



# КВАЛИТЕТ СЕДИМЕНТА РЕКА И АКУМУЛАЦИЈА СРБИЈЕ

др Небојша Вељковић, дипл. инж.грађ., Зоран Стојановић, маст. хем.,  
Љубиша Денић, дипл. хем., **Татјана Допуђа Глишић, дипл. инж.грађ.,**  
Ивана Дершек Тимотић, маст.хем., Милица Домановић, дипл.инж.тех.

Стручна конференција/Семинар:

„СРБИЈА И ЕВРОПСКЕ  
ИНТЕГРАЦИЈЕ - СЕКТОР ВОДА“

*Ка год да сте ви, где год да сте,  
вода је ваше људско право*

Клуб посланика

Толстојева 2, Београд, 22. март 2019.



# Публикација – Квалитет седимента река и акумулација Србије



Република Србија  
Министарство заштите животне средине  
АГЕНЦИЈА ЗА ЗАШТИТУ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ



## Квалитет седимента река и акумулација Србије



ISBN 978-86-87159-23-5



Квалитет седимента река и акумулација Србије

### КВАЛИТЕТ СЕДИМЕНТА РЕКА И АКУМУЛАЦИЈА СРБИЈЕ

Издавач: Министарство заштите животне средине/ АГЕНЦИЈА ЗА ЗАШТИТУ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

За издавача: Филип Радовић, директор, Агенција за заштиту животне средине

Рецензија: Проф. др Слободан Петковић, Проф. др Александар Ђорђевић

Уредник: др Небојша Вељковић, дипл. инж., Агенција за заштиту животне средине

#### Аутори:

др Небојша Вељковић, дипл. инж. грађ.  
Зоран Стојановић, маст. хем.  
Љубиша Денић, дипл. хем.  
Татјана Допућа Глишић, дипл. инж. грађ.  
Ивана Дершек Тимотић, маст. хем.  
Милица Домановић, дипл. инж. тех.

#### Лабораторијска аналитика:

Зоран Стојановић, маст. хем.  
Мирјана Балаћ, маст. хем.  
Александар Милетић, дипл. хем.  
Ана Вујовић, спец. физ. хем.  
Далиборка Банковић, маст. физ. хем.  
Катарина Недељковић, маст. хем.  
Марија Николић, дипл. хем.  
Марио Илеш, дипл. инж. хем.  
Љубиша Денић, дипл. хем.  
Милица Домановић, дипл. инж. тех.  
Милица Надеждић, дипл. инж. тех.  
Радојка Бугарски, дипл. хем.  
Миљана Љешњак, дипл. хем.  
Светлана Андрејевић, дипл. инж. тех.  
Јована Миловановић, дипл. инж. тех.

Прелом и дизајн корица: Агенција за заштиту животне средине

Фотографије на насловној страни: Ушће Јужне и Западне Мораве у Велику Мораву (Сталаћ, Општина Ђилевац); Река Топчидерка – чистиће корита, Рипањ/Београд, 2016.

Штампа: Енергодата, 2019, Београд

CD-ROM копија: 200

ISBN 978-86-87159-23-5

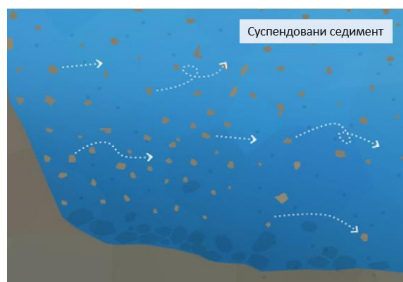
Квалитет седимента река и акумулација Србије

### Садржај

1. УВОД .....	3
2. ЗАШТО ЈЕ СЕДИМЕНТ ВАЖАН ЗА ВОДЕНЕ ЕКОСИСТЕМЕ? .....	5
2.1. Основе настанка и транспорта седимента .....	5
2.2. Таложење седимента и утицај на водену средину .....	8
2.3. Загађени седимент .....	9
3. ЕВРОПСКО И ДОМАЋЕ ЗАКОНОДАВСТВО О СЕДИМЕНТУ .....	16
3.1. Политика и законодавство .....	16
3.2. Мониторинг седимента и Оквирна директива о водама ЕУ .....	18
4. АНАЛИЗА КВАЛИТЕТА СЕДИМЕНТА РЕКА И АКУМУЛАЦИЈА .....	23
4.1. Мониторинг седимента у програму мониторинга површинских вода .....	23
4.2. Критеријуми за оцену квалитета седимента .....	32
4.3. Анализа резултата испитивања квалитета седимента река и акумулација .....	37
4.3.1. Оцена квалитета седимента река .....	38
4.3.2. Оцена квалитета седимента акумулација .....	175
4.3.3. Оцена тренда садржаја метала у седименту .....	232
4.3.4. Интерпретација резултата квалитета седимента применом кластер анализе .....	237
4.3.5. Процена утицаја природних и антропогених фактора на квалитет седимента .....	239
5. ПРЕПОРУКЕ И ЗАКЉУЧАК .....	255
5.1. Препоруке .....	255
5.2. Закључак .....	256
6. EXPENDED SUMMARY .....	258
7. ЛИТЕРАТУРА .....	261

# Зашто је седимент важан за водене екосистеме - Шта је седимент и како настаје

- Седимент је **чврста фаза** акватичног система, коју чине биолошки, биохемијски и хемијски депозити, а који физичко-хемијским процесима везује контаминанте (органске и неорганске) који доспевају у акватичне системе
- Седимент настаје:



- Површинска ерозија, јавља се под дејством површинског отицаја атмосферских падавина, формира суспендовани речни нанос (ситна фракција, транспорт у виду суспензије, корито-формирајући, чини 85-95% седимента)
- Дубинска ерозија, јавља се услед концентрације површинског отицаја, већим делом настаје вучени нанос (знатно крупнији гранулометријски састав од суспендованог седимента, транспорт дуж речног тока обавља се котрљанјем по речном дну и у виду скокова, чини 15-5% седимента))
- Осим природног минералног садржаја подлоге, падавине спирају и разне друге материје које су се затекле на површини земљишта, настале услед разних индустријских, агротехничких или других антропогених активности.





# Зашто је седимент важан за водене екосистеме - Шта је седимент и како настаје



Ушће Саве у Дунав

- Седимент настаје :
  - Од честица еолског наноса, (под дејством ветра доспевају у водотоке)
  - Од честица које доспевају у водотокове заједно са индустријским и комуналним отпадним водама
  - Труљењем акватичне и обалне вегетације
  - Неодговорним бацањем чврстог отпада у водотоке
  - Микробиолошком разградњом доспелог загађења у водотоке





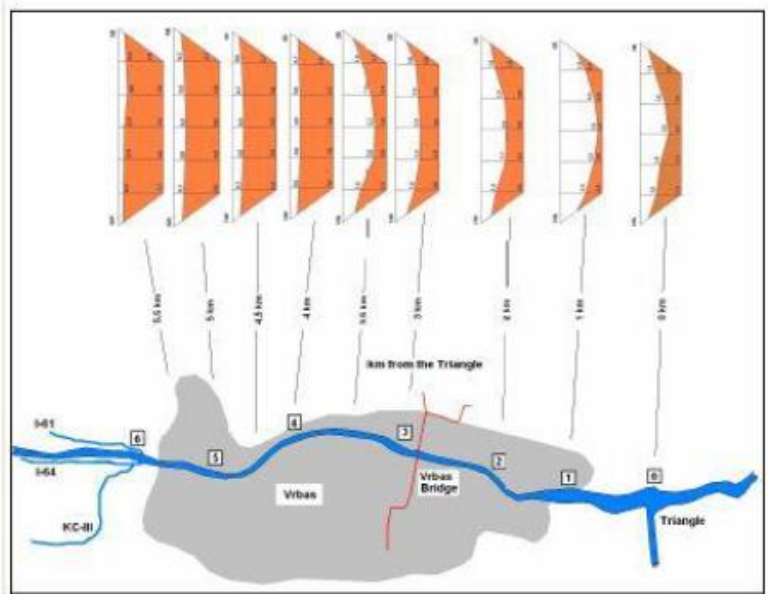
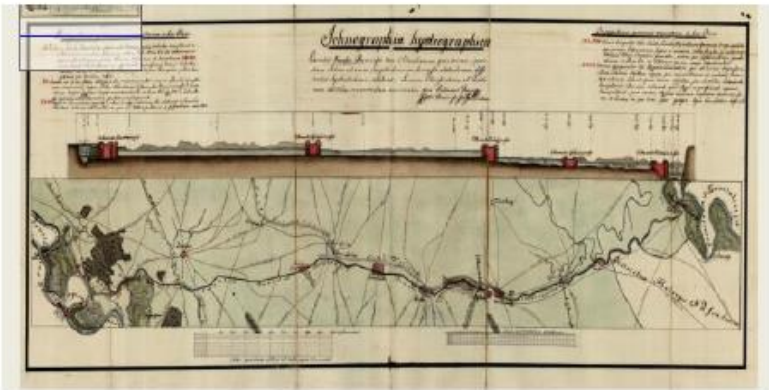
## Зашто је седимент важан за водене екосистеме – Загађени седимент

---

- Према USEPA контаминирани седимент је земљиште, органска материја, или други минерал који се акумулира на дну воденог тела и који садржи токсичне или хазардне материје које могу, ако су присутне у одређеној концентрацији, негативно утицати на људско здравље или околину
- Акумулација токсичних супстанци у седименту може имати много штетних ефеката на водени екосистем, како јасно видљивих тако и оних дискретних и невидљивих. У многим случајевима, видљиви и лако препознатљиви докази о штетном дејству на резидентну биоту су подударни са процењеним концентрацијама у седименту. Чешћи су, међутим, ти мање видљиви ефекти на биолошке заједнице и екосистеме који су условљени различитим концентрацијама загађујућих материја у седименту, али их је и теже идентификовати. Наиме, хемија унутрашњости седимента није увијек индикација нивоа токсичног дејства. Сличне концентрације загађујућих материја могу проузроковати различите биолошке утицаје на различите седименте. До овога долази због тога што је токсичност условљена степеном којим хемијске супстанце везују друге конституенте у седименту.
- Једном контаминиран седимент може постати извор секундарног загађења, када услед промене услова у воденом систему (поплаве, ацидификација) сорбовани полутанти бивају десорбовани и враћени у водену фазу где поново представљају опасност

# Велики бачки канал: од воде до седимента – од изградње до рехабилитације

(Rehabilitation of the DTD-Canal in Vrbas: Assessment of the Environmental Status, Pollution Sources, and Abatement Measures, REPORT SNO 5061-2005, Norwegian Institute for Water Research Oslo, 2005.)



