



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

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 Допуђа 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 Ћићевац); Река Топчидерка – чишћење корита, Рипањ/Београд, 2016.

Штампа: Енергодата, 2019, Београд

CD-ROM копија: 200

ISBN 978-86-87159-23-5

Садржај

1. УВОД.....	3
2. ЗАШТО ЈЕ СЕДИМЕНТ ВАЖАН ЗА ВОДЕНЕ ЕКОСИСТЕМЕ?.....	5
2.1. Основе настанка и транспорта седимента.....	5
2.2. Таложeње 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	259
7. ЛИТЕРАТУРА	263

1. УВОД

Седимент игра важну улогу у процесима кружења у воденој средини и утиче на транспорт значајног броја хранљивих материја и загађујућих супстанци. Већим делом седимент у површинским водама води порекло из површинске ерозије земљишта и састоји се углавном од минералне компоненте. Додатна органска компонента настаје биолошким активностима унутар водене средине. Транспорт седимената у рекама повезан је са широким спектром еколошких и инжењерских питања и ова проучавања постају све важнија на националном и међународном нивоу, а као потреба за проценом проноса загађења реком у прекограничном појасу.

Највећи водотоци у Србији су прекограничне реке - Дунав, Сава и Тиса, и већина транспорта седимента одвија се дуж ових река. Досадашња истраживања настајања и транспорта речног седимента у Србији углавном се заснивају на повезаности између ерозионих процеса унутар сливних подручја и транспорта седимента дуж речне мреже. Просторна расподела ових процеса је важна јер се ерозиони процеси обично одвијају у планинским подручјима где транспортни процеси започињу путем мреже бујичних водотокова и завршавају се у највећим низијским рекама. Територија Србије има природну хидроморфолошку предиспозицију за развој ерозионих процеса, с обзиром да је три четвртине територије брдовито или планинско. Постоје бројне карактеристичне топографске особености које погодују интензивној ерозији на територији Србије. Пре свега, хетероген геолошки састав и ерозивне речне обале, и са друге стране, проређен вегетациони покривач у брдовитим подручјима који штити земљиште од еродирања. Сходно томе, постоји интеракција између три главна покретача процеса ерозије: енергија, отпорност и заштита, што је резултирало узроцима ерозије који се генерално сусрећу у Србији (Petković *et al*, 2014; Belanović *et al*, 2013).

Ова публикација садржи анализе резултата испитивања квалитета седимента река и акумулација из годишњих програма мониторинга површинских вода за период од 2012. до 2017. године који спроводи Агенција за заштиту животне средине. Пред стручном јавношћу и доносиоцима одлука сви ови резултати анализа квалитета седимента река Србије се сада први пут интегрално презентују. Уз довољно литературних података о међународним истраживањима дате су информације о стварним утицајима контаминације седимента у нашим рекама, упоређене са штетним ефектима на нивоу акватичног екосистема, уз претходну стандардну оцену прекорачења граничних концентрација хемијских показатеља квалитета. Оваквим садржајем публикација испуњава веома важан циљ пружањем информација о потреби ремедијације на предметним профилима/локацијама и евентуалног каснијег коришћења депонованог муља. Могло би се рећи да се пред читаоцем налази нова прича о седименту чији се наставак очекује, али за који још није довољно истражен важан сценарио који говори о ланцу исхране на чијем врху се налазе људи.



Смеће у реци Ибар – Краљево, фебруар 2018.

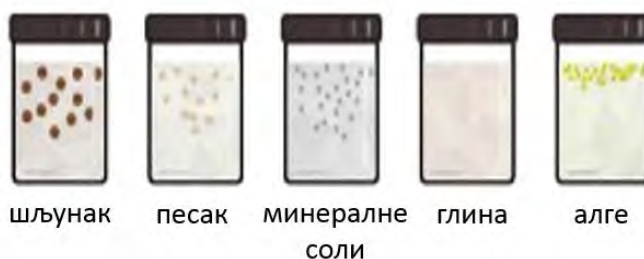


Чишћење корита реке Топчидерке – Рипањ, март 2016.

2. ЗАШТО ЈЕ СЕДИМЕНТ ВАЖАН ЗА ВОДЕНЕ ЕКОСИСТЕМЕ?

2.1. Основе настанка и транспорта седимента

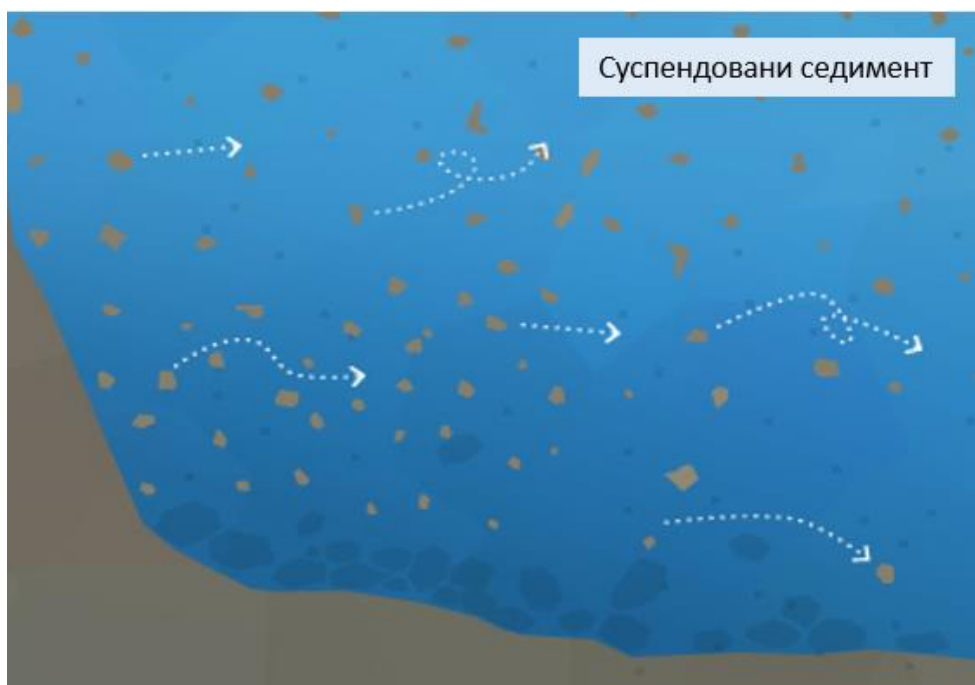
Седимент је мешавина различитог материјала, органског и неорганског порекла који се преноси водом или ледом и најчешће обухвата минералне соли, глину, муљ, песак и биолошки материјал (алге), (слика 2.1.1). Ерозијом у речном сливу под утицајем воде разарају се честице на површини земљишта и долази до њиховог транспорта из горњих у доње делове слива посредством енергије површинских вода које се сливају.



Слика 2.1.1. Честице седимента органског и неорганског порекла ¹

До сливања атмосферских вода и транспортовања покренутих честица седимента долази када интензитет падавина постане већи од интензитета упијања палих вода на земљиште, при чему се транспортују и хемикалије и загађујуће материје различитог порекла. Уколико покренути материјал премашује расположиве транспортне капацитете, количина седимента је једнака транспортном капацитету. Супротно, уколико је транспортни капацитет већи од потребног за транспорт покренутог материјала, транспортује се целокупан покренути материјал. Седимент који настаје у процесу ерозије у сливу може бити површински и дубински. Као производ површинске ерозије највећим делом настаје суспендовани речни седимент, кога карактерише ситан гранулометријски састав и начин транспорта у речном току у виду суспензије, а повремено се исталожава учествујући у формирању речног корита (Мушкатиновић, 1979), (Слика 2.1.2).

¹ *Sediment Transport and Deposition*: <http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/hydrology/sediment-transport-deposition/>



Слика 2.1.2. Покренуте честице суспендованог седимента²

У процесу дубинске ерозије већим делом настаје вучени седимент кога у поређењу са суспендованим карактерише знатно крупнији гранулометријски састав и начин транспорта дуж речног тока. Честице овог наноса крећу се котрљањем (вучењем) по речном дну, или у виду скокова³, (Слика 2.1.3).



Слика 2.1.3. Покренути вучени седимент - котрљањем или у виду скокова

² *Ibid*: фуснота 1

³ *Ibid*: фуснота 1

Већина минералних седимената настаје разградњом органских супстанци, али и неорганских биогених материјала који се сматрају седиментом. Честице седимента су различите величине, глине су мање од 0,00195 mm у пречнику, а груби песак достиже и 1,5 mm у пречнику. Током поплаве или другог догађаја са великим протицајем у реци, чак и веће камење се може класификовати као седимент јер се преноси низводно. Подела на суспендовани и вучени седимент је условна, јер понашање појединих фракција зависи од конкретних хидрауличко-хидролошких услова који владају у водотоку. Ако се укупна количина речног седимента, који се исталожава у речном кориту прикаже са 100%, оријентационо суспендованог седимента има око 85 до 95% и вученог од 15 до 5%.

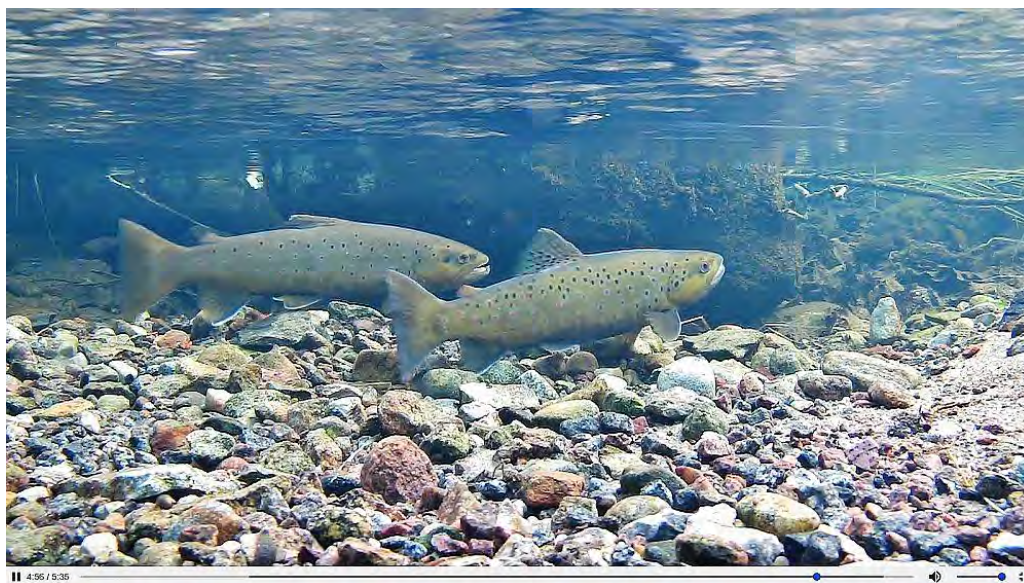


Слика 2.1.4. Ушће Саве у Дунав: муљевита Сава и зеленкасти Дунав (фото: В. Данилов, 2017)

Мутноћа у рекама зависи од транспортног капацитета потребног за покретање седимента. Када се повећава проток, повећава се и транспортни капацитет и укупни транспорт седимената, истовремено се и повећава замућеност у реци. Иако се замућеност не може користити за процену транспорта седимента, може се успоставити корелација са концентрацијама суспендованим седиментом на одређеној локацији.

2.2. Таложење седимента и утицај на водену средину

Седимент је неопходан за развој водених екосистема кроз процес обогаћивања нутријентима и стварања бентоса као станишта и подручја мрешћења риба. Таложење седимента се јавља када се брзина воде смањи и транспортни капацитет слаби, а тешке честице више не могу бити покретане помоћу турбуленције. Овај процес се одвија било где у речном сливу, од високих планина и брда, низијских река, акумулација, и током поплава. Међутим, иако је седимент значајан за раст воденог станишта може изазвати еколошке проблеме ако су стопе таложења превисоке или сувише ниске. Многи водени екосистеми имају користи од транспорта седимента и таложења, било директно или индиректно. Седимент је одговоран и за формирање хранљивих материја воденим биљкама, као и за вегетацију у приобалним екосистемима. Без депоновања седимента у инундационом делу обална зона може постати еродирана или потпуно изостати овај процес. Таложење седимента ствара станишта за водени живот. Различите рибе захтевају специфичну величину седимента за живот и мрешћење, нпр. шљунак у случају поточне пастрмке јер превише фине фракције седимента могу неповољно утицати на икру (Слика 2.2.1).



Слика 2.2.1. Поточна пастрмка ([лат.](#) *Salmo trutta — morpha fario*)

Иако је бистра вода често означена као референтна вредност за процену квалитета, мала количина замућености може заштитити водене врсте од предатора. Поред минералног, седимент може бити и органског порекла. Органски седимент потиче од распаднутих алги, биљака и другог органског материјала који падају у воду (као што је лишће). Транспорт органског седимента се разликује по локацији и годишњем добу. Према једној студији, органски део суспендованог оптерећења опао је са 85% на 18% у периоду од фебруара до новембра, због сезонских ефеката на таложење седимента.

Поред проблема узрокованих количином оптерећења, седимент може лако увести загађење и транспортовати га низводно. Погоршање квалитета воде се јавља истовремено са изузетно високим степеном транспорта седимената. Мутноћа може довести до повећања температуре воде, јер седимент апсорбује више соларне топлоте него вода. Повећање температуре воде доводи до пада нивоа раствореног кисеоника, јер топла вода не може задржати толико кисеоника као хладна вода. Суспендовани седимент може блокирати сунчеву светлост потребну воденим биљкама, смањујући стопу фотосинтезе и ниво раствореног кисеоника.

