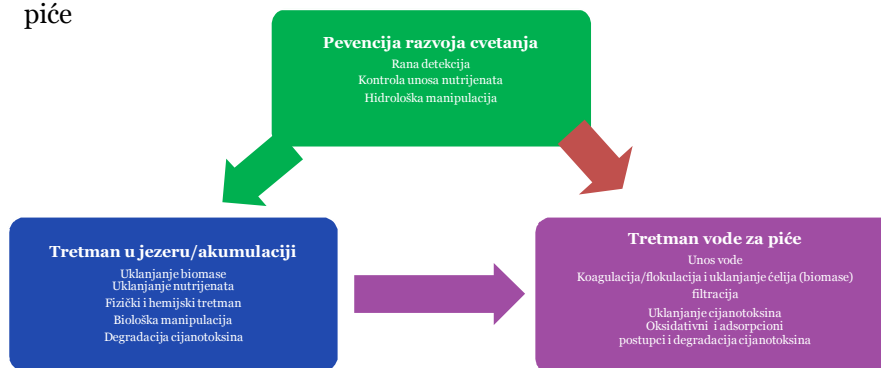
- U slučaju mikrocistina značajno mogu doprineti efikasnosti monitoringa!
 1. Skeniranje na prisustvo cijanobakterija- senzori, vizuelna kontrola, pigmenti
 2. Ukoliko se utvrdi prisustvo, uzima se uzorak u kome se testira da li postoje cijanobakterije koje proizvode toksine
 3. Ukoliko se utvrdi i njihovo prisustvo radi se ciljana analiza toksina (ELISA, LC/MS)

Sadržaj

1. Koji kontaminanti izazivaju zabrinutost u vodi za piće?
2. Analitičke metode
3. Tehnološka rešenja i inovacije u tretmanu vode za piće

Tretman vode za piće i smanjenje zdravstvenog rizika u slučaju mikrocistina

- Sprečavanjem cvetanja u vodenim ekosistemima namenjenim vodosnabdevanju
- Uklanjanjem ćelija cijanobakterija (intracelularnih toksina)
- Uklanjanjem ekstracelularnih cijanotoksina u tretmanu pripreme vode za piće



Obrada otpadnih voda koje su glavni uzročnik zagađenja:

Ozonizacija

- Doze oko 0,5-0,8 g/g DOC
- Visoka efikasnost: sulfametoksazol, eritromicin, klaritromicin, azitromicin, ciprofloksacin, diklofenak, karbamazepin, metopropol, 17-alfa-etinilestradiol, 17-beta estradiol, bisfenol A
- Srednja efikasnost: bezafibrat, mekoprop, benzotriazol, metilbenzotriazol, acesulfam
- **Niska efikasnost:** metformin, primidon, iopromid, perfluorooktanska kiselina, **perfluorooktansulfonska kiselina**

Aktivni ugalj

- Doze 5-100 mg/L, najčešće do 20mg/L
- DOC 5-12 mg/L
- Visoka efikasnost: klaritromicin, azitromicin, ciprofloksacin, diklofenak, karbamazepin, metoprolol, bezafibrat, bisfenol A
- Srednja efikasnost: sulfametoksazol, eritromicin, metformin, primidon, iopromid, 17-alfa-etinilestradiol, 17-beta estradiol, mekoprop, benzotriazol, metilbenzotriazol
- **Niska efikasnost:** acesulfam, **perfluorooktansulfonska kiselina**

Izvor: Rizzo et al. (2019) Science of the Total Environment, 655, 986-1008 *Consolidated vs new advanced treatment methods for the removal of contaminants of emerging concern from urban wastewater*

Primeri efikasnosti tehnoloških procesa za vodu za piće su pregledno opisani u radu

I. Ivančev-Tumbas, D. Denizer, L. Landwhercamp, J. Simenunović, M. Bogunović, S. Panglich
Organski mikropolutanti u vodi za piće-nauka u susret praksi,
Voda i sanitarna tehnika (2022) , LXIII 5-16