- Велики бачки канал изграђен је у периоду од 1793. до 1802. као важна транспортна водена веза од Карпата до Беча, дуг је 112 километара и спаја Дунав и Тису.
- Данас, ток није плован јер је практично блокиран на деоници код Врбаса, на дужини од шест километара, између преводнице пре улаза у Врбас па све до такозваног Триангла, где се Велики бачки канал спаја са Новим каналом, наталожило чак 400.000 кубних метара муља

- на најугроженијој деоници Великог бачког канала дубина воде је свега 30 см



Угрожена деоница Великог бачког канала





# Велики бачки канал: од воде до седимента – од изградње до рехабилитације

*(Rehabilitation of the DTD-Canal in Vrbas: Assessment of the Environmental Status, Pollution Sources, and Abatement Measures, REPORT SNO 5061-2005, Norwegian Institute for Water Research Oslo, 2005.)*

Резултати истраживачког пројекта из 2008. године квалитета површинске воде и седимента у заштићеним зонама и црним еколошким тачкама у Војводини, који је извршио Природно математички факултет Нови Сад - Департман за хемију, утврдио је да су вредности утицаја значајно прекорачене у око 58% испитиваних узорака и да постоји опасност за испољавање негативних екотоксичних ефеката на свим испитиваним локацијама водотока.



*Измугљивање Великог бачког канала: деоница код Врбаса (2014)*

У претходним годинама су извршени обимнији радови на измугљивању канала и извађена је једна количина муља, која је само одложена у “касету” у близини Триангла. То је заправо једно поље између аутопута и Врбаса где је данас, изнад муља, израсла самоникла шума топола. Жбуње и витка стабла скривају шта је на овом месту одложено. “Том приликом је муљ из канала без икакве обраде одлаган у земљане касете”

*Измугљивање Великог бачког канала: деоница Врбас – Бездан код Сомбора (2018)*





## Европско и домаће законодавство о седименту

---

- Оквирна директива о водама (Water Framework Directive EU. WFD – 200/60/EC)
- Закон о заштити животне средине Републике Србије („Сл. гласник“ РС 135/04)
- Закон о водама Републике Србије („Сл. гласник“ РС 30/10)
- Закон о заштити земљишта Републике Србије („Сл. гласник“ РС 112/2015),

У европском и домаћем законодавству управљању седиментом није придат значај који он има као природни део акватичне средине. Ипак, три наведена национална законска основа, представљају добро полазиште за спровођење мера и успостављање подзаконских аката којима се дефинишу граничне вредности за одређене групе или категорије загађујућих супстанци како би се смањила контаминација седимента.





# Мониторинг седимента и Оквирна директива о водама ЕУ

Приоритетне супстанце	Вода	Седимент	Биота
Alachlor	П	О	Н
Anthracene	О	О	О
Atrazine	П	Н	Н
Benzene	П	Н	Н
Brominated diphenyl ethers a	Н	П	П
C10-13-chloroalkanes	Н	П	П
Chlorfenvinphos	О	О	О
Chlorpyrifos (-ethyl, -methyl)	О	О	О
1,2-Dichloroethane	П	Н	Н
Dichloromethane	П	Н	Н
Di (2-ethylhexyl)phthalate (DEHP)	Н	О	О
Diuron	П	Н	Н
Endosulfan	О	О	О
Fluoranthene	Н	П	П
Hexachlorobenzene	Н	П	П
Hexachlorobutadiene	О	О	П
Hexachlorocyclohexane b	О	О	П
Isoproturon	П	Н	Н
Mercury and compounds	Н	О	П
Naphthalene	О	О	О
Nonylphenols d	П	П	О
Octylphenol d	П	П	О
Pentachlorobenzene	Н	П	О
Pentachlorophenol	О	О	О
Polyaromatic Hydrocarbons e	Н	П	П
Simazine	П	Н	Н
Tributyltin compounds	О	О	П
Trichlorobenzenes	О	О	О
Trichloromethane	П	Н	Н
Trifluralin	Н	П	О

Матрица мониторинга за приоритетне супстанце и друге загађујуће супстанце наведене у „Directive 2008/105/EC“

- Иако се након увођења ОДВ (2000) вршила редовна оцена квалитета седимента од стране држава чланица ЕУ, ипак је било тешко дати поуздану процену укупне количине контаминираног седимента у Европи. Главни разлог за то је било одсуство униформности у методама узорковања, аналитичким техникама и примењеним стандардима за квалитет седимента. Ово је имало за последицу недостатак међусобне упоредивости јер су земље дуж истог речног слива користиле различите методе. Из ових разлога је радна група састављена од стручњака из више земаља ЕУ започела 2007. године са израдом техничких смерница за хемијски мониторинг седимента и биоте. Објављен је документ „Водич бр. 25“, као део серијала заједничке стратегије за примену ОДВ.
- Водич је намењен стручњацима који директно или индиректно примењују ОДВ, тако да су структура, презентација и терминологија прилагођени потребама оперативног рада на спровођењу мониторинга седимента и биоте. Предложена матрица мониторинга приоритетних супстанци је дата заједно са матрицом воде како би се обезбедила кохерентна и свеобухватна слика статуса водних тела унутар сваког водног подручја

# Анализа квалитета седимента – Мониторинг квалитета седимента



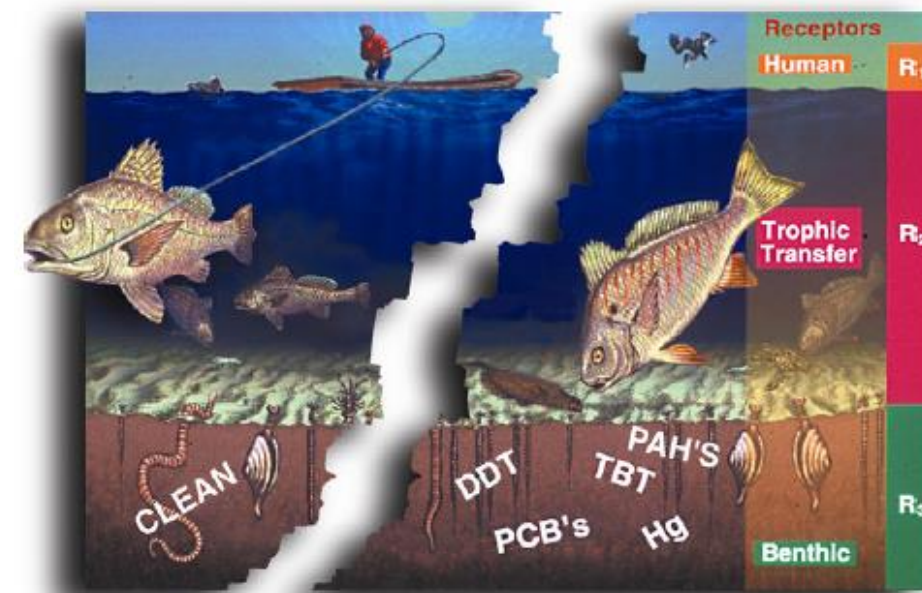
- Мониторинг квалитета седимента у периоду 2012.-2017 спроведен је у складу са Уредбама/ Програмима мониторинга статуса вода
- Мониторингом је обухваћено
  - 143 профила на 79 водотока
  - 41 тачка у 17 акумулација
- Мониторинг квалитета седимента, спроведен је са различитом динамиком узорковања/испитивања, и кретао се од једног испитивања по профилу за период од 6 година, до максимално 25 испитивања у посматраном периоду
- Реализовано је 277 узорковања и испитивања узорка седимента
- Узоркован је површински седимент (0-20cm)





# Анализа квалитета седимента – Критеријуми за оцену квалитета седимента

- За оцену квалитета седимента река и акумулација коришћена су искуства земаља које предњаче у области управљања седиментом. Критеријуми квалитета преузети из ових методологија указују на екотоксиколошки значајне вредности, чије прекорачење указује на вероватне негативне утицаје
- Оцена је вршена у односу на критеријуме, засноване на емпиријском приступу, односно теренским и лабораторијским подацима о одговорима бентичких организама на излагање загађеном седименту. Изабрани критеријуми указују на средњу и екстремну вредност негативног ефекта на акватичне бескичмењаке и означавају се: *ниво озбиљног ефекта (SEL), ниво вероватног ефекта (PEL), средњи распон ефекта (ERM), праг токсичог ефекта (TET)*
- За процену загађености седимената у погледу садржаја метала, коришћене су препоручене вредности „Quality target“ за слив Дунава од стране ICPDR
- За процену загађености седимента у погледу садржаја органских микрополутаната коришћене су МДК (максимално дозвољене вредности) појединих или групе загађујућих материја (Уредбом (Сл. гласник РС бр. 50/2012))







# Анализа квалитета седимента – Критеријуми за оцену квалитета седимента

## Смернице за критеријуме квалитета седимента за метале

<i>Средња вредност ефекта</i>								
Елемент/ Критеријум	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
<b>Ниво вероватног ефекта (PEL)<sup>5</sup></b>	17	3.53	90	197	91.3	0.486	36	315
<b>Средњи распон ефекта (ERM)<sup>6</sup></b>	85	9	145	390	110	1.3	50	270
<i>Екстремна вредност ефекта</i>								
Елемент/ Критеријум	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
<b>Праг токсичног ефекта (TET)<sup>7</sup></b>	17	3	100	86	170	1	61	540
<b>Ниво озбиљног ефекта (SEL)<sup>8</sup></b>	33	10	110	110	250	2	75	820