2.3. Загађени седимент

Загађени седимент је акумулирани материјал речног корита који садржи токсичне или опасне материје које су штетне за здравље људи и животних заједница у воденој средини. Загађање потиче од тачкастих/концентрисаних извора (индустријска и комунална отпадна вода или други извори отпадних вода), и расутих/дифузних извора отицањем преко контаминираних земљишта (руднички отпад, индустријске и комуналне депоније и градска подручја) (Слика 2.3.1 и 2.3.2). Поједине загађујуће материје могу бити дуготрајни извори проблема у животној средини. Најпроблематичнији загађивачи у исталоженом и суспендованом седименту су поједини метали и поготову биоакумулативне токсичне супстанце, као што су ПОПс хемикалије (Sakan S. *et al.*, 2017).



Слика 2.3.1. Река Рашка – слив Западне Мораве: *Реке успомена и људског немара*, Политика, април 2017 (фото: М. Дугалић)

Седимент делује као потенцијални сунђер за многе токсичне хемикалије. Историјски посматрано, од индустријске револуције вештачки произведене хемијске супстанце спирањем путем земљишта или емисијом у воде завршавају у површинским водама. Због својих својстава, многе од ових хемикалија се „држе“ седимента. На тај начин, речни токови или акумулације имају својство дугог записа у седименту и одражавају историју загађења у датом речном сливу. У случају побољшања квалитета површинске воде, наслеђе прошлости и даље може бити присутно у седиментима сакривеним на дну река или иза брана акумулација. Зато седименти могу постати секундарни извори загађења, када се еродирају због поплаве и ерозије и транспортују даље низводно у сливу (Brils J., 2008)⁴.



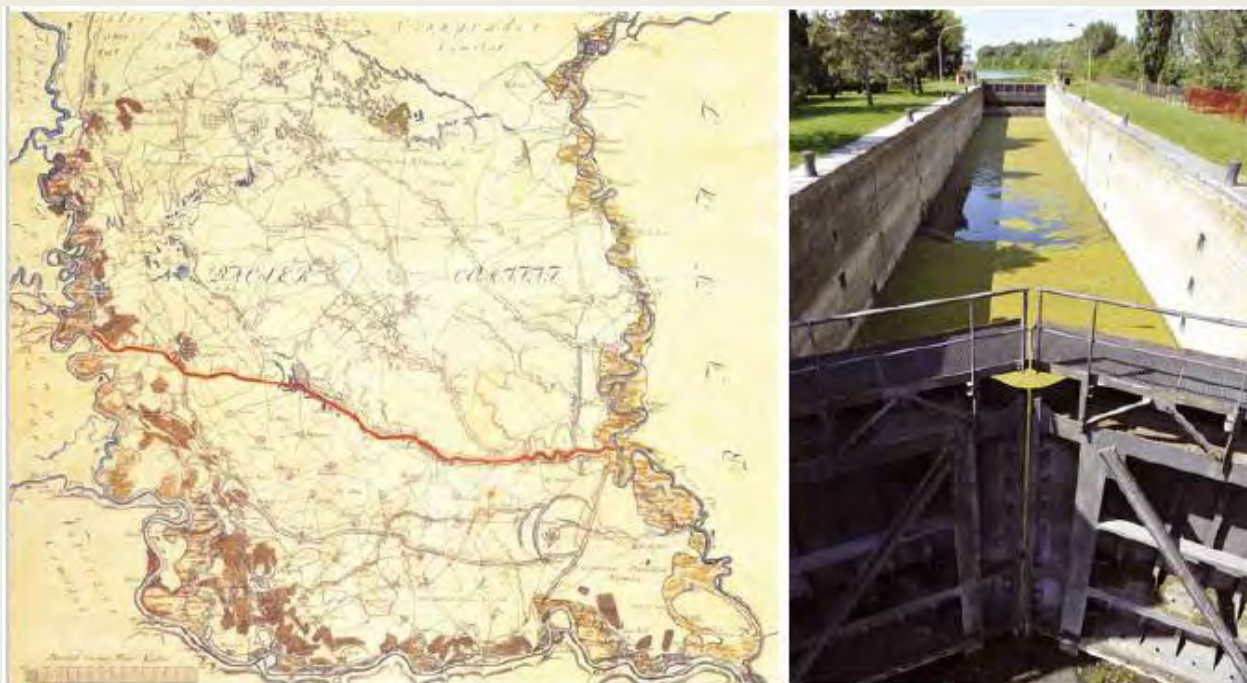
Слика 2.3.2. Река Јошаница – Нови Пазар
(15. март 2013, Танјуг)

Ако се буду оствариле пројекције климатских промена за област Југоисточне Европе наставиће се тренд сезонских хидролошких варијација у сливовима региона Поморавља са израженом неравномерношћу водног режима која се манифестује вишеводним периодима бујичног типа и дугим периодима малих вода. Због изостанка пречишћавања индустријских и комуналних вода извесно је даље погоршање квалитета површинских вода и седимента (Veljković N. *et al.*, 2012).

⁴ Stanje nepoljoprivrednog zemljišta industrijskih zona većih gradova u Republici Srbiji sa aspekta biološkog i hemijskog kvaliteta, Institut za zemljište, Beograd, 2016.

Велики бачки канал: од воде до седимента – од изградње до рехабилитације ⁵

Два века садржано је у причи *од воде до седимента – од изградње до рехабилитације*, Великог бачког канала некада најзначајнијег грађевинског подухвата Хабзбуршке монархије, а сада најзагађенијег водотока у Европи. Велики бачки канал је грађен у периоду од 1793. до 1802. године као важна транспортна водена веза од Карпата до Беча. Канал је служио и за исушивање иначе врло мочварног земљишта у овом делу Бачке који су Хабзбурзи систематски насељавали током 18. века, након што су ове области 1717. године ослобођене од Турака. Канал је називан и Суецом централне Европе јер је током ископавања извађено више земље него радовима на Суецком каналу. Изградња је крајем 18. и почетком 19. века била највећи градитељски подухват у Европи. Прича о Великом бачком каналу представља час историје овог дела наше земље (Слика 2.3.3).



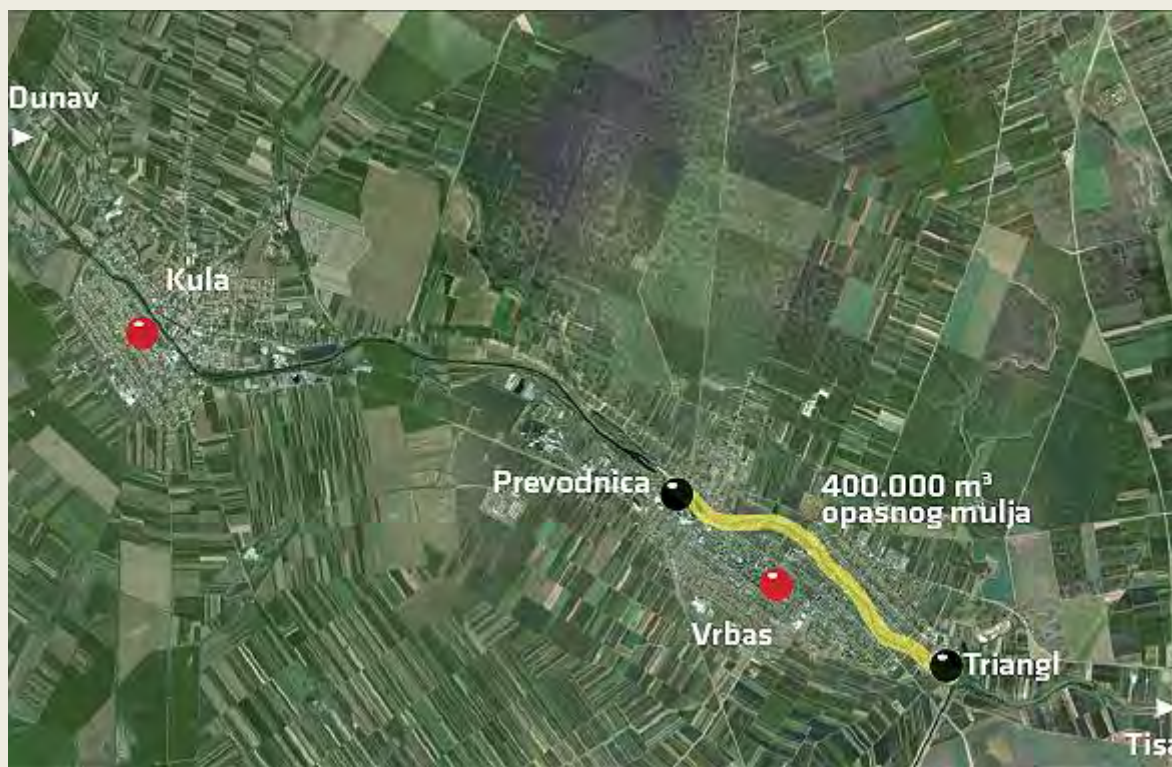
Слика 2.3.3. НЕКАД: Аустроугарска мапа Бачке са великим каналом (1802) – ДАНАС: Затворена преводница код Врбаса

Велики бачки канал представља кључну артерију великог система Дунав – Тиса – Дунав, данас је дуг 112 километара и спаја Дунав и Тису. Његов ток почиње код Бездана, на северу Бачке и протеже се до Бечеја где се улива у Тису. Међутим, овај ток у суштини није плован јер је практично блокиран на деоници код Врбаса. Овде се, на дужини од

⁵ *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.

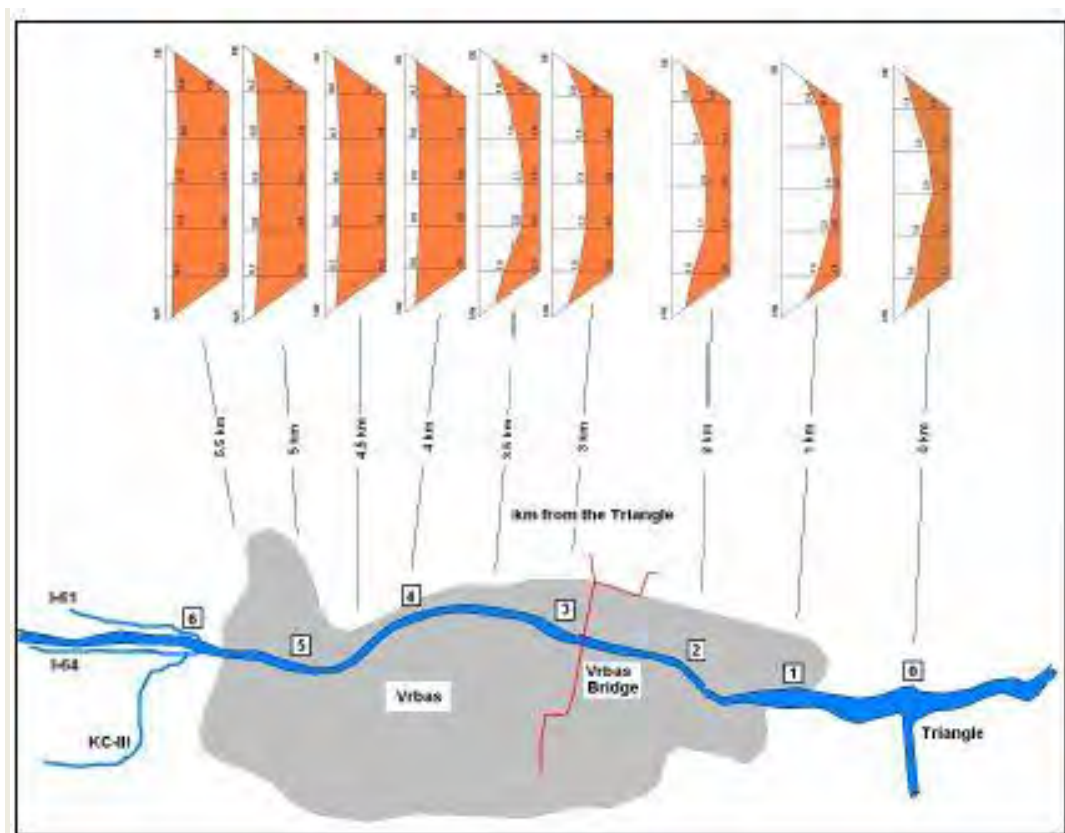
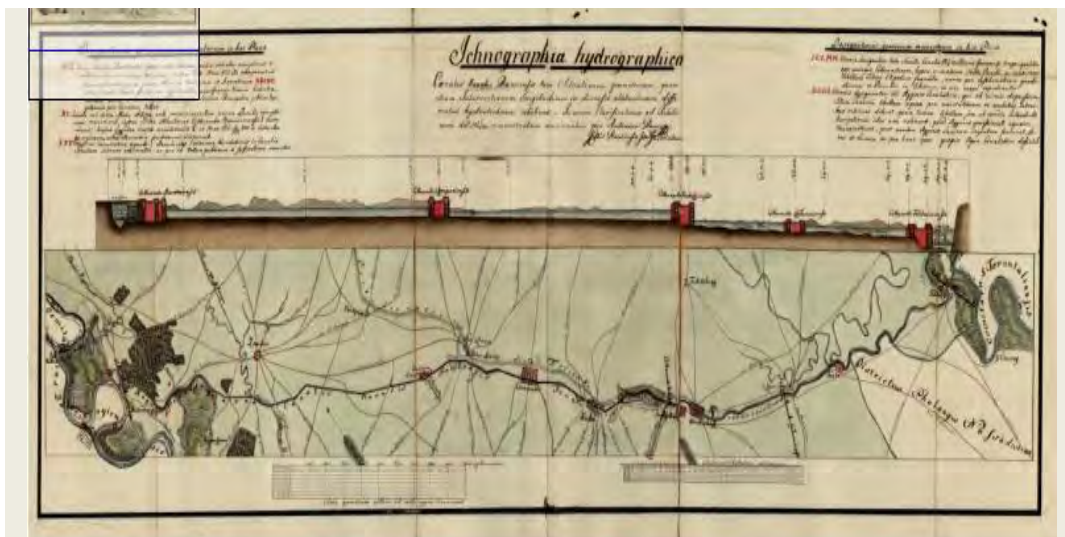
шест километара, између преводнице пре улаза у Врбас па све до такозваног Триангла, где се Велики бачки канал спаја са Новим каналом, наталожило чак 400.000 кубних метара муља (Слика 2.3.4).