Svi pomenuti polutanti uspešno se uklanjaju pri preradi vode za piće pomoću:

- Adsorpcije na aktivnom uglju ili drugim vrstama adsorbenata i/ili
- Oksidacijom pomoću ozona i/ili
- Biološkom razgradnjom
- Hibridnim procesima membranske filtracije i adsorpcije

Faktori koji utiču na efikasnost

- Karakteristike vode koja se obrađuje
- Karakteristike samih supstanci koje treba ukloniti i koje mogu biti prisutne u različitim smešama u vodi
- Karakteristika procesnih materijala koji se koriste

Pravci inovacija- fina optimizacija

- Testiranje novih materijala
- Funkcionalizacija materijala
- Optimizacija procesa u smislu redosleda doziranja procesnih materijala ili redosleda tehnoloških operacija

! Rešenje otpadnog toka se mora ponuditi
!! Oksidacija razgrađuje supstance, ali potencijalno može stvarati nepoznate produkte za koje ne znamo toksičnost.



Laboratorijsko postrojenje za hibridni proces sa in/out membranskom filtracijom na PMF-u u Novom Sadu

~Moguć dodatak asorbenta
~Moguć dodatak koagulanta
~Prikupljanje procesnih parametara data logger-om

Projekat povezivanja sa istraživačkom grupom sa Univerziteta Duisburg-Esen, Nemačka, 2010-2014. godine. "Osnovna istraživanja organskih mikropolutanata u tretmanu voda specijalnim hibridnim procesima".

Istraživanje je finansiralo Savezno ministarstvo za obrazovanje i istraživanje Nemačke (Bundesministerium für Bildung und Forschung-BMBF).

38

Ivančev-Tumbas et al. (2008)
Water Research 42, 4117-4124

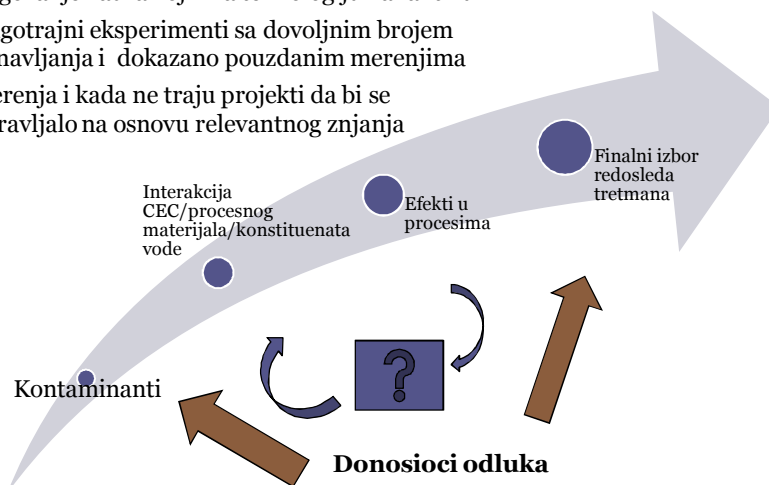
- Različiti načini doziranja uglja različito utiču na uklanjanje mikropolutanata!

Hoffmann G., Rathinam K., Martschin M., Ivančev-Tumbas I., Panglisch S. (2021), Water 2021, 13, 3578.

- Formiranje aglomerata u suspenziji uglja utiče na uklanjanje mikropolutanata!

Izazovi u tretmanu voda

1. Negovanje kadra koji zna tehnologiju i analitiku
2. Dugotrajni eksperimenti sa dovoljnim brojem ponavljanja i dokazano pouzdanim merenjima
3. Merenja i kada ne traju projekti da bi se upravljalo na osnovu relevantnog znanja



Hvala na pažnji!

- Autori rada se zahvaljuju Saveznom Ministarstvu za obrazovanje i istraživanje Nemačke (Bundesministerium für Bildung und Forschung-BMBF), grant 01DS21012A, period finansiranja 01.06.2021-31.12.2024 i Ministarstvu nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (Ev.br. 451-03-66/2024-03/200125 i 451-03-65/2024-03/200125).