<sup>1</sup>TEL, threshold effect level; <sup>2</sup>ERL, effects range low; <sup>3</sup>LEL, lowest effect level; <sup>4</sup>MET, minimal effect threshold; <sup>5</sup>PEL, probable effects level; <sup>6</sup>ERM, effect range median; <sup>7</sup>TET, toxic effect threshold; <sup>8</sup>SEL, severe effect level



# Анализа квалитета седимента – Критеријуми за оцену квалитета седимента

## Граничне вредности хемијских елемената и супстанци у седименту

Параметар	Српска уредба <sup>15</sup>			ICPDR <sup>16</sup>	
	Јед. мере	Циљна вредност	МДК	Јед. мере	Quality targets
Арсен (As)	mg/kg	29	42	µg/g	20
Кадмијум (Cd)	mg/kg	0.8	6.4	µg/g	1.2
Хром (Cr)	mg/kg	100	240	µg/g	100
Бакар (Cu)	mg/kg	36	110	µg/g	60
Жива (Hg)	mg/kg	0.3	1.6	µg/g	0.8
Олово (Pb)	mg/kg	85	310	µg/g	100
Никал (Ni)	mg/kg	35	44	µg/g	50
Цинк (Zn)	mg/kg	140	430	µg/g	200
Нафтаген	mg/kg	0.001	0.1		
Антрацен	mg/kg	0.001	0.1		
Фенантрен	mg/kg	0.005	0.5		
Флуорантен	mg/kg	0.03	3		
Кризен	mg/kg	0.1	11		
Бензо(к)флуорантен	mg/kg	0.02	2		
Бензо(а)пирен	mg/kg	0.003	3		
Бензо(г.х.и)перилен	mg/kg	0.08	8		
Индено(1,2,3-цд)пирен	mg/kg	0.06	6		
ДДД	µg/kg	0.02	2		
ДДЕ	µg/kg	0.01	1		
ДДТ	µg/kg	0.09	9		
Алдрин	µg/kg	0.06	6		
Диелдрин	µg/kg	0.5	450		
Ендрин	µg/kg	0.04	40		
α-ХЦХ	µg/kg	3	20		
β-ХЦХ	µg/kg	9	20		
γ-ХЦХ (линдан)	µg/kg	0.05	20		
Алфа-ендосулфан	µg/kg	0.01	1		
Хептахлор	µg/kg	0.7	68		
Хептахлор-епоксид	µg/kg	0.0002	0.002		



## Анализа квалитета седимента – методологија

---

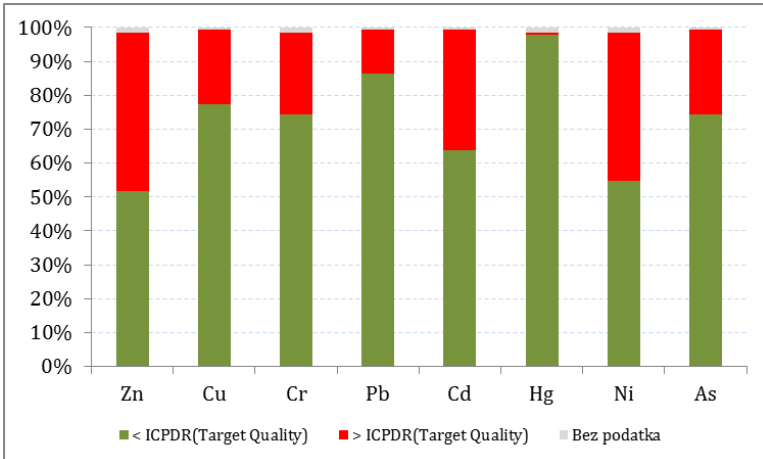
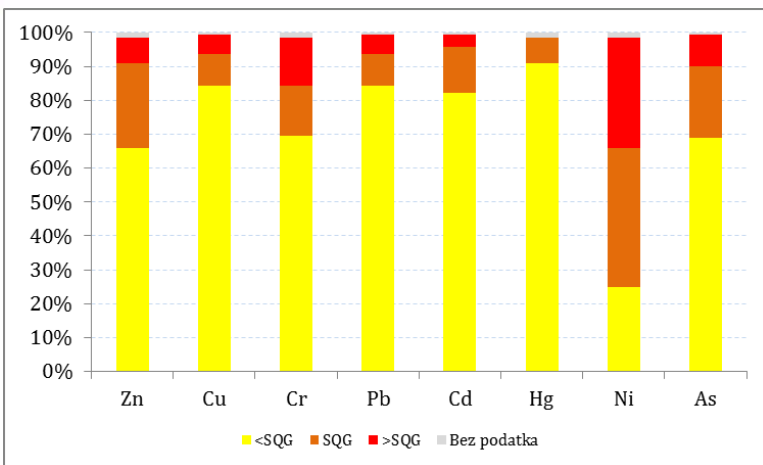
Анализа резултата испитивања квалитета седимента река и акумулација Србије са укупним бројем од 277 узорака за период од 2012.-2017. године је урађена на три начина:

- процена стања квалитета седимента поређењем измерених концентрација метала и органских микрополутаната са критеријумима за оцену загађености и оцену вероватне појаве негативних ефекта на акватичне организме (макроинвертебрате)
- применом статистичких метода за:
  - процену трендова садржаја метала у седименту реке Дунав(профил Бездан) и реке Тисе(профил Мартонош)
  - кластер анализу сличности профила у односу на садржај метала применом Ward-ове методе за слив реке Велики Тимок.
- процена обима загађености седимента на нивоу слива реке Великои Тимок, одређивањем индикатора загађености





# Анализа квалитета седимента – Оцена квалитета седимента река Србије у односу на садржај метала

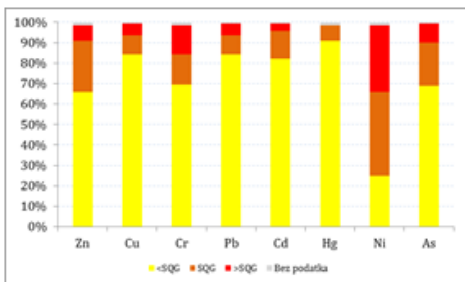


Статус садржаја метала у седиментима река Србије у односу на граничне вредности са релативном учесталости појаве

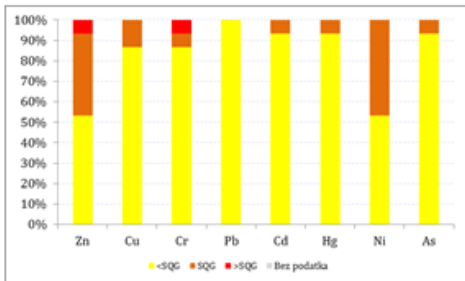
- На основу великог броја резултата испитивања квалитета седимената, са укупним бројем од 277 узорак у периоду од 2012.-2017. године, обезбеђен је свеобухватан увид у тренутни статус контаминације седимената река и акумулација Србије металима и органским микрополутантима. Добијени резултати указују на повећани садржај метала у седиментима река са највећом релативном учесталашћу појављивања за **Ni (33%)**, затим следе: **Cr (14%)**, **As (9%)**, **Zn (8%)**, **Cu (6%)**, **Pb (6%)** и **Cd (4%)** у концентрацијама које су прекорачиле граничне вредности стандарда квалитета седимента (**ниво вероватног ефекта PEL, низак распон ефекта ERM, ниво озбиљног ефекта SEL и праг токсичног ефекта TET**). Код ових седимената се може очекивати појава негативних ефеката на акватичне бескичмењаке.
- Највеће концентрације: никла (Ni) и хрома (Cr) утврђене су у седименту реке Чемернице на профилу Трбушане; арсена (As) у седименту Јадра на профилу Лешница; цинка (Zn) и олова (Pb) у седименту Борске реке на профилу Слатина; бакра (Cu) у седименту реке Велики Тимок на профилу Чокоњар; кадмијума (Cd) у седименту реке Пек на профилу Благојев камен.



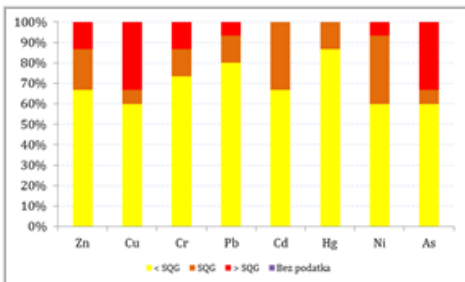
# Анализа квалитета седимента – Оцена квалитета седимента река слива Дунава (без слива Саве и Велике Мораве) у односу на садржај метала



Слив Дунава без већих притока

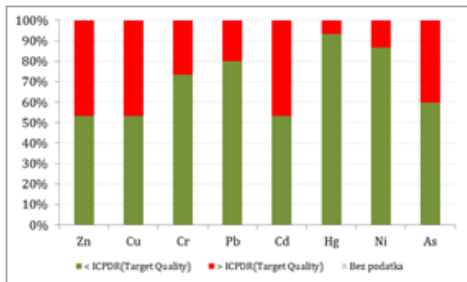


Слив Тисе

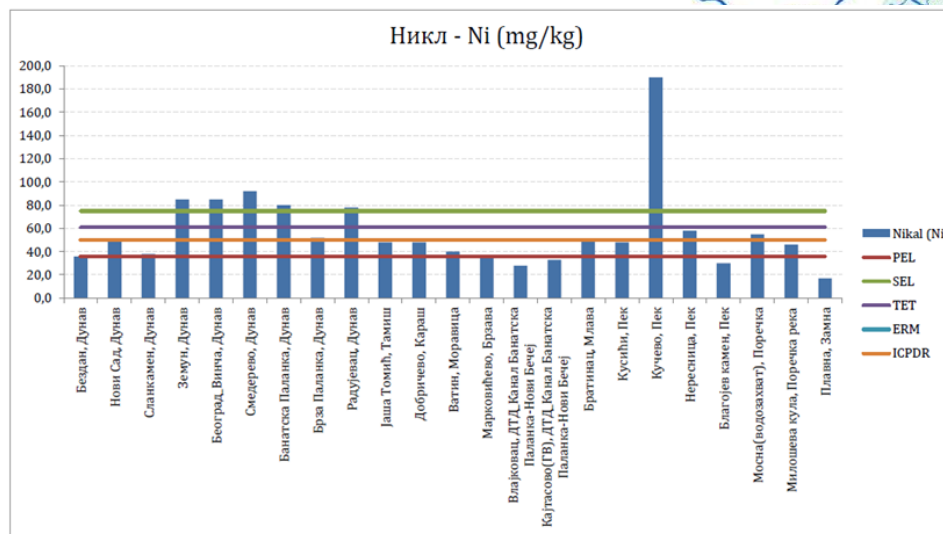


Слив Тисока

Статус садржаја метала у седиментима река дела слива Дунава у односу на граничне вредности са релативном учесталости појаве