Преводница канала на улазу у Врбас је средишње место целог канала. Некада су кроз њу пролазили бродови, а данас се ту налазе само напуштени докови и велики механизам у бетонском оклопу којим се некада регулисао ниво воде. На овом месту, одакле је проток смањен, заправо почиње најзагађенији део који се простира кроз Врбас. Према Студији о отпадним водама региона Врбас–Кула–Црвенка, коју је Институт за грађевинарство Војводине из Суботице израдио пре тридесетак година Велики бачки канал су загадиле комуналне воде насељених места Врбаса, Куле и Црвенке, и следеће фабрике: Фабрика шећера “Црвенка” у Црвенки, Фабрика алкохола “Панон” у Црвенки, Фабрика бисквита “Јафа” у Црвенки, Фабрика штофова “Слобода” у Кули, Фабрика кожа “Етерна” у Кули, Фабрика санитарних арматура “Истра” у Кули, Фабрика шећера “Бачка” у Врбасу, Месна индустрија “Карнекс” у Врбасу, Свињогојска фарма “Фармацооп” у Врбасу и Индустрија уља “Витал” у Врбасу.



Слика 2.3.4. Угрожена деоница Великог бачког канала

Када је изграђен (1802) канал је на дну био широк 17 m, а на површини 23-25 m, сада је на најугроженијој деоници дубина свега 30 cm са протоком воде од само 0,5 m/s (Слика 2.3.5).



Слика 2.3.5. Горња слика – Подужни профил канала са Аустроуграске карте; Доња слика - Дебљина седимента (наранџасто поље) у Великом каналу на различитим удаљеностима (бројеви у квадратима су километри од Триангла, 0-6 km) [4]

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. Тако је, потенцијални негативни екотоксични ефекат хрома могућ у седименту канала ДТД Врбас-Бездан, као и у Тиси, где су прекорачене теоријски могуће вредности утицаја (према канадским препорукама). Класификација према холанској методологији довела је до сличних закључака. Садржај бакра у седименту канала Бегеј, на свим испитиваним локацијама, у ДТД каналу Врбас-Бездан у Врбасу, и у Тиси код бране у Бечеју, где садржај бакра прекорачује канадску теоријски могућу вредност утицаја. Канадска емпиријски вероватна вредност утицаја је прекорачена једино у дубинском седименту ДТД канала Врбас-Бездан у Врбасу. Садржај никла у 72,5% свих испитиваних узорака се класификује као загађени седименти (чак 28 узорака се сврстава у класу 3, а дубински узорак ДТД канала Врбас-Бездан у Врбасу је сврстан у класу 4+). Најугроженије локације су канал Бегеј, Надела, ДТД канал Савино Село-Нови Сад код уставе, ДТД канал Врбас-Бездан у Врбасу, Кудош, површински узорци Тисе, као и површински узорци Белоцркванских језера. Садржај цинка Према холанској методологији 12,5% испитиваних узорака се сврстава у загађене седименте (класе 3 и 4), и то седимент канала Бегеј код и узводно од уставе Итебеј, те дубински седимент ДТД канала Врбас-Бездан у Врбасу. Садржај живе се кретао у широком опсегу од око 0,02 mg/kg до око 1 mg/kg. Канадска емпиријска вредност утицаја значајније је прекорачена у два канала: Бегеј, код уставе Итебеј и код ушћа Александровачког канала, и у дубинском седименту ДТД канала Врбас-Бездан у Врбасу. Канадска теоријски могућа вредност утицаја, која указује на могуће негативне екотоксичне ефекте, прекорачена је на осталим локацијама канала Бегеј, дубинским седиментима ДТД канала Врбас-Бездан иза Србобрана, Кудоша и Главног белоцркванског језера, те у површинском седименту Тисе код бране код Бечеја. Узимајући у обзир садржај органске материје, дошло се до резултата да ПАХ-ови представљају потенцијални проблем у седименту Кудоша и површинском седименту ДТД канала Врбас-Бездан иза Србобрана који су класификовани као незнатно загађени (класа 2), Највећи проблем у испитиваним седиментима представља прекорачење емпиријске вредности утицаја за Органохлорне пестициде (хептахлорепоксид и линден), а оно што посебно забрињава јесте распрострањеност ових пестицида на готово свим испитиваним локацијама, што је последица њихове хемијске постојаности и перзистентности на биолошку разградњу, с једне стране, и високом капацитету за акумулирање у седименту, с друге стране.

У претходним годинама су извршени обимнији радови на измуљивању 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”⁶ (Слика 2.3.6).

⁶ Према: Томислав Ђивуљски (ЈП Дирекција за воде Врбас, *Истраживање о црним еколошким тачкама: Велики бачки канал*, ВРЕМЕ, 16/09/2010).



Слика 2.3.6. Измуљивање Великог бачког канала: деоница код Врбаса (2014)



Слика 2.3.7. Измуљивање Великог бачког канала: деоница Врбас – Бездан код Сомбора (2018), <https://www.nasemesto.rs/2018/07/27/video-mirovic-deonica-velikog-backog-kanala-kod-vrbasa-bice-ociscena-do-2020-godine/>

3. ЕВРОПСКО И ДОМАЋЕ ЗАКОНОДАВСТВО О СЕДИМЕНТУ

3.1. Политика и законодавство

Општи циљ заштите земљишта је његово очување као природног ресурса што се постиже праћењем стања и квалитета, мерама санације, ремедијације и рекултивације. Све ово се односи и на спречавање ерозије, што значи спречавање повећаног уношења суспендованих материја у реке и акумулације. Европско законодавство није јединствено у погледу уређења области која се односи на седимент. Пример Холандије је карактеристичан где је део који се односи на седимент дефинисан у закону о заштити земљишта, док Немачко законодавство још не препознаје овакав приступ. Ово је условљено пре свега природним условима и настојањем сваке земље да уреди и својим законодавством очува површине и функције земљишта као природног ресурса и утицаја ерозије и транспорта загађујућих материја у акватичну средину. Земљиште поседује, не само значају природну транспортну функцију загађивања акватичне средине, већ и антропогену компоненту. Европска директива о отпаду (Council Directive 75/442/ЕЕС) следи три принципа: (1) избегавање стварања отпада; (2) корисна употреба, укључујући третман; (3) безбедно одлагање; што све треба да буде део интегралног плана управљања седиментом. Поготову јер Европски каталог отпада (Одлука Комисије 2000/532/ЕЗ) садржи две шифре: 17505 „Ископ наталоженог песка, шљунка и муља са дна реке или акумулације који садржи опасне супстанце“, и 17506 „Ископ наталоженог песка, шљунка и муља са дна реке или акумулације који садржи опасне супстанце другачији од оног наведеног 17505“.

Као одговор на растуће притиске којима су водени екосистеми изложени, Европска унија је донела Оквирну директиву о водама⁷ и више „ћерки директива“, које су заједно први пример јединственог законодавног оквира заштите свих водних ресурса на подручју Европе. ОДВ уводи интегрисани и координирани приступ управљању водним ресурсима, који сагледава површинску и подземну воду и узима у обзир повезаност утицаја одређених активности, повезаност квалитета и квантитета воде, као и намену и коришћење земљишта. Одлуке које се доносе у области управљања водама морају бити координисане са секторима као што су просторно планирање, стамбена изградња, индустрија, пољопривреда и заштита животне средине. Концепт се заснива на управљању сливовима, чиме се уважавају природне хидролошке целине, а не административне (државне) границе и успоставља свеобухватан приступ у управљању водним ресурсима. Сврха Оквирне директиве о водама (члан 1) је да успостави оквир за заштиту копнених површинских вода, бракичних вода, приобалних вода и подземних вода, чиме се: спречава даље погоршавање и заштићује и побољшава статус акватичних

⁷ Оквирна директива о води (WFD 2000/60/EC)

http://www.sepa.gov.rs/download//strano/OkvirnaDirektivaOvodamaEU_prectekst.pdf

екосистема, као и сувоземних и мочварних екосистема који су директно зависни од акватичних система; промовише одрживо коришћење воде засновано на дугорочној заштити расположивих водних ресурса; усмерава и унапређује заштита и побољшава акватична средина у целини, кроз специфичне мере за прогресивно смањење испуштања, емисија и нестанка приоритетних супстанци и прекид или постепено фазно укидање испуштања, емисија и нестанка приоритетних хазардних супстанци; осигурава прогресивно умањење загађења подземне воде и спречава њено даље загађивање; и доприноси ублажавању ефеката поплава и суша. Иако је ОДВ својеврсни »кишобран« под којим се успостављању услови за подстицај успешне заштите вода на националном нивоу дефинисањем заједничких приступа и циљева у овом, како се често популарно назива, „европском Уставу за воде“ седимент као природни део водене средине није заступљен у законодавном смислу. Додуше, у члану 16 (1) ОДВ се захтева усвајање посебних мера против загађења воде појединачним загађујућим супстанцама или групама загађујућих супстанци које представљају значајан ризик за акватичну средину. За те загађујуће супстанце, мере су усмерене ка постепеном смањењу, а за приоритетне хазардне супстанце ка престанку или постепеном обустављању испуштања. Ова одредба ОДВ са овако широко дефинисаним мерама, иако експлицитно не наводи седимент, представља оквир у европским националним законодавствима за уређење области управљања седиментом.

Закон о заштити животне средине Републике Србије („Сл. гласник“ РС 135/04) којим се уређује интегрални систем заштите животне средине прописује да се на површини или испод површине земљишта могу вршити активности и одлагати материје које не загађују или оштећују земљиште (члан 22, став 2). Истим законом су дефинисане казнене одредбе, тако је предвиђена новчана казна за привредни преступ уколико правно лице испушта загађујуће и опасне материје у земљиште на начин и у количинама, односно концентрацијама или нивоима изнад прописаних (члан 22, став 116, став 9).

Закон о водама Републике Србије („Сл. гласник“ РС 30/10), делимично хармонизован са ОДВ, уређује правни статус вода, интегрално управљање водама, управљање водним објектима и водним земљиштем. И овде као и код ОДВ, седимент није експлицитно наведен, али је дефинисано водно земљиште где се формирају посебни хидролошки, геоморфолошки и биолошки односи који се одражавају на акватични и приобални екосистем (члан 8, став 1) и представља земљиште са кога се еродирани материјал спира у акватичну средину. Поготову јер водно земљиште обухвата напуштено корито и пешчани и шљунчани спруд који вода повремено плави и земљиште које вода плави услед радова на преграђивању текућих вода, експлоатације минералних сировина и слично (члан 8, став 4). Водно земљиште се користи на начин којим се не утиче штетно на воде и приобални екосистем, тако да се не ограничава спровођење мера заштите вода (члан 10). Извори загађења у приобалном и водном земљишту представљају највећу потенцијалну претњу контаминацији седимента. Ради спречавања погоршања

квалитета воде и животне средине, одређују се граничне вредности емисије за одређене групе или категорије загађујућих супстанци, као што су технолошке и друге отпадне воде које се непосредно испуштају у реципијент (члан 93). У вршењу инспекцијског надзора водни инспектор има право и дужност да проверава режим и квалитет воде у водотоцима, језерима и акумулацијама (члан 199) тако што је овлашћен да наложи отклањање узрока загађења на водном објекту, водном земљишту или водном телу и довођење у првобитно стање (члан 202, став 4), за шта је предвиђена казна за привредни преступ (члан 211, став 13).

Закон о заштити земљишта Републике Србије („Сл. гласник“ РС 112/2015), којим се уређује заштита земљишта дефинише ерозију као процес разарања и одношења земљишта које настаје као последица деловања природних појава и антропогених фактора (члан 4, став 7). Такође, овим законом се уређује обавеза успостављања информационог система земљишта и катастра контаминираних локација који представља скуп података о загађеним, угроженим и деградираним земљиштима као саставним делом информационог система (члан 34, став 4). Овим законом је прописана казна за привредни преступ уколико се испуштају и/или одлажу загађујуће, штетне и опасне материје на површину земљишта и у земљиште (члан 43, став 4).

Као и у европском тако и у домаћем законодавству управљању седиментом није придат значај који он има као природни део акватичне средине. Ипак, три наведена национална законска основа, Закон о заштити животне средине, Закон о водама и Закон о заштити земљишта, 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.

3.2. Мониторинг седимента и Оквирна директива о водама ЕУ

Оквирна директива о водама (ОДВ) уводи јединствени систем управљања водама у оквиру речних сливова - природној географској и хидролошкој целини - уместо у оквиру административних или политичких граница. Коришћење принципа управљања речним сливом омогућава свеобухватан и координисан наднационални приступ за постизање постављених циљева заштите животне средине. Захтева се успостављање и ажурирање планова управљања речним сливом на сваких шест година, а програми мера морају бити координисани за цео слив реке. Да би се обезбедио увид у еколошке процесе и везе између људских активности и утврдио њихов утицај на животну средину, као што су речни сливови, Европска агенција за животну средину (ЕЕА) користи оквир „покретачки фактори-притисци-стање-утицаји-одговори/реакције (*drivers - pressures - state - impact - response*, *DPSIR*)“ (слика 3.2.1).

Економске активности (покретачки фактори) као што су индустрија и пољопривреда доводе до повећања притисака на природну средину, ове активности резултирају коришћењем природних ресурса и/или емисијама отпадне воде. Коришћење ресурса и/или емисијом се мења стање животне средине у количини и/или квалитету на следећи начин: седимент (песак, шљунак), водни ресурси и земљиште (ерозија) се исцрпљују и/или су оптерећени (контаминирани) токсичним супстанцама. Изнад одређеног нивоа експлоатабилности и/или контаминацијом може се утицати на животну средину, односно, губитак биодиверзитета, осетљивост на поплаве и клизишта, смањен квалитет вода, зељишта или седимента и/или недостатак тих ресурса. Неколико мера реаговања спречава да се догоди или ублажи утицај на ниво који се сматра друштвом прихватљивим или толерантним. Као што је дато на примеру (слика 7), оптимизацијом индустријских производних процеса смањиће се коришћење ресурса и генерисање отпада. Применом дозвола за емисију отпадних вода загађење површинских вода се смањује на прихватљив ниво.

Успостављање *стандарда квалитета животне средине* (ЕКС) може помоћи да животна средина не буде "преоптерећена" одређеним опасним и штетним супстанцама. Према ОДВ, *стандард квалитета животне средине* значи концентрацију појединачног загађења или групе загађујућих супстанци у води, седименту или биоти, која не би требало да буде прекорачена у циљу људског здравља и животне средине. У ОДВ члану 16 став 7 се каже: "Комисија ће поднети препоруке за стандарде квалитета применљиве за концентрације приоритетних супстанци у површинским водама, седименту и биоти", другим речима захтева се процена контаминираних седимената. У даљем, код одређивања екорегiona и водних тела површинских вода код физичко-хемијских фактора који одређују карактеристике реке или дела реке а тиме и структуру и састав биолошке популације, као изборни фактор захтева се просечни састав седимента.



Слика 3.2.1. Покретачки фактори-притисци-стање-утицаји-одговори/реакције (*drivers - pressures - state - impact - response, DPSIR*) и положај мониторинга седимента [3]

Такође, код одређивања хидроморфолошких елемената који су од значаја за биолошке елементе за класификацију еколошког статуса уведена је (а) структура и седимент дна реке, (б) седимент дна језера, и (ц) седимент приобалног дна. Иако се након увођења ОДВ (2000) вршила редовна оцена квалитета седимената од стране држава чланица, 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 ⁸. 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 ⁹.

⁸ *Contaminated Sediments in European River Basins*, SedNet, 2004.

⁹ *Guidance Document No: 25, Guidance on chemical monitoring of sediment and biota under the Water Framework Directive*, Official Publications of the European Communities, 2010.

Табела 3.2.1. Матрица мониторинга за приоритетне супстанце и друге загађујуће супстанце наведене у „Directive 2008/105/EC“

<i>Приоритетне супстанце</i>	<i>Вода</i>	<i>Седимент</i>	<i>Биота</i>
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

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 (Табела 3.2.1).

Критеријуми за избор матрице за мониторинг приоритетних супстанци урађени су на основу правила да је направљена разлика између *приоритетно (П)*, *опционо (О)* и *не препоручено (Н)*, за спровођење мониторинга. Тако што је: *Приоритетно (П)* када мониторинг треба извршити у матрици (вода – седимент – биота), *Опционо (О)* када се мониторинг врши на основу степена контаминације одређене матрице (вода – седимент – биота), *Не препоручује се (Н)* осим ако постоје докази о могућностима акумулације једињења из ове матрице.

Циљ спровођења мониторинга приоритетних супстанци у седименту је утврђивање присуства загађења које може бити једна од препрека за постизање "доброг еколошког статуса" површинске воде. Истраживања која су спроведена претходних година су показала да контаминирани седименти који превазилазе критеријум захтеваног квалитета не утичу увек својом токсичношћу на животну заједницу на речном или језерском дну (бентос). Другим речима, није примећено смањење биолошке разноврсности као резултат контаминираниог седимента. Понекад је утврђено супротно, да је седимент који одговара захтеву квалитета изазвао негативне ефекте на бентос због комбиноване токсичности или присуства неидентификованих једињења¹⁰.

Ова искуства оправдавају увођење мониторинга седимента, да би боље разумели однос између контаминације седимента (опасности) и његовог стварног ризика за функционисање екосистема (еколошки статус), што је предуслов предузимања делотворних мера за очување или обнову еколошког статуса површинских вода. Мониторинг седимента омогућује праћење тренда што ће обезбедити индикацију промена током дужег периода, нпр. повећање или смањење концентрација загађујућих материја током времена. Просторни мониторинг ће дати индикацију степена контаминације у неком делу речног слива. Овакав мониторинг је неопходан како би се открио хоризонтални размак загађивача дуж водотока и лоцирао његов извор у сливу.

¹⁰ *Guidance for the use and application of sediment quality targets for the protection of sediment-dwelling organisms in Minnesota*, Minnesota Pollution Control Agency, MPCA Document Number: tdr-gl-04, 2007.

4. АНАЛИЗА КВАЛИТЕТА СЕДИМЕНТА РЕКА И АКУМУЛАЦИЈА

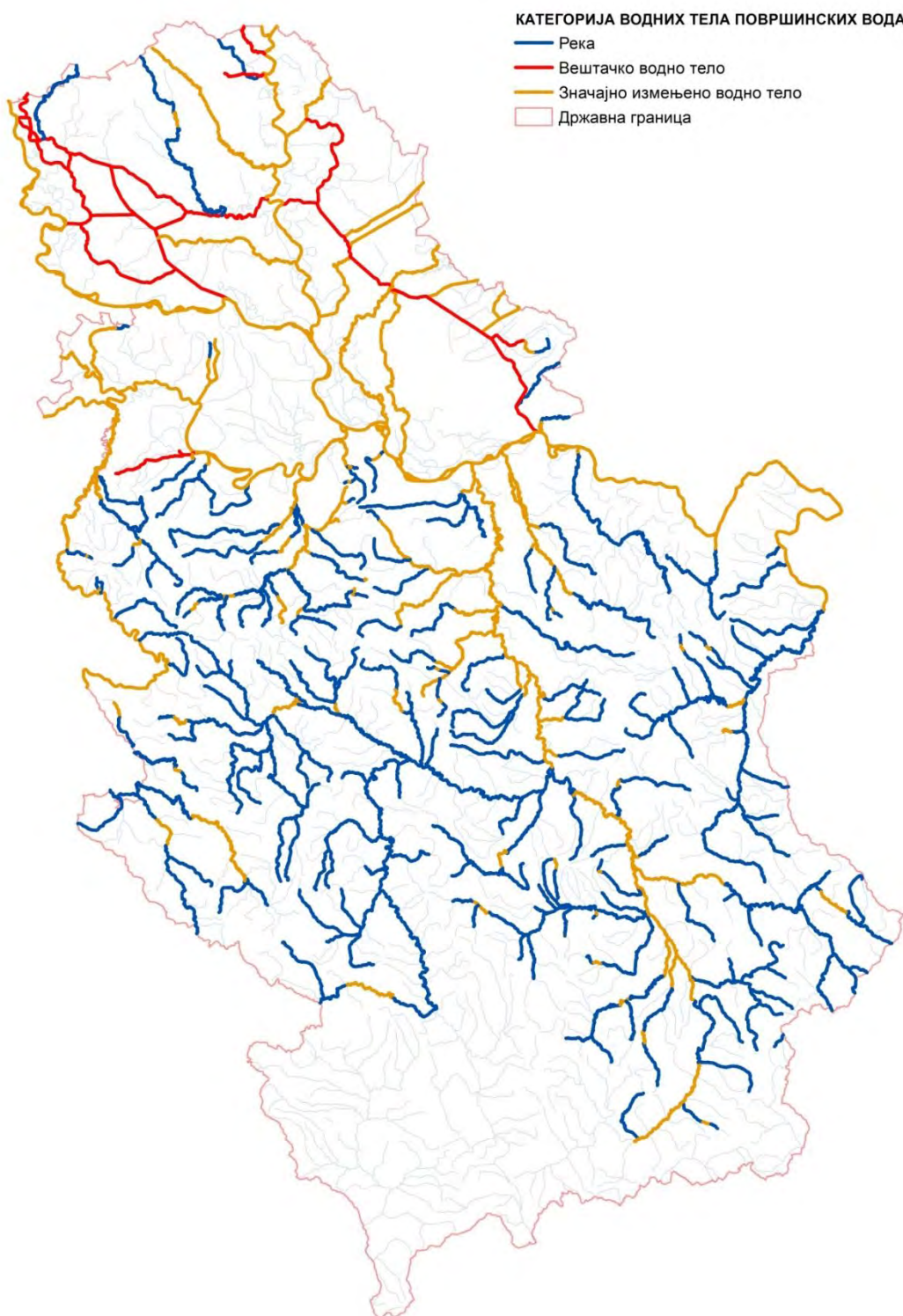
4.1. Мониторинг седимента у програму мониторинга површинских вода

Усвајањем Закона о водама 2010. године и доношењем са њим усклађених подзаконских аката¹¹ стекли су се услови да се мониторинг у Републици Србији организује у складу са захтевима Оквирне директиве о водама ЕУ (2000/60/ЕС). Први програм мониторинга статуса водних тела површинских вода у Србији, који је усклађен са захтевима ОДВ, започео је 2012. године. Један од кључних циљева ОДВ је да заштити статус акватичних екосистема, спречи даље погоршање статуса и/или побољша статус акватичних екосистема. Успех спровођења ових кључних циљева ОДВ, који су идентични са основним циљем из области заштите вода како их прокламује наш „План управљања водама“¹², оцењује се променом статуса водних тела. Укупан број водних тела површинских вода износи 498 и представља посебан и значајан елемент свих површинских вода Србије, као што је језеро, акумулација, поток, река или канал, део потока, реке или канала. Водна тела су изабрана за јединице које ће се користити код извештавања и процене усклађености са главним циљевима. У том смислу мониторинг програм је обезбедио свеобухватан и међусобно повезан преглед статуса вода сваког сливног подручја, како би се испунили критеријуми за класификацију водних тела и оцену еколошког и хемијског статуса површинских вода. Испитивања обухваћена програмом мониторинга су вршена на мерним местима (станицама) која су изабрана тако да омогуће целовит и свеобухватан преглед еколошког и хемијског статуса водних тела, при чему је за свако водно тело дефинисано једно мерно место.

На територији Републике Србије утврђено је укупно 498 водних тела површинских вода, од тога 493 (99%) водна тела категорисана су као водотоци, док је 5 (1%) водних тела категорисано у језера. Водна тела површинских вода на водотоцима груписана су у три категорије: река (69%), значајно измењено водно тело (28%) и вештачко водно тело (3%), (Слика 4.1.1).

¹¹ (1) Правилник о утврђивању водних тела површинских и подземних вода (Сл. гласник РС, број 96/2010); (2) Правилника о референтним условима за типове површинских вода (Сл. гласник РС, број 67/2011); (3) Правилник о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода (Сл. гласник РС, број 74/2011); (4) Уредба о граничним вредностима приоритетних и приоритетних хазардних супстанци које загађују површинске воде и роковима за њихово достизање (Сл.гласник РС, број 24/2014)

¹² *План управљања водама за слив реке Дунав (Нацрт)*, Министарство пољопривреде и заштите животне средине, 2014.



Слика 4.1.1. Просторна расподела категорија водних тела површинских вода

Према дефиницији ОДВ (Члан 2): река је водно тело копнене воде које највећим делом тече по површини земље, али може тећи подземно на једном делу свога тока; вештачко водно тело (ВВТ) је водно тело површинске воде створено људском активношћу (канал); значајно измењено водно тело (ЗИВТ) је водно тело површинске воде које је, као резултат физичких измена услед људских активности, битно измењено по својим карактеристикама (акумулације, регулисана корита, итд.) и језеро је водно тело стајаће копнене површинске воде. У циљу сагледавања просторне расподеле категорија водних тела, процента обухваћености водних тела мониторингом статуса, као и просторне реализације програма мониторинга, водна тела површинских вода разврстана су по већим рекама и сливним подручјима, на следећи начин:

- реке Дунав и Тамиш,
- реке Сава и Тиса са мањим притокама
- каналска мрежа ДТД са водотоцима који се уливају у канале,
- сливна подручја Велике Мораве, Западне Мораве и Јужне Мораве,
- притоке Ђердапа и слив Тимока, и
- језера.