Просторна расподела садржаја никла (Ni) у седименту река у делу слива Дунава



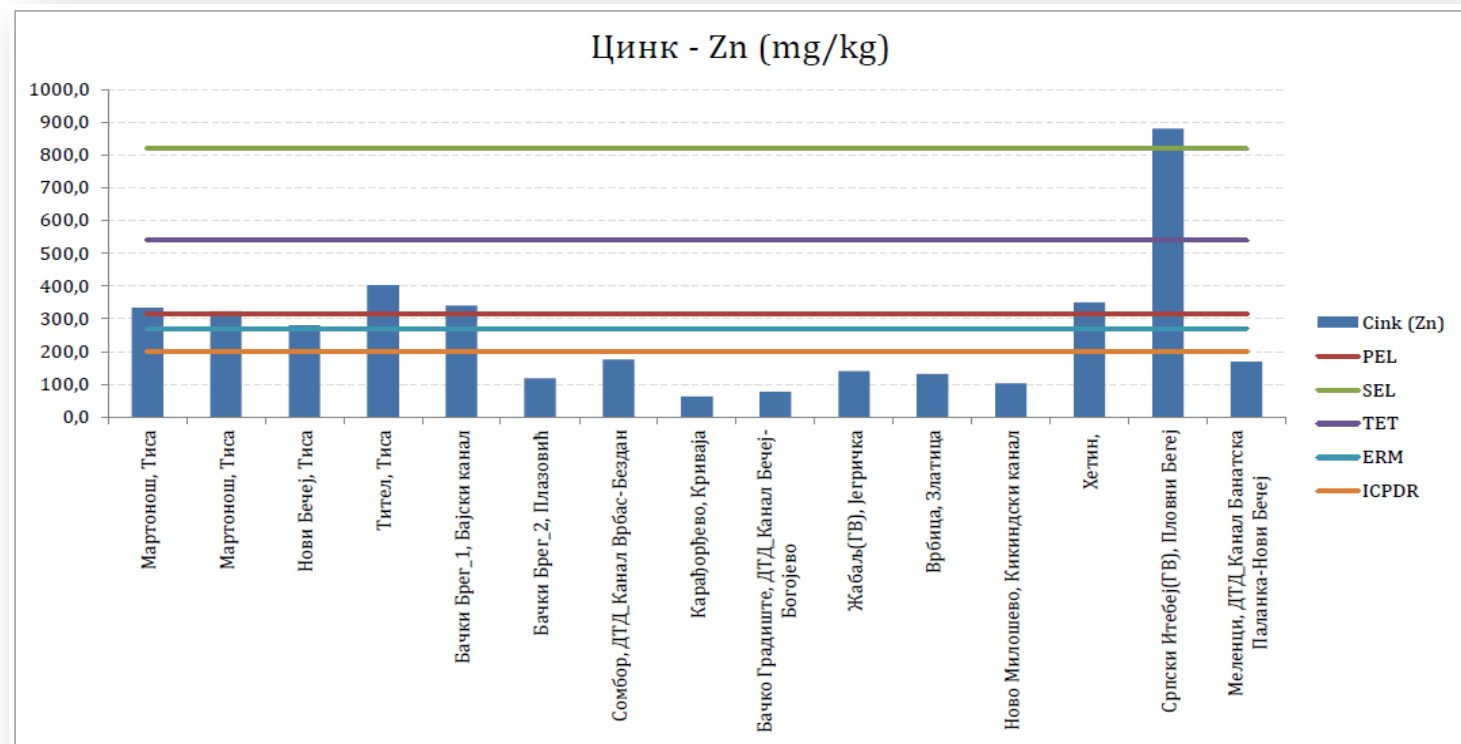
Садржај никла у седименту Дунава и појединих водотока у делу слива Дунава у односу на критеријуме квалитета



# Анализа квалитета седимента – Оцена квалитета седимента река слива Тисе у односу на садржај метала



Просторна расподела садржаја Цинка (Zn) у седименту река у сливу Тисе

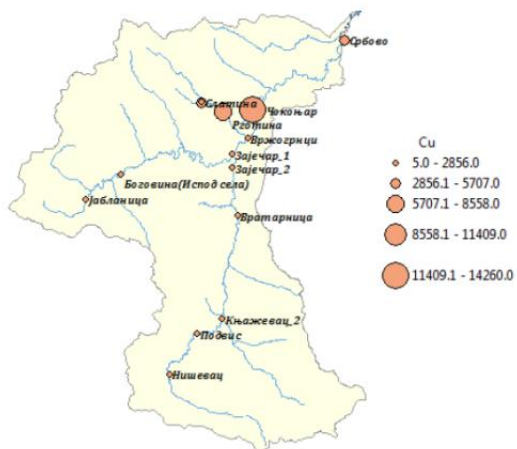


Садржај цинка у седименту појединих водотока у сливу Тисе у односу на критеријуме квалитета

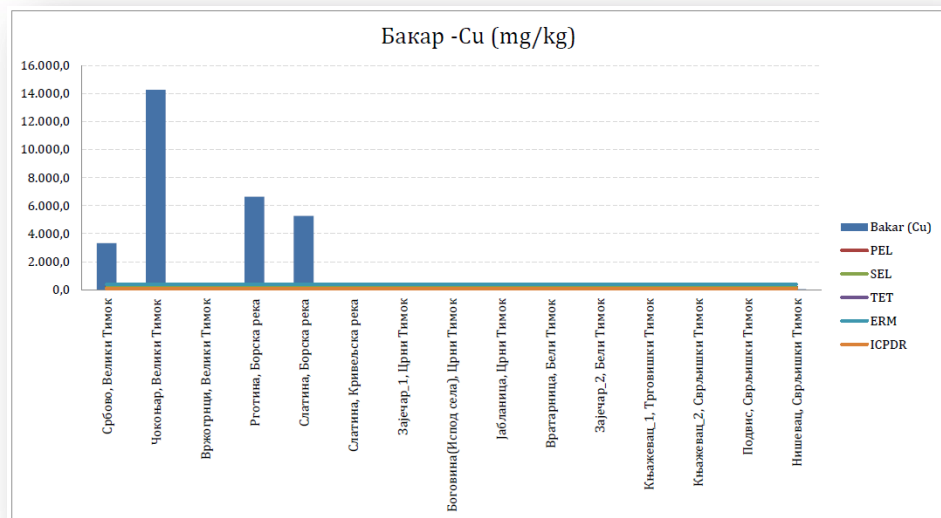




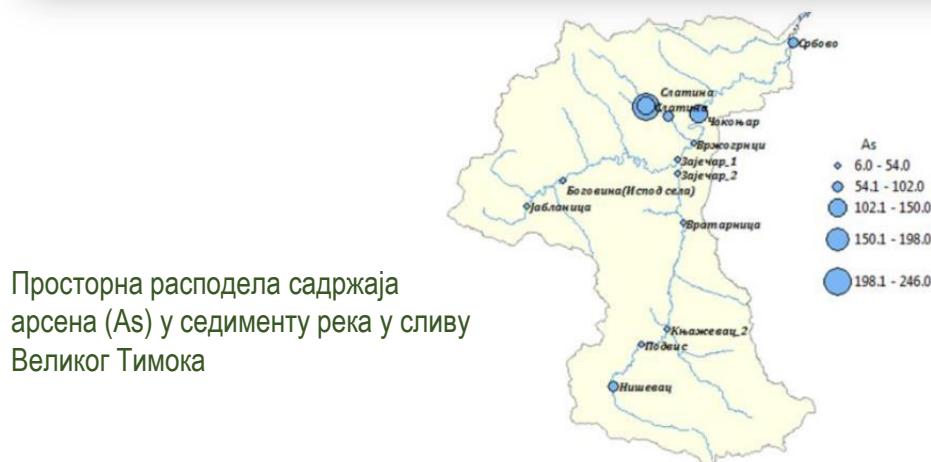
# Анализа квалитета седимента – Оцена квалитета седимента река слива Великог Тимока у односу на садржај метала



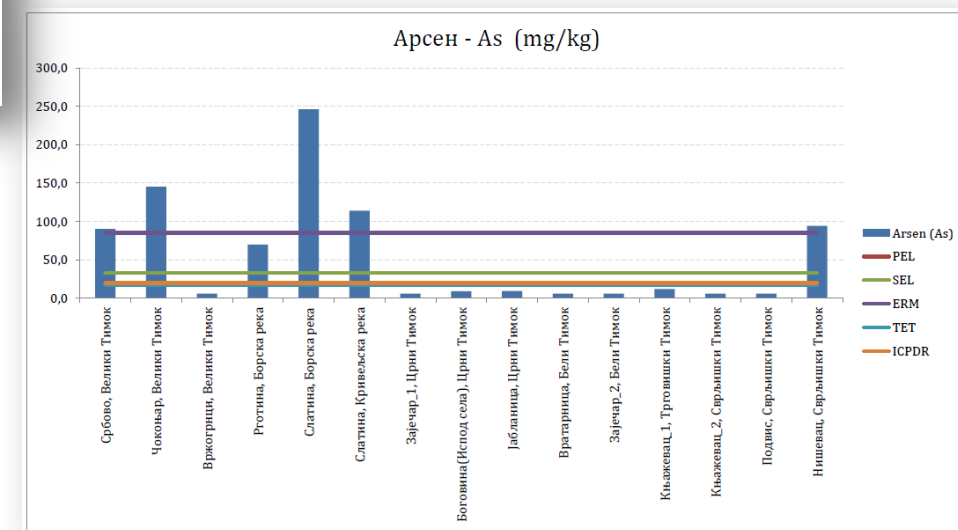
Просторна расподела садржаја бакра (Cu) у седименту река у сливу Великог Тимока