Процент обухваћености водних тела мониторингом статуса и просторна неравномерност реализације мониторинга, осим недостатка финансијских средстава као и људских ресурса за спровођење мониторинга, условљени су и избором водних тела на просторима са најинтензивнијим антропогеним активностима које имају утицај на животну средину (броја становника, индустријска производња, количине изливених отпадних вода из канализационих система, значајна дифузна загађења, прекогранични утицаји). Велике реке и њихова сливна подручја на простору ВП Дунав, имају незадовољавајући статус/потенцијал са највећим уделом водних тела у *умереном* и *слабом* еколошким статусу/потенцијалу. Еколошки потенцијал каналске мреже ДТД је, такође, незадовољавајући, јер је осим водних тела умереног и слабог еколошког потенцијала, 17 % водних тела канала у лошем еколошком потенцијалу. Сличног статуса/потенцијала су и водна тела десних притока Ђердапа са Тимоком, где је и највећим проценат водних тела са лошим статусом/потенцијалом (22%). На сливовима Дрине и Колубаре (ВП Сава) и сливовима Јужне Мораве, Западне Мораве и Велике Мораве (ВП Морава) реке имају бољи квалитет, јер еколошки статус/потенцијал водних тела осим *умереног* и *слабог* садржи и *добар* статус. Тако је са добрим статусом/потенцијалом у сливу Дрине 29% водних тела, Колубаре 3%, Велике Мораве 6%, Западне Мораве 6% и Јужне Мораве 7% водних тела (График 4.1.1).¹³

¹³ Статус површинских вода Србије – развој мониторинга у оквиру планова управљања речним сливовима, Агенција за заштиту животне средине, 2018.

<http://www.sepa.gov.rs/download/VodeSrbije/StatusPovrsinskihVodaSrbije2.pdf>

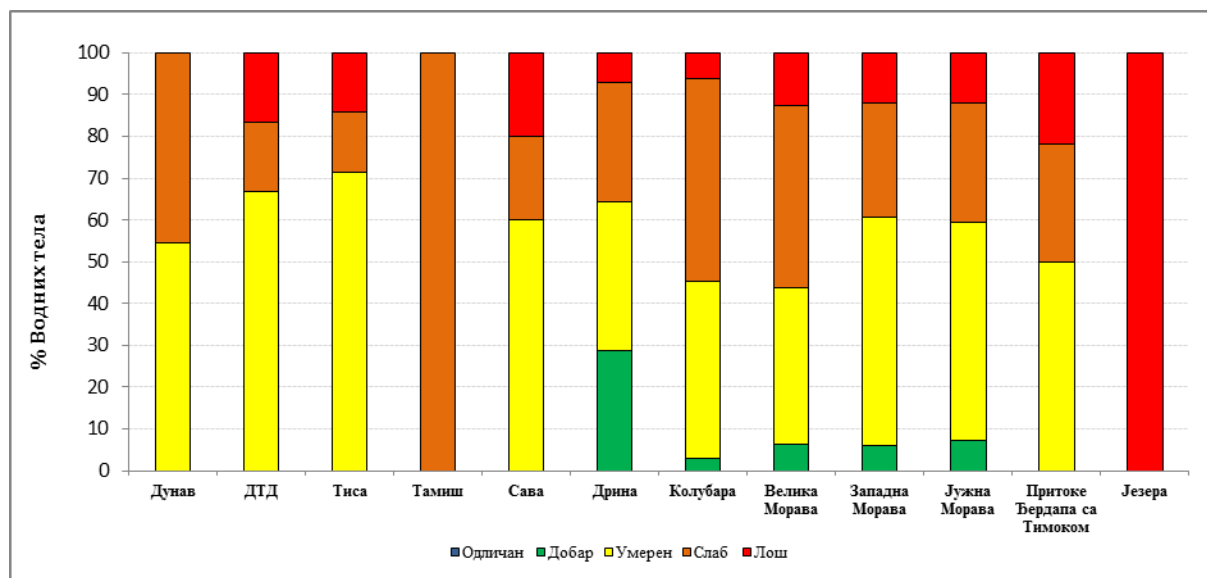


График 4.1.1. Еколошки статус/потенцијал водних тела великих река и сливних подручја, обухваћених мониторингом статуса вода (2012 – 2016)

Узимајући у обзир важећу делинеацију водних тела површинских вода (498), чија дужина варира у опсегу од 0.11-148.31km, извршена је анализа оцене еколошког статуса/потенцијала у односу на укупне дужине водних тела на нивоу водних подручја. Резултати су приказани на графику 4.1.2. Анализа показује да је оценом еколошког статуса/потенцијала обухваћено: 76% дужине хидрографске мреже на ВП Дунав, 62% дужине хидрографске мреже ВП Сава, 51% дужине хидрографске мреже ВП Морава и 56% дужине хидрографске мреже ВП Ибар и Лепенац. Посматрајући хидрографске дужине водних тела у оквиру водних подручја, а узимајући у обзир оцену еколошког статуса/потенцијала може се констатовати да је добар еколошки статус/потенцијал постигнут на: 70 km хидрографске мреже ВП Сава и 79 km хидрографске мреже ВП Морава, умерен еколошки статус/потенцијал постигнут је на 1376km хидрографске мреже ВП Дунав, 651 km хидрографске мреже ВП Сава, 795 km хидрографске мреже ВП Морава и 219 km хидрографске мреже ВП Ибар и Лепенац. Такође, на графикону се уочава да најдужи део хидрографске мреже са лошим еколошким статусом/потенцијалом припада ВП Дунав (274 km).

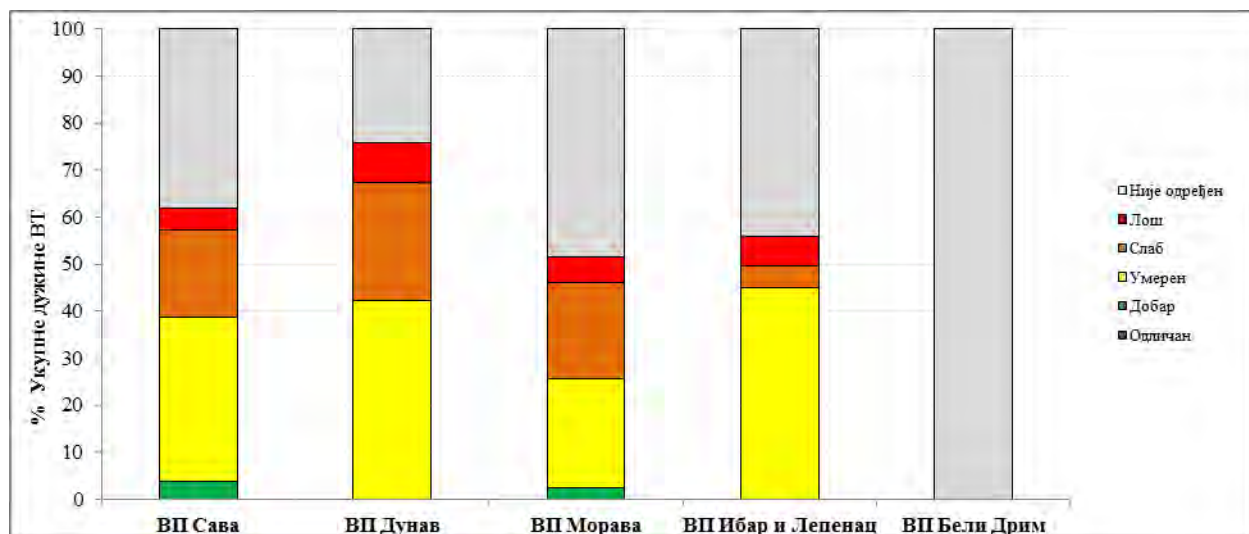


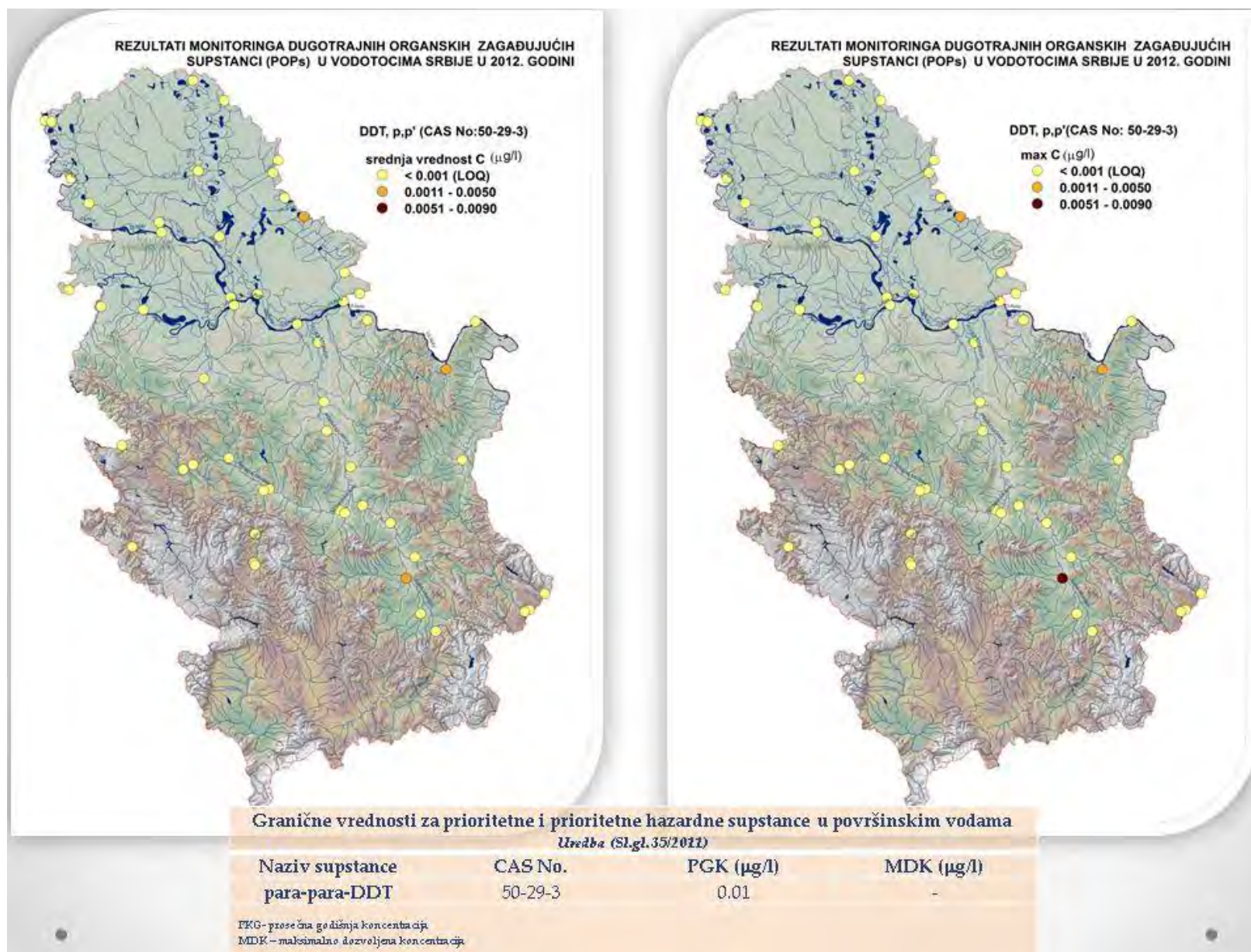
График 4.1.2. Еколошки статус/потенцијал површинских вода сливних подручја Србије (2012 – 2016)

У оквиру спровођења мониторинга квалитета површинских вода анализирано је и детектовано присуство приоритетних и приоритетних хазардних супстанци, међу којима су, због своје перзистентности и токсичности по животну средину, живи свет и здравље људи, посебно значајни дуготрајни органски полутанти (POPs). Преглед резултата мониторинга појединих детектованих POPs – ова презентован је на картама станица са унетим нивоима концентрација, односно лимитима квантификације (LOQ). Дате су и граничне вредности, уколико су прописом предвиђене, као просечне годишње (ПГК) и максимално дозвољене концентрације (МДК), (Слика 4.1.2 - 4.1.4), (Veljković N. *et al.*, 2015).

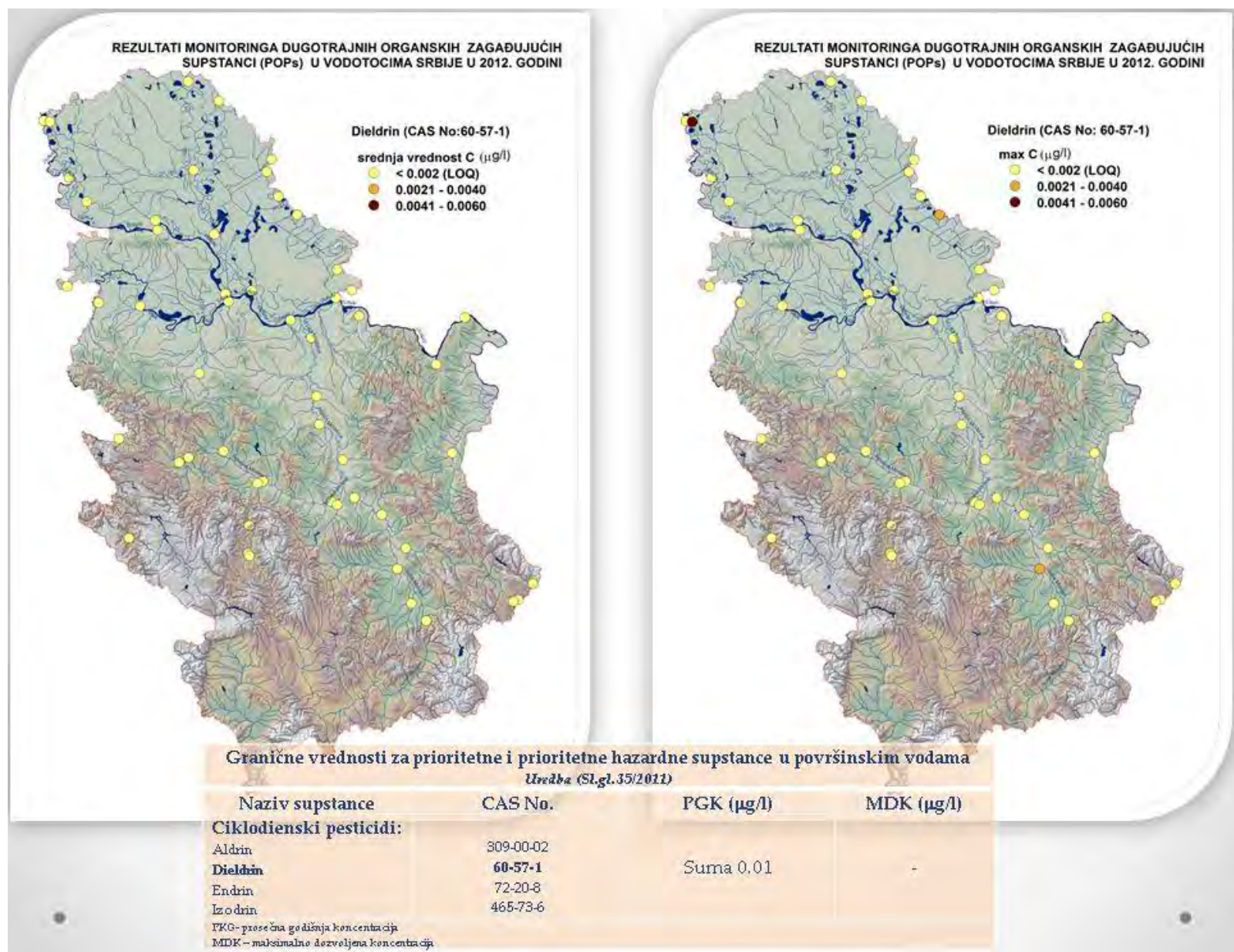
У оквиру спровођења годишњих програма мониторинга статуса/квалитета површинских и подземних вода спроводи се и мониторинг квалитета седимента река и акумулација. Овај програм је према обиму прилагођен оперативним капацитетима стручног кадра на теренским пословима мониторинга (Табела 4.1.1, Слика 4.1.5), док је обим параметара квалитета усклађен са међународним стандардима што омогућава компаративну анализу резултата.

Табела 4.1.1. Учесталост мониторинга квалитета седимента

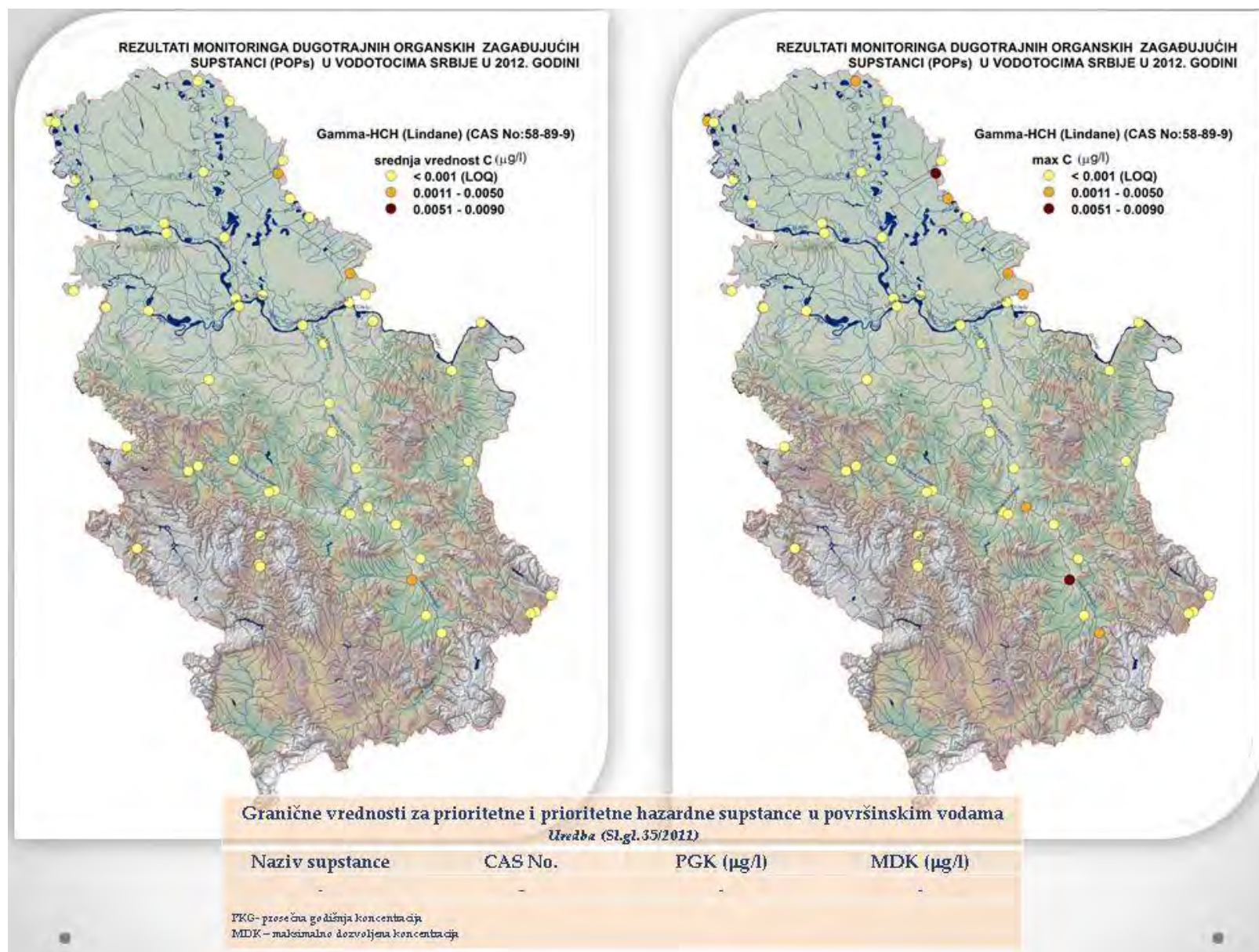
Слив	Река	Број профила	Број узорака	Акумулација	Број профила	Број узорака
Дунав	30	51	132	3	5	8
Сава	11	18	25	4	12	12
Морава	38	66	76	10	24	24



Слика 4.1.2. Резултати мониторинга POPs супстанци у водотоцима Србије у 2012.

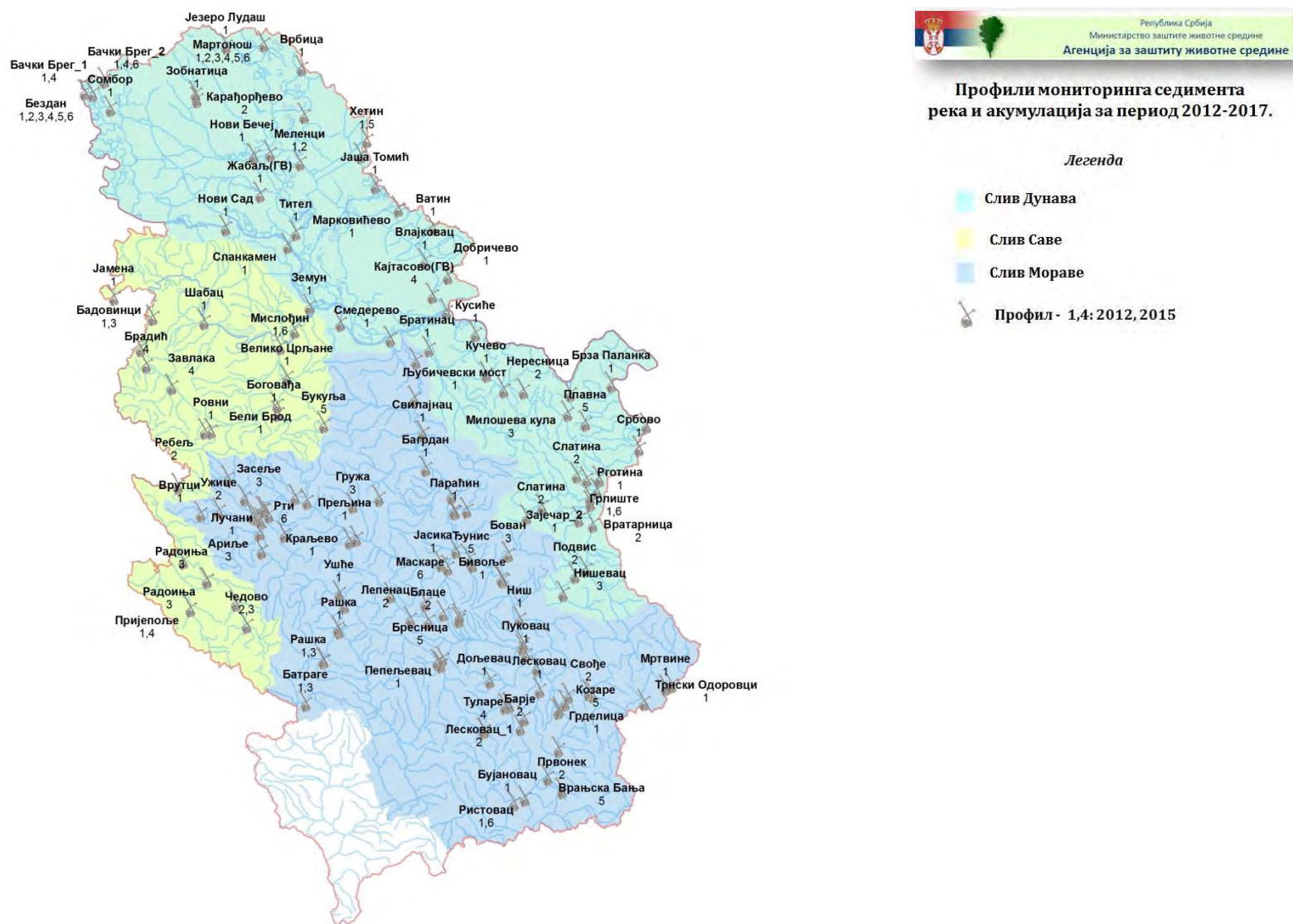


Слика 4.1.3. Резултати мониторинга POPs супстанци у водотоцима Србије у 2012.



Слика 4.1.4. Резултати мониторинга POPs супстанци у водотоцима Србије у 2012.

Квалитет седимента река и акумулација Србије



Слика 4.1.5. Карта профила мониторинга седимента река и акумулација (2012 - 2017)

4.2. Критеријуми за оцену квалитета седимента

Током протеклих деценија, тачније од осамдесетих година прошлог века, развијено је више критеријума за оцену квалитета седимента у настојању да се дефинишу граничне вредности које ће помоћи у доношењу ставова у вези управљања загађеним седиментима. У складу са општом дефиницијом критеријума, да је то мерило процене или оцене у односу на пожељну или референтну вредност, хемијска контаминација седимента се одређује мерењем концентрација појединачних елемената или једињења у расутом стању седимента и упоређењем са референтним вредностима. Генерално, аналитичке хемијске методе су данас стандардна процедура тако да је једноставно одређивање концентрација загађујућих елемената или једињења, и остаје само дефинисање критеријума за *стандарде, смернице, индикаторе* или *ниво упозорења*, као полазиште за доношење законом утврђене процедуре деловања¹⁴. Мере деловања се односе на ограничено одлагање ископаног муља из корита реке и његовог даљег коришћења, могуће контаминације речне воде у зони депонованог речног седимента и утицаја на рибљи фонд и људско здравље.

Сви досада коришћени критеријуми на међународном нивоу се могу систематизовати у две групе настале из две врсте приступа. Први, која се ослања на хемизам седимента који се упоређује са референтним вредностима тако да се добија оцена квалитета, и други, где се контаминација седимента упоређује са штетним ефектима на живи свет у води. Примери критеријума из првог приступа су регулатива која се примењује у Републици Србији којом су утврђене граничне вредности загађујућих супстанци у седименту и препоруке ICPDR-а (Табела 4.2.1). Наша уредба дефинише циљну вредност, максимално дозвољену концентрацију (MDK) и ремедијациону вредност за концентрације појединачних или групе загађујућих материја. Циљна вредност је гранична вредност концентрације загађујуће материје испод које су негативни утицаји на околину занемарљиви и она представља дугорочни циљ квалитета седимента, док је *максимално дозвољениа* концентрација (MDK) загађујућих материја вредност изнад које су негативни утицаји на околину вероватни.