Садржај бакра (Cu) у седименту појединих водотока у сливу Великог Тимока у односу на критеријуме квалитета



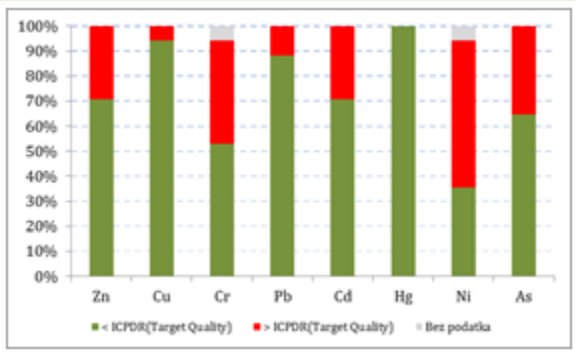
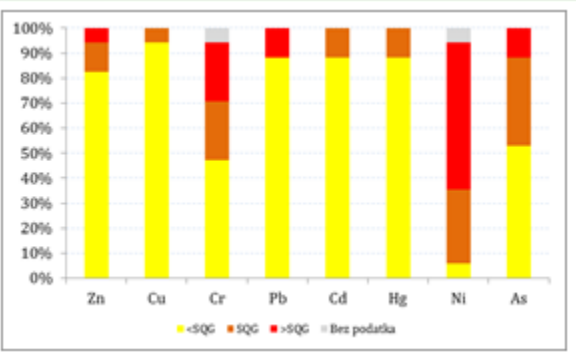
Просторна расподела садржаја арсена (As) у седименту река у сливу Великог Тимока



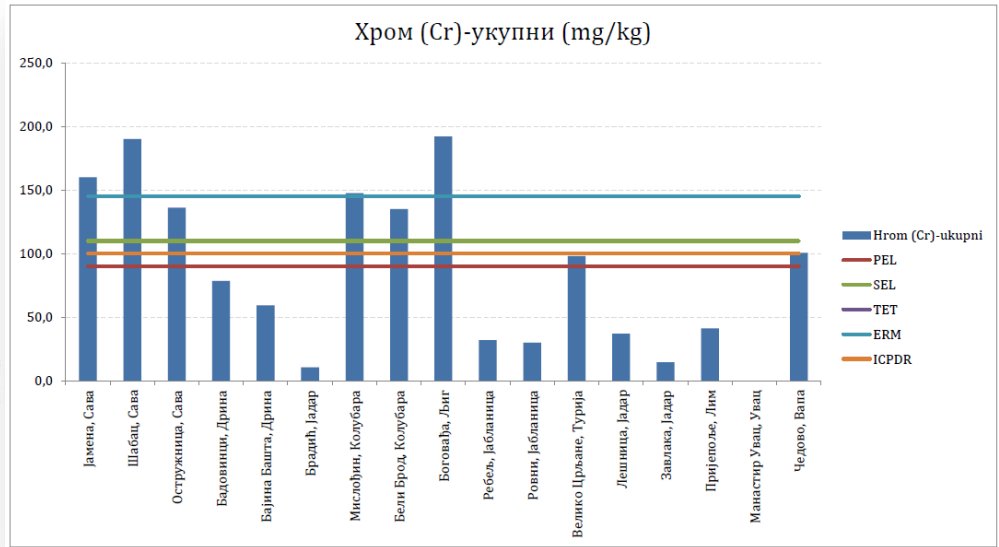
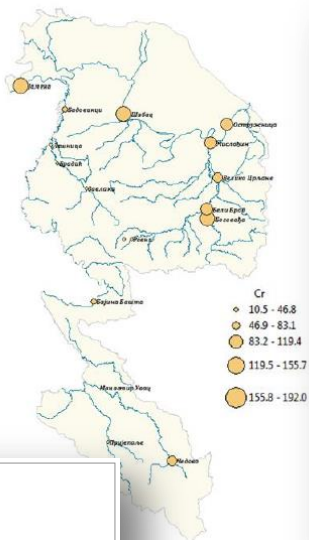
Садржај арсена (As) у седименту појединих водотока у сливу Великог Тимока у односу на критеријуме квалитета



# Анализа квалитета седимента – Оцена квалитета седимента река слива Савеу односу на садржај метала

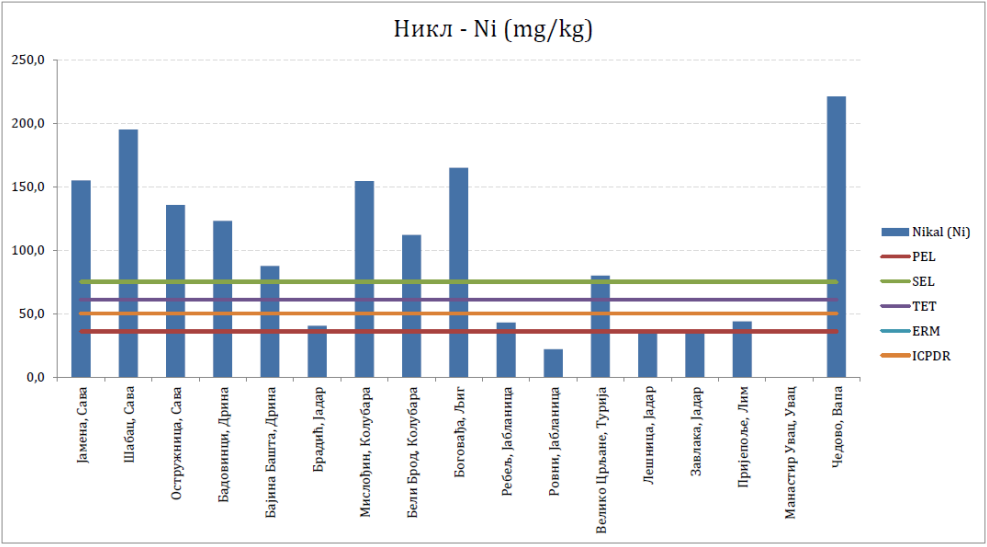
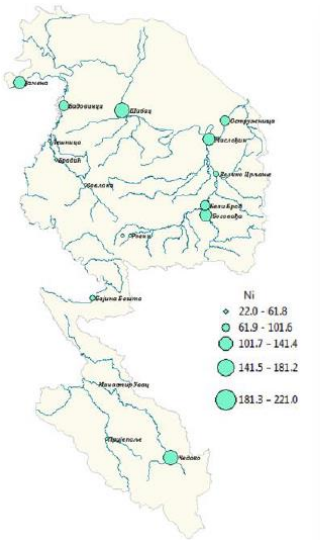


Статус садржаја метала у седиментима река слива Саве у односу на граничне вредности са релативном учесталошћу појаве



Просторна расподела садржаја хрома (Cr)

Садржај хрома у седименту река у сливу Саве у односу на критеријуме квалитета



Садржај никла у седименту река у сливу Саве у односу на критеријуме квалитета

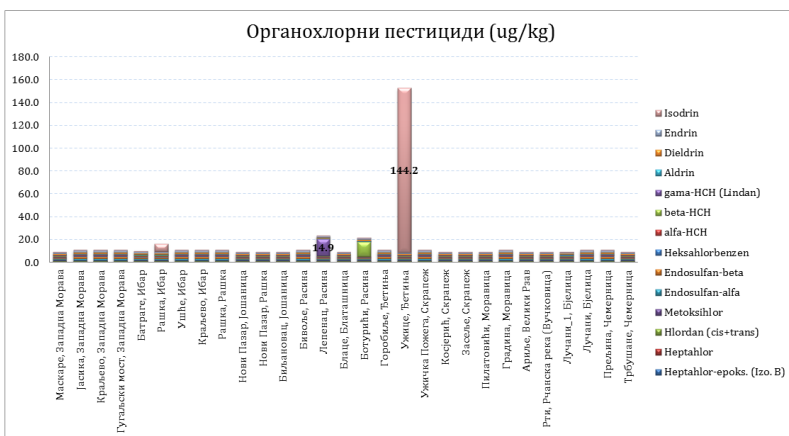
Просторна расподела садржаја никла (Ni)





# Анализа квалитета седимента – Оцена квалитета седимента река Србије у односу на садржај органских микрополутаната

- Оцена квалитета седимента у односу на садржај органских микрополутаната, груписаних: полициклични ароматични угљоводоници (ПАХ), полихлоровани бифенили (РСВ), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина
- Резултати анализе садржаја органских микрополутаната у седименту река Србије указују на присуство органохлорних пестицида. Издвајају се **p,p-DDT**, **p,p-DDD** и **p,p-DDE**, чије присуство је регистровано у седиментима појединих испитиваних река у концентрацијама већим од MDK и ERM (низак распон ефекта), као и линдана (Расина/Лепенац) у концентрацији већој од граничних вредности *прага токсичног ефекта* (TET) и *нивоа озбиљног ефекта* (SEL). Од пестицида на бази триазина регистрована је појава: тербутрина (Земун, Београд\_Винча и Смедерево/Дунав); тербутилазина и десетилтербутилазина (Бачки Брег\_2/ Плазовић), метолахлора (Мартонош (ДО)/Тиса), атразина (Зајечар\_2/Бели Тимок) и ацетохлора (Нови Пазар/Јошаница)



Садржај органохлорних пестицида у седиментима река у сливу Западне Мораве

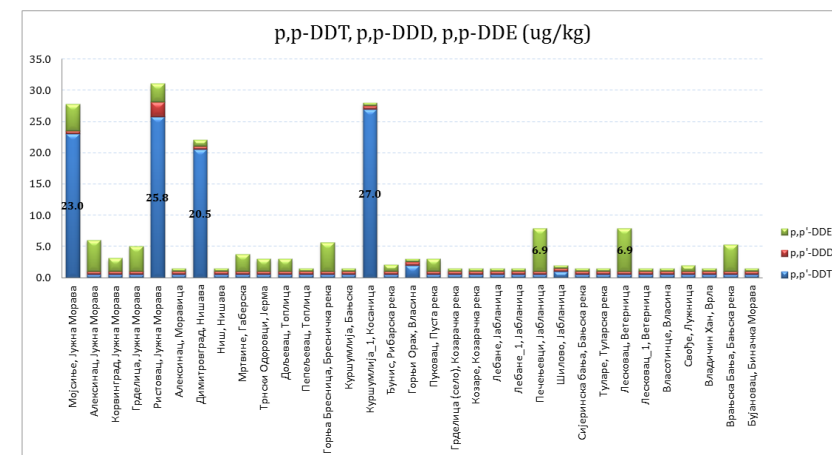
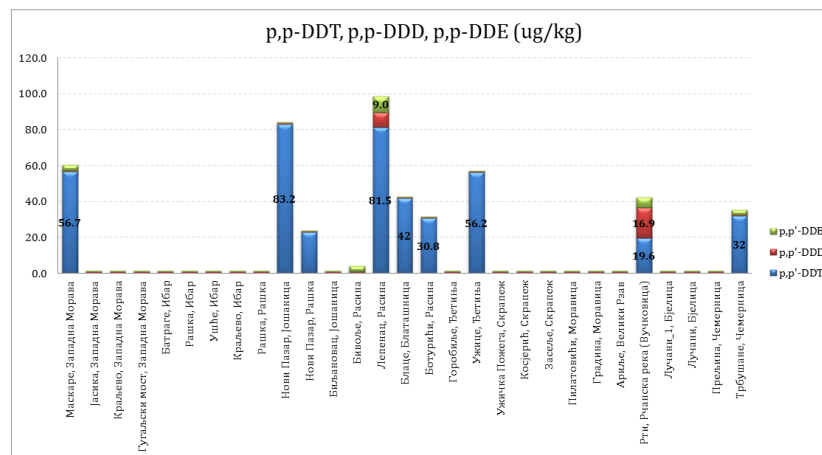
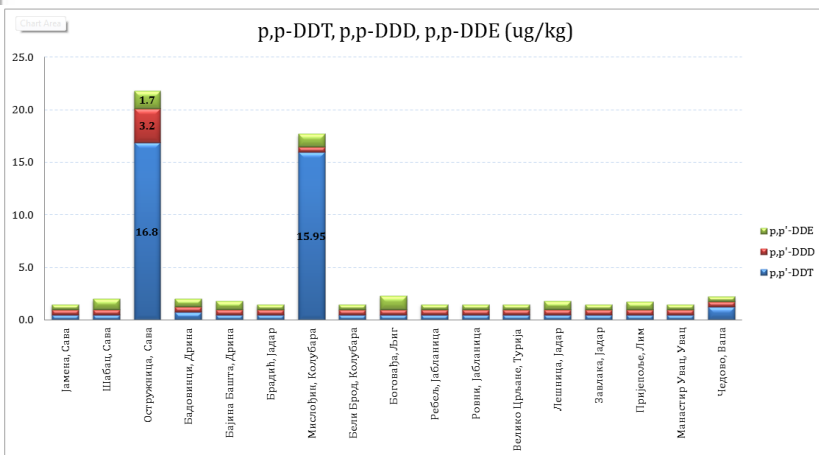
Хексахлороциклохексан (НСН) је органохлорни пестицид који се јавља у четири изомерна облика-  $\alpha$  НСН,  $\beta$  НСН,  $\gamma$  НСН и  $\delta$  НСН. Он је канцероген, токсичан и биоакумулира се у ланцу исхране. У комерцијалној употреби је доступан у два облика – технички НСН и **Линдан**. Технички НСН се састоји од 60-70%  $\alpha$  НСН, 5-12%  $\beta$  НСН, 10-15%  $\gamma$  НСН, 6'-10%  $\delta$  НСН. „**Линдан**“ садржи преко 90%  $\gamma$  НСН. Такође, у животној средини је енергетски много повољнија изомеризација  $\alpha$  облика у  $\beta$ , као и  $\gamma$  облика (преко  $\alpha$  облика) у стабилан  $\beta$  облик. На тај начин се може установити старост загађења неког седимента.





# Анализа квалитета седимента – Оцена квалитета седимента река Србије у односу на садржај органских микрополутаната

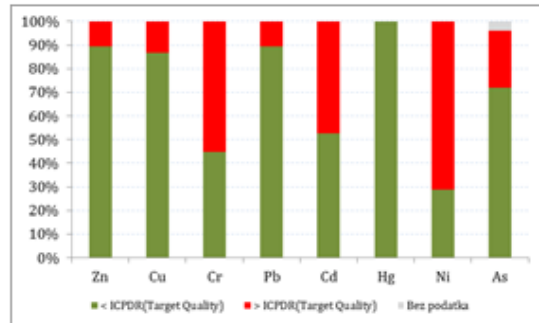
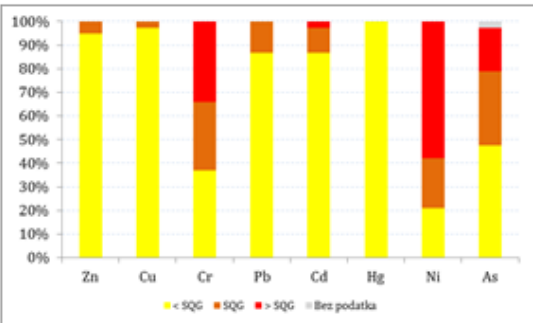
- Анализом појединих узорака седимента детектована је значајно већа заступљеност p,p' DDT у односу на његове деградационе производе, p,p' DDE и p,p' DDD. Дијагностички односи DDT/(DDE+DDD) у овим узорцима седимента су изузетно високи и указују на недавну употребу старих залиха p,p' DDT.



Садржај p,p-DDT, p,p-DDD, p,p-DDE у седиментима река у сливу Саве, Западне Мораве и Јужне Мораве

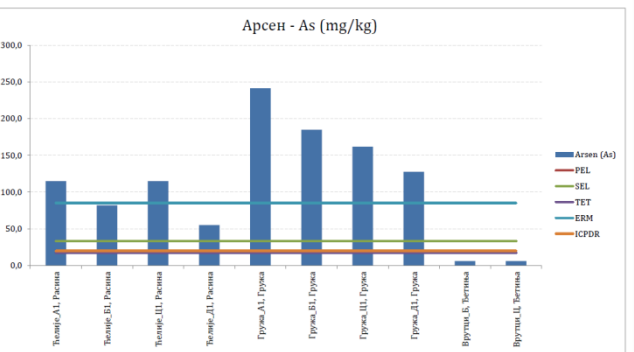
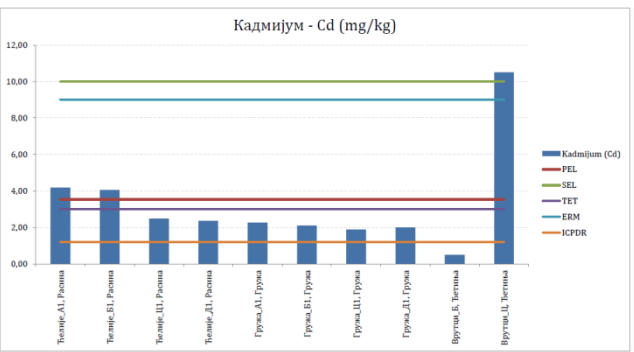
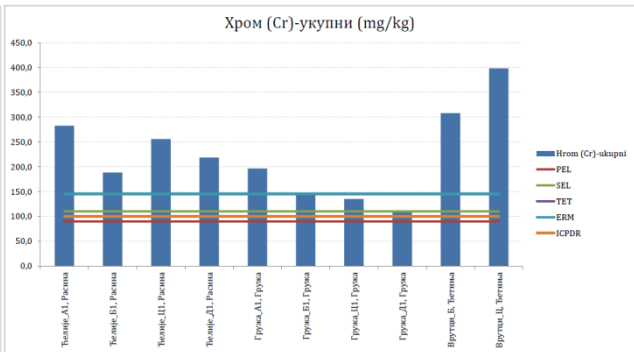
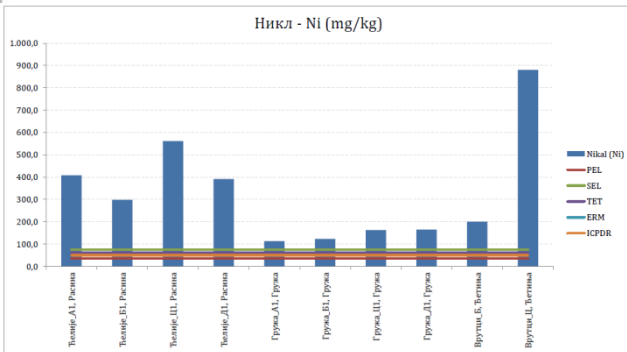


# Анализа квалитета седимента – Оцена квалитета седимента акумулација у односу на садржај метала



Статус садржаја метала у седиментима акумулације Србије у односу на граничне вредности критеријума који указују на вероватну појаву негативних ефеката на акватичне бескичмењаке и препоручене критеријуме ICPDR (Qualiti targets) са релативном учесталости појаве

- Добијени резултати у седиментима акумулација указују на повећани садржај метала са највећом релативном учесталošћу појављивања за **Ni** (58%), затим следе **Cr** (34%), **As** (18%) и **Cd** (3%) у концентрацијама које су прекорачиле граничне вредности стандарда квалитета седимента (ниво вероватног ефекта PEL, низак распон ефекта ERM, ниво озбиљног ефекта SEL и праг токсичог ефекта TET). Код ових седимената се може очекивати појава негативних ефеката на акватичне бескичмењаке. Највеће вредност никла (**Ni**), хрома (**Cr**) и кадмијума (**Cd**) измерене су у седименту акумулације **Врутци**, док је највећа вредност арсена (**As**) детектована у седименту акумулације **Гружа**.