Други приступ дефинисања критеријума квалитета седимента генерално поставља два прага нивоа садржаја загађујућих материја у седименту, први, испод којег се ретко јављају негативни ефекти на акватичне бескичмењаке (макроинвертебрате) [*ниво најнижег ефекта* (LEL), *праг нивоа ефекта* (TEL), *низак распон ефекта* (ERL), *праг минималног ефекта* (MET)], и други, изнад којег се негативни ефекти вероватно јављају [*ниво озбиљног ефекта* (SEL), *ниво вероватног ефекта* (PEL), *средњи распон ефекта* (ERM), *праг токсичог ефекта* (TET)], (Табела 4.2.2 и 4.2.3), (Burton G. A., 2002).

¹⁴ *Sediment Screening Values: United States Environmental Protection Agency Region 5*, <https://archive.epa.gov/reg5sfun/ecology/web/html/benchmemo.html>

Табела 4.2.1. Граничне вредности хемијских елемената и опасних супстанци у седименту

Параметар	Српска уредба ¹⁵			ICPDR ¹⁶	
	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		

¹⁵ Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање ("Сл. гласник РС", бр. 50/2012)

¹⁶ JOINT DANUBE SURVEY, Technical Report of the International Commission for the Protection of the Danube River, September 2002. ([5.2.1 General Characteristics](#) - [5.2.3 Heavy Metals](#))

Табела 4.2.2. Смернице за критеријуме квалитета седимента за метале (mg/kg)

Гранична вредност ефекта								
Елемент/ Критеријум	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
Праг нивоа ефекта (TEL)¹	5.9	0.6	37.3	35.5	35	0.17	18	123
Низак распон ефекта (ERL)²	33	5	80	70	35	0.15	30	120
Ниво најнижег ефекта (LEL)³	6	0.6	26	16	31	0.2	16	120
Праг мин. ефекта (MET)⁴	7	0.9	55	28	42	0.2	35	150
Средња вредност ефекта								
Елемент/ Критеријум	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
Ниво вероватног ефекта (PEL)⁵	17	3.53	90	197	91.3	0.486	36	315
Средњи распон ефекта (ERM)⁶	85	9	145	390	110	1.3	50	270
Екстремна вредност ефекта								
Елемент/ Критеријум	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
Праг токсичног ефекта (TET)⁷	17	3	100	86	170	1	61	540
Ниво озбиљног ефекта (SEL)⁸	33	10	110	110	250	2	75	820

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

Табела 4.2.3. Смернице за критеријуме квалитета седимента за органске супстанце (µg/kg)

Супстанце	Гранични ефекат				Средњи ефекат		Екстремни ефекат	
	<i>Праг нивоа ефекта (TEL)¹</i>	<i>Низак распон ефекта (ERL)²</i>	<i>Ниво најнижег ефекта (LEL)³</i>	<i>Ниво вероватног ефекта (MET)⁴</i>	<i>Средњи распон ефекта (PEL)⁵</i>	<i>Средњи ниво ефекта (ERM)⁶</i>	<i>Праг токсичног ефекта (TET)⁷</i>	<i>Ниво озбиљног ефекта (SEL)⁸</i>
Acenaphthene	10	20			90	500		
Acenaphthylene	10	40			130	640		
Anthracene	50	90			240	1100		
Fluorene	20	20			140	540		
Naphthalene	30	160			390	2100		
Phenanthrene	90	240			540	1500		
LMW PAHs								
B(a)Anthracene	70	260			690	1600		
Benzo(b)fluor	70	320			710	1880		
Benzo(k)fluor	60	280			610	1620		
Benzo(a)pyrene	90	430			760	1600		
Dibenzo(a,h)anthracene								
Chrysene	110	380			850	2800		
Fluoranthene	110	600			1490	5100		
Pyrene	150	660			1400	2600		
HMW PAHs								
Total PAHs	870	3500			8040	23580		
p,p_-DDD	3.54	2	8	10	8.51	20	60	60
p,p_-DDE	1.42	2	5	7	6.8	15	50	190
p,p_-DDT		1	8	9		7	50	710
Total DDT	7	3	7	9	4500	350		120
Chlordane	4.5	0.5	7	7	8.9	6	30	60

Квалитет седимента река и акумулација Србије

Dieldrin	2.85	0.02	2	2	6.67	8	300	910
Endrin	2.67	0.02	3	8	62.4	45	500	1300
Heptachlor epoxide	0.06		5	5	2.7		30	50
Lindane	0.9		3	3	1.38		9	10
Total PCBs	34	50	70	200	277	400	1000	5300

Велики обим и комплексност метода за детектовање наведених полутаната захтева поштовање међународно признатих процедура и стандарда. Агенција за заштиту животне средине је као компетентни и овлашћени државни орган од стране Владе РС за послове узорковања и испитивања квалитета воде, седимента и ваздуха 2006. године успоставила систем акредитације који подразумева примену и потпуну усаглашеност свих наведених послова са стандардом СРПС ИСО 17025:2006. Акредитацију је успешно обновила 2015. године и одржава је кроз редовне годишње надзоре АТС, а проширила је и обим акредитованих послова за друге предмете испитивања (земљиште). Висок квалитет рада и поузданост у резултате анализа је омогућен преко компетентног, високо стручног и обученог особља, најсавременије опреме за све врсте узорковања, припреме и анализе узорака, као и континуираног учешћа у екстерним проверама квалитета - програмима испитивања оспособљености "Proficiency Testing" шемама и међулабораторијским поређењима.

Агенцији за заштиту животне средине је издат *Сертификат о акредитацији са обимом акредитације*
<http://www.sepa.gov.rs/download/SertifikatIObimAkreditacije2017.pdf>.

4.3. Анализа резултата испитивања квалитета седимента река и акумулација

Анализа резултата испитивања квалитета седимента река и акумулација Србије са укупним бројем од 277 узорак за период од 2012.-2017. године је урађена на три начина. Први начин, спроведен је у циљу процене стања квалитета седимента и подразумевао је поређење измерених концентрација метала и органских микрополутаната у седименту са максимално дозвољеним концентрацијама (МДК) прописаних Уредбом о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање (Сл. гласник РС бр. 50/2012) и вредностима „Quality target“ препорученим од стране ICPDR-а. Оцена квалитета седимента у складу са Уредбом (Сл. гласник РС бр. 50/2012) (Табела 4.2.1), подразумева корекцију прописаних граничних вредности (МДК) у зависности од састава седимента, односно садржаја глине и органске материје. Систематским мониторингом спроведеним у периоду 2012-2017. година није било обухваћено одређивање гранулометријског састава седимента, односно процената садржаја глине (фракција мањих од 2 μ m), тако да није било могуће одредити кориговане граничне вредности за метале. Корекција граничних вредности за оцену стања квалитета седимента у односу на садржај органских микрополутаната је извршена коришћењем корекционе формуле (Уредба 50/12), а на бази података о садржају органске материје за сваки појединачни узорак седимента. Такође су измерене концентрације метала и органских микрополутаната упоређиване и са најсавременијим стандардима квалитета (SQG) за седимент, који се користе у пракси широм света, а дефинишу граничне вредности контаминаната које указују на вероватну појаву негативних еколошких ефекта на бентичке организме (Табела 4.2.2 и 4.2.3). Други начин, процена обима загађености седимента металима на нивоу слива Велики Тимок извршена је на бази индикатора загађености, фактора обogaћивања (EF), геоакумулационог индекса (*Igeo*), фактора контаминације (CF) и степена контаминације (CD) у циљу идентификације могућих фактора/извора загађивања.

Трећи начин анализе подразумевао је интерпретацију резултата мониторинга квалитета седимента применом статистичких метода за процену трендова (Mann Kendall тест) на профилима/рекама: Бездан/Дунав и Мартонош/Тиса, као и примену мултиваријалне статистичке анализе, односно кластер анализе сличности профила применом Ward-ове методе за слив реке Велики Тимок.

За потребе анализе квалитета седимента у зависности од спроведеног програма мониторинга примењени су статистички поступци, и то: код једног узорковања на једном профилима у шестогодишњем периоду коришћена је измерена концентрација; за профиле на којима је вршено 2 и више узорковања у шестогодишњем периоду урађено је осредњавање измерених концентрација.

4.3.1. Оцена квалитета седимента река

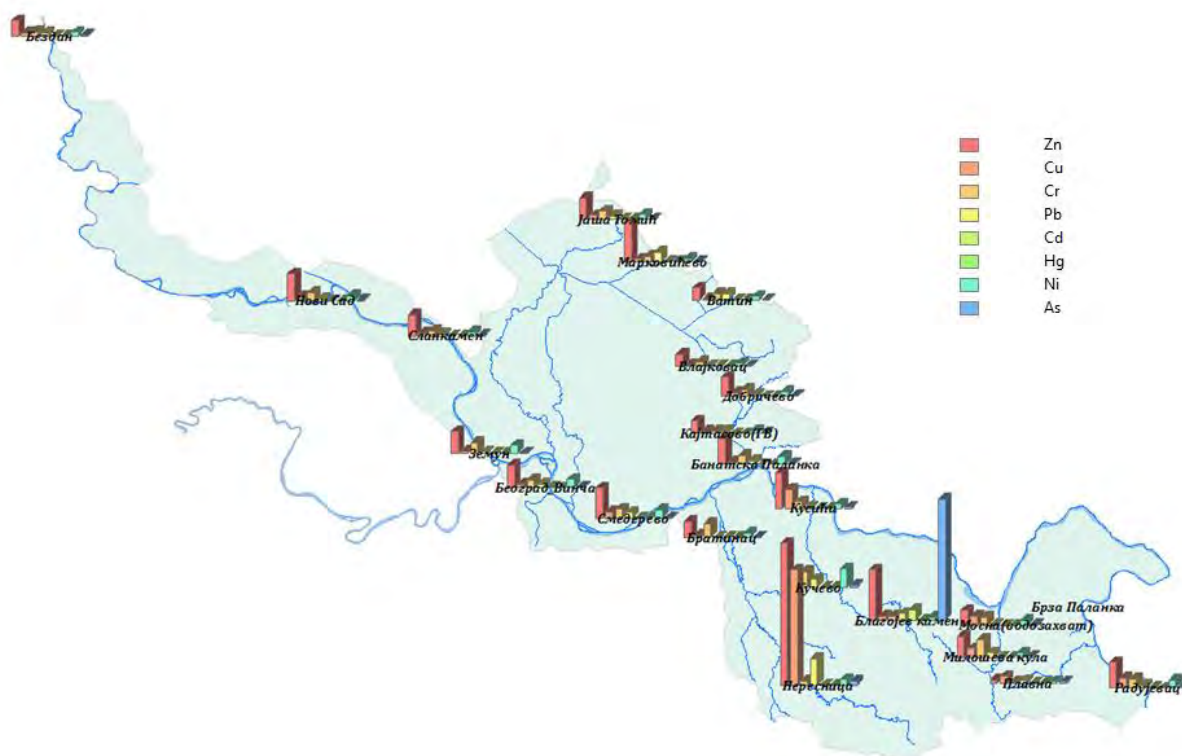
4.3.1.1. Реке слива Дунава

- без сливних подручја већих притока (Сава, Тиса, Велика Морава и Велики Тимок)

Садржај метала

Тешки метали су изузетно важна група полутаната због токсичности коју могу да испоље на живи свет и перзистенције у околини услед немогућности биолошке разградње. У наставку је приказана анализа резултата за поједине метале, чије су измерене високе концентрације превазилазиле дефинисане критеријуме.

Мониторинг квалитета седимента реке Дунав и водотока у делу слива Дунава без значајних притока (Сава, Тиса, Велика Морава и Велики Тимок) извршен је на 24 профила. Просторна расподела профила са хистограмским приказом садржаја метала приказана је на мапи (Слика 4.3.1.1.1.).



Слика 4.3.1.1.1. Просторни приказ положаја профила мониторинга седимента у делу слива Дунава са хистограмским приказом садржаја метала

Измерене концентрације **цинка** у седименту реке Дунав и појединих притока кретале су се у опсегу 36-1462 mg/kg. Највећа вредност цинка измерена је у узорку седимента реке Пек, узоркованог на профилу Нересница (Слика 4.3.1.1.2.).



Слика 4.3.1.1.2. Просторна расподела садржаја цинка (Zn) у седименту река у делу слива Дунава

Садржај цинка у седименту Дунава и појединих водотока у сливу Дунава по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта (PEL), средњи распон ефекта (ERM), ниво озбиљног ефекта (SEL) и праг токсичног ефекта (TET)*. Ови критеријуми за граничне вредности указују на *умерен, озбиљан и токсичан* ефекат садржаја цинка на живи свет у води, график 4.3.1.1.1.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај цинка показала је да измерена концентрација у седименту реке Пек, на профили Нересница (1462mg/kg), превазилази граничне вредности за SEL (Zn)=820mg/kg и TET (Zn)=540mg/kg, што указује на ниво *озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај цинка, урађена је и на бази препорука ICPDR-а. На већини мерних профила садржај цинка био је већи од циљне граничне вредности (Quality target (Zn)=200mg/kg) (График 4.3.1.1.1).