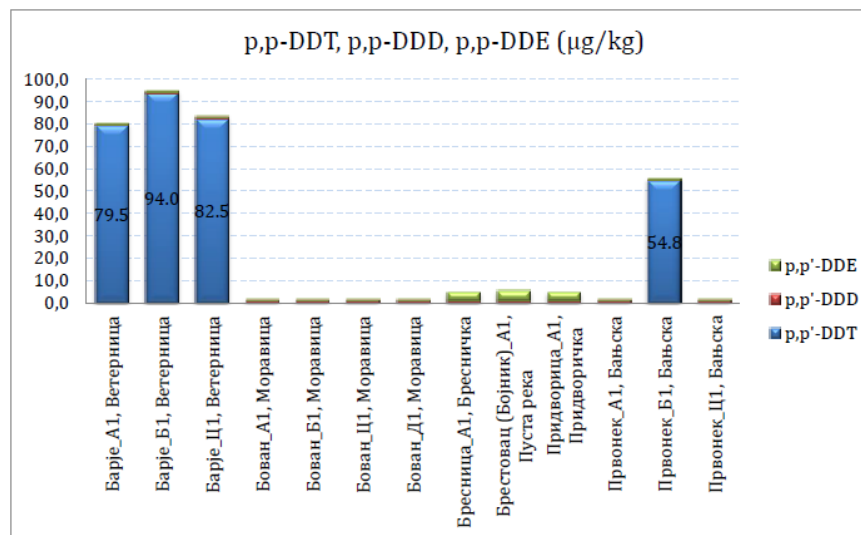


Акумулације у сливу Западне Мораве обухваћене мониторингом седимента у периоду 2012.-2017.

# Анализа квалитета седимента – Оцена квалитета седимента акумулација у односу на садржај органских микрополутаната



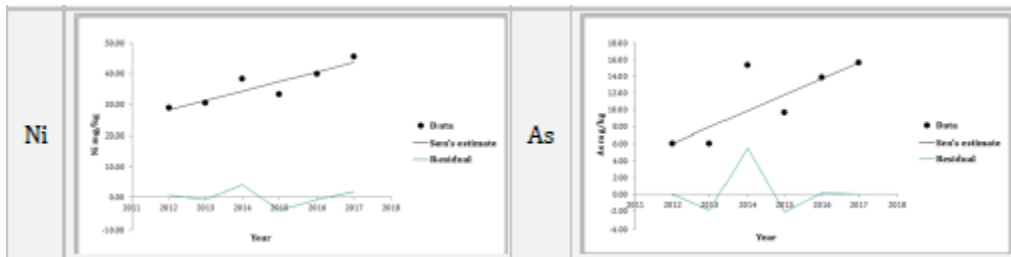
Резултати анализе садржаја органских микрополутаната у седиментима акумулација Србије указују на присуство органохлорних пестицида. Издваја се **p,p-DDT** чија је концентрација у акумулацијама **Грлиште** и **Сјеница** била већа од ERM (*низак распон ефекта*) и MDK, док је у акумулацијама **Барје** и **Првонек** била већа од ERM (*низак распон ефекта*), ТЕТ (*праг токсичог ефекта*) и MDK. У акумулацијама Грлиште, Букуља, Врутци, Брестовац-Бојник регистровано је присуство **p,p-DDE** у концентрацијама већим од MDK. Такође је утврђено присуство изодрина у акумулацијама Сјеница и Нова Грошница.



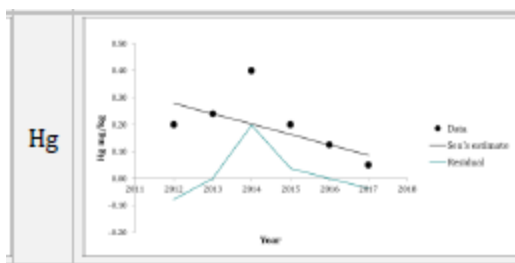
Овако високе концентрације p,p' DDT и концентрације његових деградационих производа испод границе квантификације у наведеним тачкама ове акумулације, указују на „ново“ загађење, односно да су на сливним подручјима акумулације Барје и Првонек у скорије време површине третиране p,p' DDT-ом.

Акумулације у сливу Јужне Мораве обухваћене мониторингом седимента у периоду 2012.-2017.

# Анализа квалитета седимента – Оцена тренда садржаја метала



Графички приказ резултата одређивања тренда садржаја метала у седименту реке Дунав на профилу Бездан применом непараметарског Mann-Kendall теста



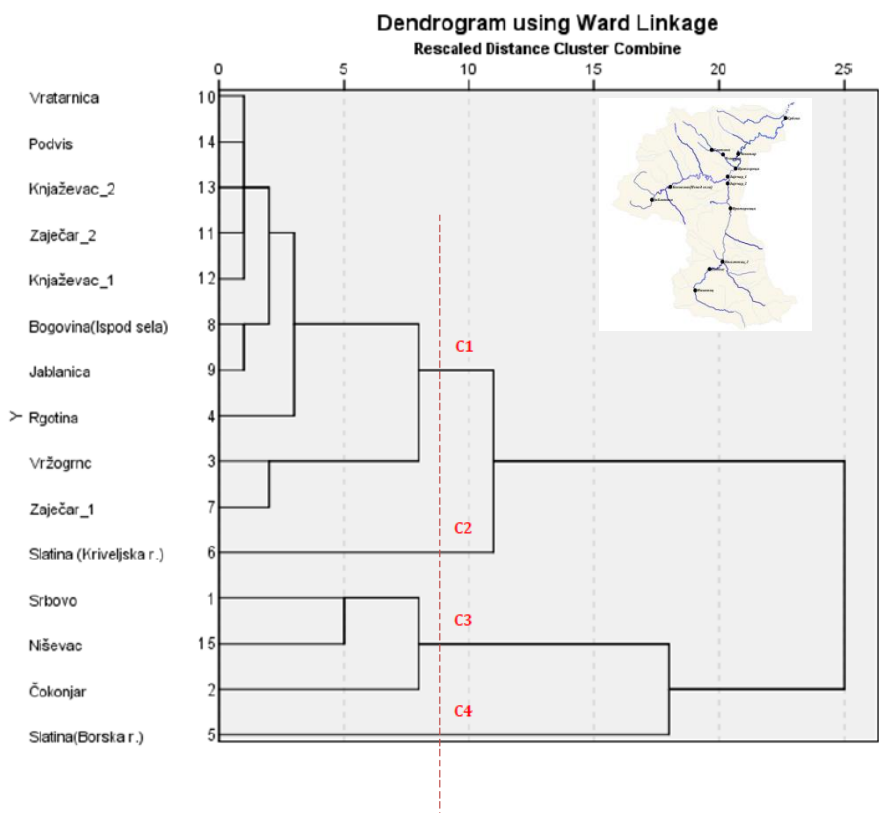
Графички приказ резултата одређивања тренда садржаја Hg у седименту реке Тисе на профилу Мартонош (лева обала) применом непараметарског Mann-Kendall теста

- Идентификација и процена трендова садржаја метала урађена је на бази срачунатих просечних годишњих вредности концентрација метала (Fe, Mn, Zn, Cu, Cr, Pb, Cd, Hg, Ni и As) за период 2012.-2017. година применом непараметарског **Mann-Kendall** теста за мале узорке ( $n < 10$ )

- Анализа тренда садржаја метала у седименту река урађена је за профиле са највећим бројем извршених испитивања квалитета седимента и то за Бездан-Лева обала (4-5 узорака по календарској години), Мартонош\_Десна обала (4-5 узорака по календарској години) и Мартонош\_Лева обала (4 узорака по календарској години)
- Статистички значајан растући тренд утврђен је за садржај никла и арсена у седименту реке Дунав на профилу Бездан, док је статистички значајан опадајући тренд утврђен за садржај живе у седименту реке Тисе на профилу Мартонош на левој обали.
- За садржај осталих метала у седименту реке Дунав и реке Тисе, иако једначине линеарних зависности показују пораст или смањење концентрација појединих метала, примењеном методологијом нису квантификовани значајни трендови.



# Анализа квалитета седимента – Кластер анализа



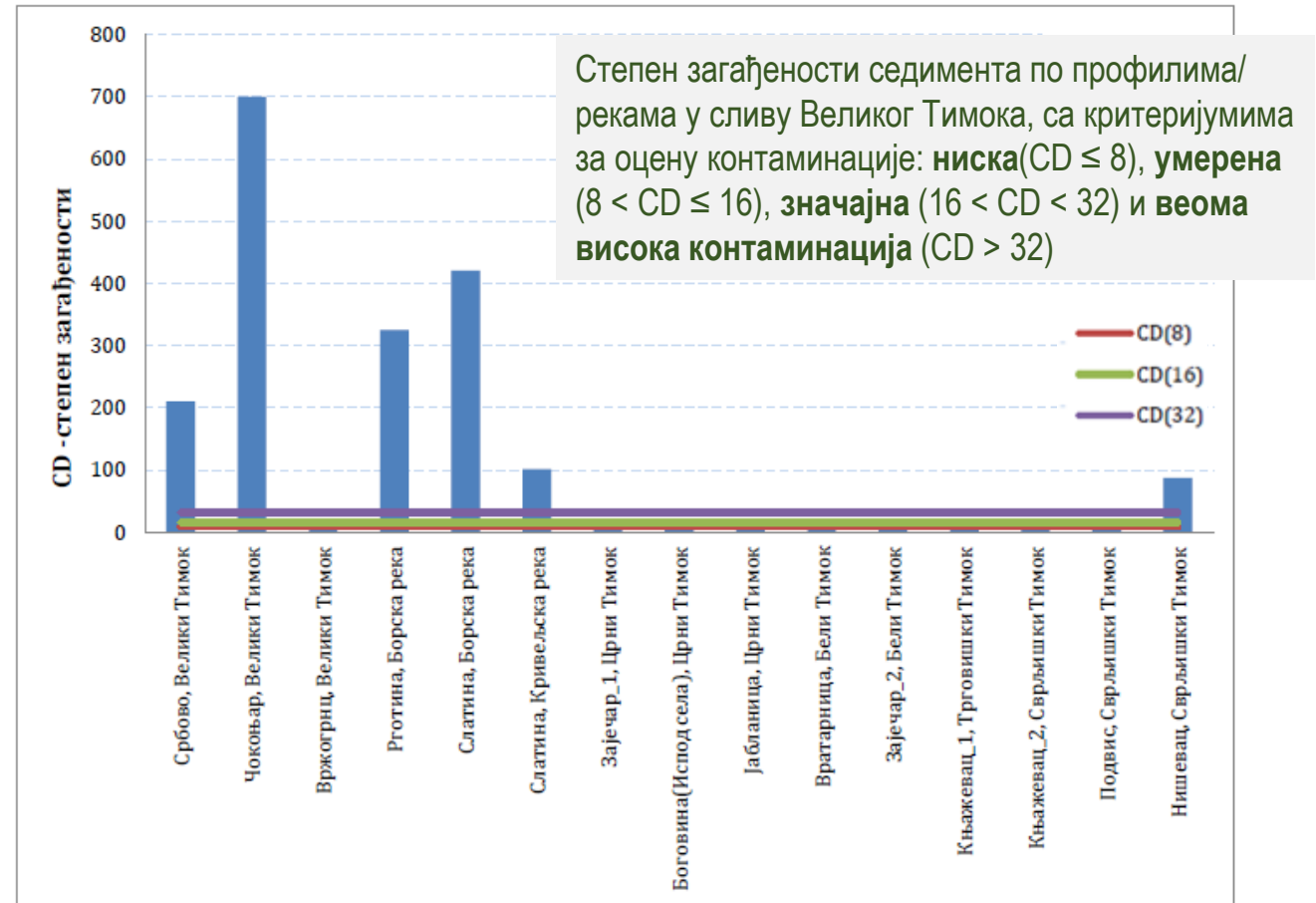
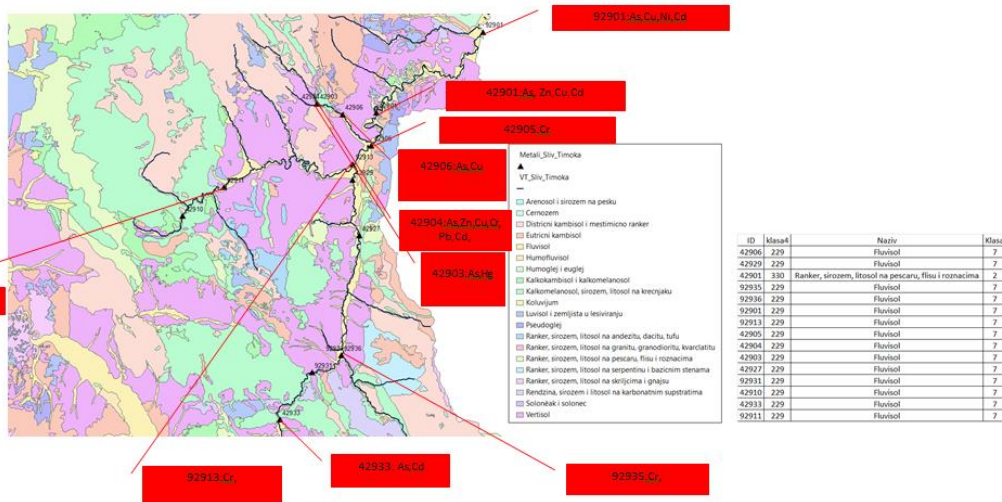
Дендограм -груписање мерних профила у сливу реке Велики Тимок применом кластер анализе

- Груписање мерних профила на којима је вршено испитивање квалитета седимента у сливу Великог Тимока извршено је применом кластер анализе на бази садржаја **метала** у седиментима. Примењено је хијерархијско кластирање на нормализованом сету података применом Ward's методе и квадратне Еуклидове удаљености.
- Кластер анализа урађена је применом SPSS софтверског пакета
- Кластер (C1)**: профили у сливу Белог Тимока: Вратарница, Подвис, Књажевац\_2, Зајечар\_2 и Књажевац\_1.
- Наведеним профилима придружени су подкластери које чине: Боговина/Црни Тимок, Јабланица/Црни Тимок, Вржогрнци/Велики Тимок и Зајечар\_1/Бели Тимок. Посебан подкластер чини профил Рgotина/Борска река, који карактерише висок садржај бакра у седименту, док су концентрације осталих метала имале сличне вредности са измереним концентрацијама на осталим профилима у кластеру
- Профил Слатина/Кривељска река је одвојен у посебан **кластер (C2)**, за који је карактеристична повећана вредност арсена, олова и живе у седименту.
- Дендограм указује на сличност седимената, у погледу садржаја метала, на профилима Србово/Велики Тимок, и Чокоњар/Велики Тимок (**кластер (C3)**) и Слатина/Борска Река (**кластер (C4)**), што је и за очекивати јер овај део слива Великог Тимока одликује интензивна експлоатација и прерада руда обојених и племенитих метала. Изузетак чини профил Нишевац/Сврљишки Тимок (**кластер (C3)**). Карактеристика сливног подручја узводно од овог профила огледа се у развијеној индустријској производњи до 90-тих година (текстилна, електронска, машинска, прехранбена и дрвопрерађивачка индустрија)



# Анализа квалитета седимента – Процена утицаја природних и антропогених фактора на квалитет седимента

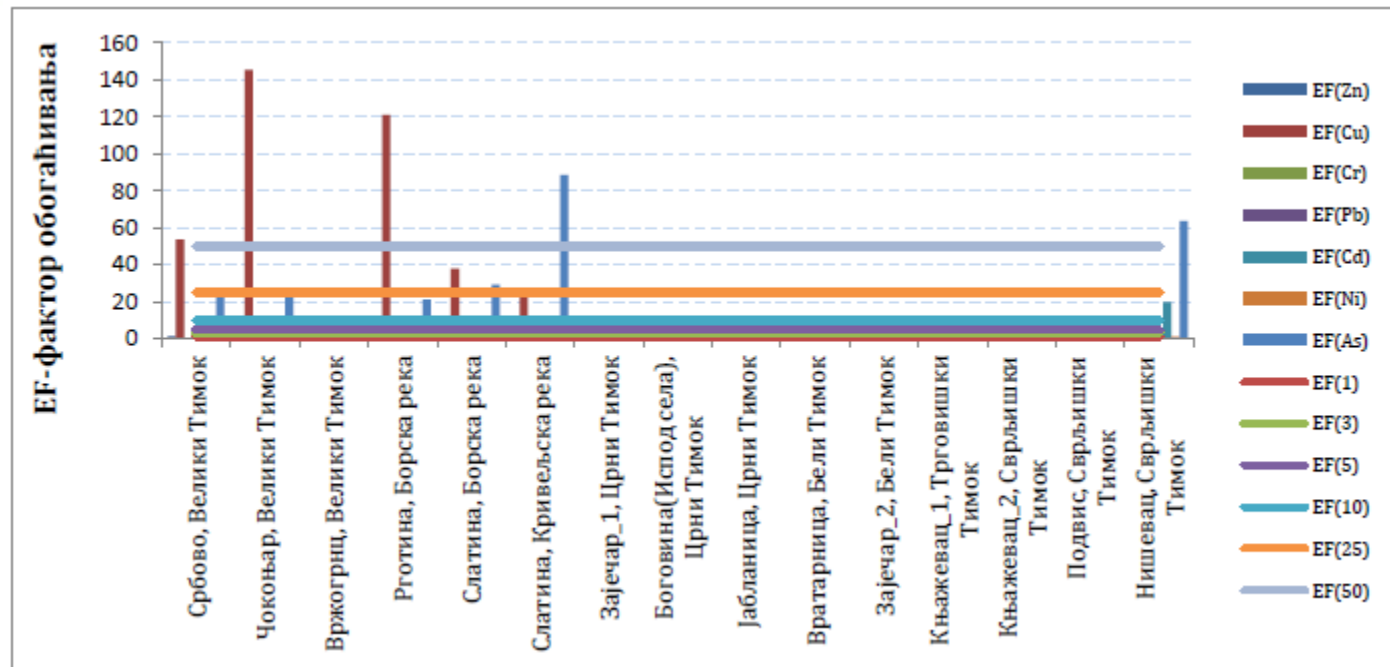
- Процена обима загађености седимента металима на нивоу слива Великог Тимока урађена је применом индикатора загађености:
  - фактора обогаћивања (EF)
  - геоакумулационог индекса (Igeo)
  - фактора контаминације (CF)
  - степена контаминације (CD)





# Анализа квалитета седимента – Процена утицаја природних и антропогених фактора на квалитет седимента

- Израчунате вредности фактора обогаћивања (EF) седимента појединим металима, у сливу Великог Тимока, указују да седимент на профилима: Србово/Велики Тимок, Чокоњар/Велики Тимок и Рготина/Борска река има екстремно озбиљан ниво обогаћености садржајем бакра (Cu), док на профилима Слатина/Кривељска река и Нишевац/Сврљишки Тимок има екстремно озбиљан ниво обогаћености садржајем арсена (As)



Ниво обогаћивања седимента појединим металима у сливу реке Велики Тимок, и критеријуми за оцену обогаћености металима

- Користећи критеријум за оцену антропогеног утицаја ( $EF > 10$ ), констатује се да на профилима: Србово (Cu и As), Чокоњар (Cu и As), Рготина (Cu и As), Слатина (Борска река) (Cu и As), Слатина (Кривељска река) (Cu и As) и Нишевац (Cd и As), садржај наведених метала вероватно потиче од тачкастих и дифузних извора загађења.



## Препоруке

---

1. План управљања сливом, за делове сливног подручја за која су урађене претходне студије, допунити Планом управљања седиментом који треба, најмање, да садржи:
  - а) Акциони план за смањење извора загађивања, посебно из дифузних извора,
  - б) План чишћења/багеровања, депоновања, евентуалног третирања и каснијег коришћења седимента,
  - в) План за смањење ерозије земљишта, са нагласком на редукцију депоновања седимента са пратећим загађењем у речно корито.
2. Афирмисати настојање за корисном употребом седимента са или без претходног третмана, тако да се размотре стандарди квалитета за третиране седименте.
3. Постојећа регулатива која уређује област депонија и отпада се мора проширити узимајући у обзир специфична својства материјала багераног са речног дна. Овај материјал третирати као „муљ од јаружења“ који може садржати опасне материје





Република Србија  
Министарство заштите животне средине  
Агенција за заштиту животне средине

---

**ХВАЛА НА ПАЖЊИ**