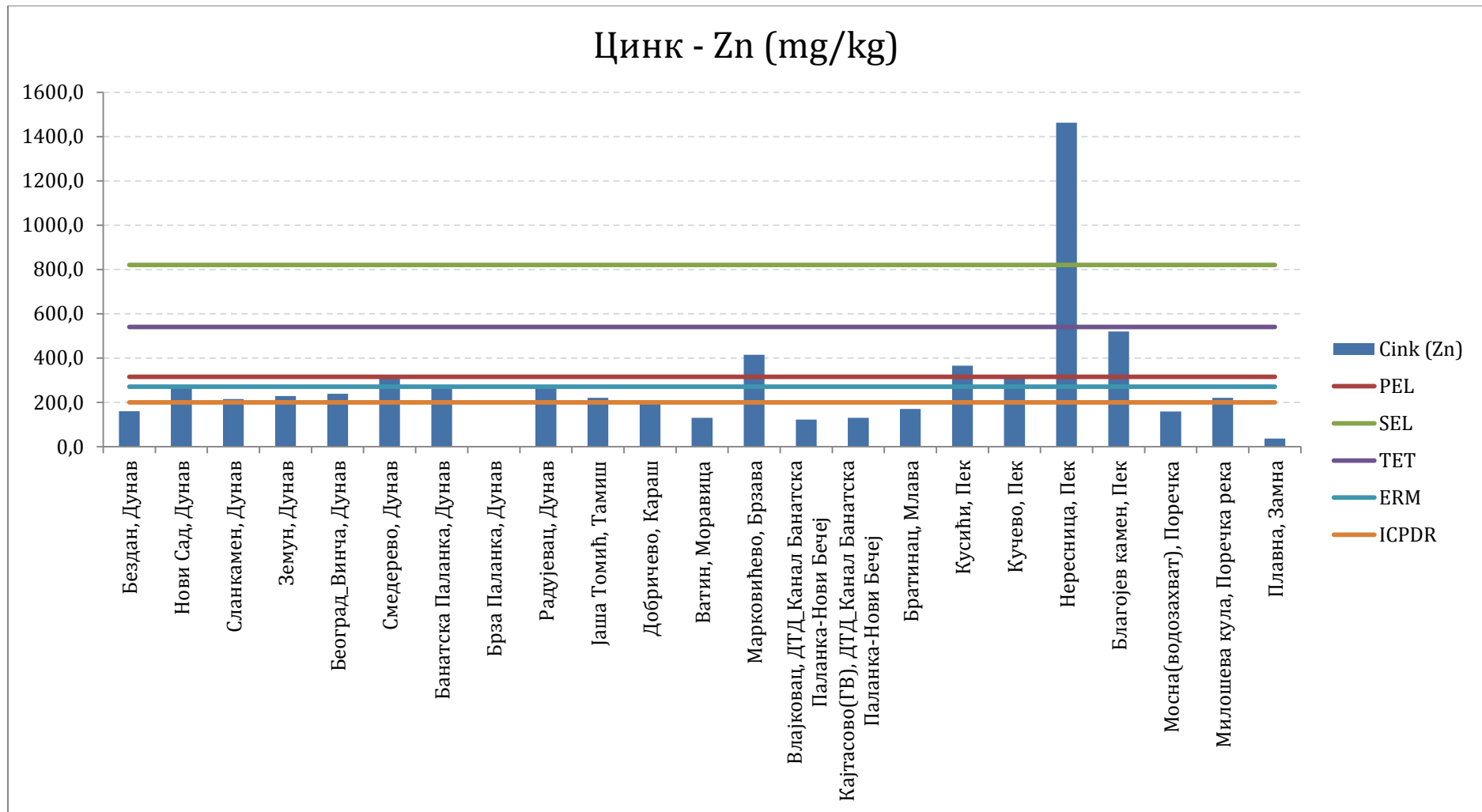


График 4.3.1.1.1. Садржај цинка у седименту Дунава и појединих водотока у делу слива Дунава у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **бабра** у седименту реке Дунав и појединих притока, кретале су се у опсегу 12.5-1190.0mg/kg. Највећа вредност бабра, такође је измерена у узорку седимента реке Пек, узоркованог на профилу Нересница.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај бабра показала је да измерене концентрације у седименту реке Пек, на профилима Нересница (1190mg/kg) и Кусићи (198mg/kg), превазилазе граничне вредности за SEL (Cu)=110mg/kg и ТЕТ (Cu)=86mg/kg, што указује на ниво *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај бабра, урађена је и на бази препорука ICPDR-а. На око 30% мерних профила (Смедерево (65mg/kg), Радујевац (100mg/kg), Кусићи (198mg/kg), Нересница (1190mg/kg), Мосна (95mg/kg), Милошева кула (89mg/kg) и Плавна (74mg/kg)) садржај бабра био је већи од циљне граничне вредности (Quality target (Cu)=60mg/kg).

Измерене концентрације **хрома** у седименту реке Дунав и појединих притока кретале су се у опсегу 12.3-184.0 mg/kg. Највећа вредност хрома регистрована је у узорку седимента Поречке реке, узоркованог на профилу Милошева кула (Слика 4.3.1.1.3.).



Слика 4.3.1.1.3. Просторна расподела садржаја хрома (Cr) у седименту река у делу слива Дунава

Садржај хрома у седименту Дунава и појединих водотока у сливу Дунава по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта (PEL), средњи распон ефекта (ERM), ниво озбиљног ефекта (SEL) и праг токсичног ефекта (TET)*. Ови критеријуми за граничне вредности указују на умерен, озбиљан и токсичан ефекат садржаја хрома на живи свет у води, графику 4.3.1.1.2.

Процена квалитета седимента у односу на садржај хрома, показала је да измерене концентрације у седиментима реке Пек на профилу Кучево (162mg/kg) и Поречке реке на профилу Милошева кула (184mg/kg), превазилазе приказане дефинисане граничне вредности за PEL (Cr)=90mg/kg, ERM (Cr)=145mg/kg, SEL (Cr)=110mg/kg и TET (Cr)=100mg/kg, што указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног и токсичног ефекта* на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за хром у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cr)=100mg/kg) превазиђена је на четири мерна профила (Земун, Братинац, Кучево и Милошева кула) (График 4.3.1.1.2.).

Измерене концентрације **олова** у седименту реке Дунав и појединих притока, кретале су се у опсегу 6.0-275.0mg/kg. Највећа вредност олова регистрована је у узорку седимента реке Пек, узоркованог на профилу Нересница.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај олова показала је да измерена концентрација у седименту реке Пек, на профилу Нересница (275mg/kg) превазилази граничне вредности за SEL (Pb)=250mg/kg и TET (Pb)=170mg/kg, што указује на ниво *озбиљног и токсичног ефекта* на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за олово у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cr)=100mg/kg) превазиђена је на реци Пек на профилу Нересница (275mg/kg).

Измерене концентрације **кадмијума** у седименту реке Дунав и појединих притока, кретале су се у опсегу 0.22-112.40mg/kg. Највећа вредност кадмијума регистрована је у узорку седимента реке Пек, узоркованог на профилу Благојев камен.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај кадмијума показала је да измерена концентрација у седименту реке Пек, на профилу Благојев камен (112.40mg/kg) превазилази дефинисане граничне вредности за PEL (Cd)=3.53mg/kg, ERM (Cd)=9mg/kg, TET (Cd)=3mg/kg и SEL (Cd)=10mg/kg, што указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног и токсичног ефекта* на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за кадмијум у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cd)=1.2mg/kg) превазиђена је на реци Пек на профилу Благојев камен.

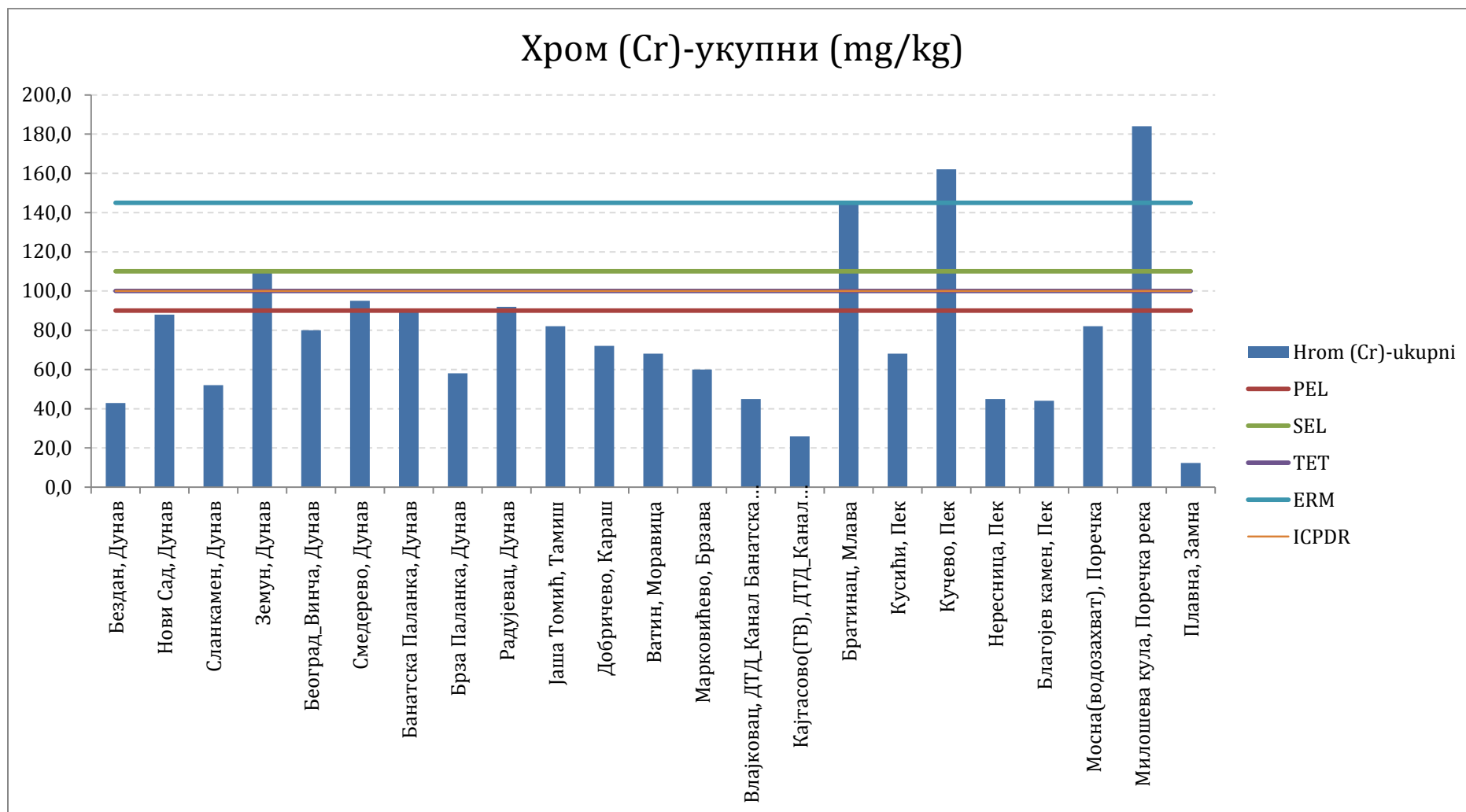


График 4.3.1.1.2. Садржај хрома у седименту Дунава и појединих водотока у делу слива Дунава у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **живе** у седименту реке Дунав и појединих притока, кретале су се у опсегу $<0.1-0.3\text{mg/kg}$ и није регистровано прекорачење граничних вредности критеријума приказаних у табелама 4.2.2 и 4.2.3.

Измерене концентрације **никла** у седименту реке Дунав и појединих притока кретале су се у опсегу $17.0-190.0\text{ mg/kg}$. Највећа вредност никла регистрована је у узорку седимента реке Пек, узоркованог на профилу Кучево (Слика 4.3.1.1.4.).



Слика 4.3.1.1.4. Просторна расподела садржаја никла (Ni) у седименту река у делу слива Дунава

Садржај никла у седименту Дунава и појединих водотока у сливу Дунава по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта (PEL)*, *средњи распон ефекта (ERM)*, *ниво озбиљног ефекта (SEL)* и *праг токсичног ефекта (TET)*. Ови критеријуми за граничне вредности указују на умерен, озбиљан и токсичан ефекат садржаја никла на живи свет у води, график 4.3.1.1.3.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај никла показала је да измерене концентрације у седиментима реке Дунав на профилима Земун (85mg/kg), Београд_Винча (85mg/kg), Смедерево (92mg/kg), Банатска Паланка (80mg/kg) и Радујевац (78mg/kg) и реке Пек на профилу Кучево (190mg/kg), превазилазе приказане граничне вредности за $\text{PEL (Ni)}=36\text{mg/kg}$, $\text{ERM (Ni)}=50\text{mg/kg}$, $\text{TET (Ni)}=61\text{mg/kg}$ и $\text{SEL (Ni)}=75\text{mg/kg}$, што указује на ниво *вероватног*, *средњег*, *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај никла, урађена је и на бази препорука ИСПДР-а. На око 38% мерних профила садржај никла био је већи од циљне граничне вредности (Quality target (Ni)=50mg/kg) (График 4.3.1.1.3.).



Дунав, шеталиште Земунски кеј, 2016

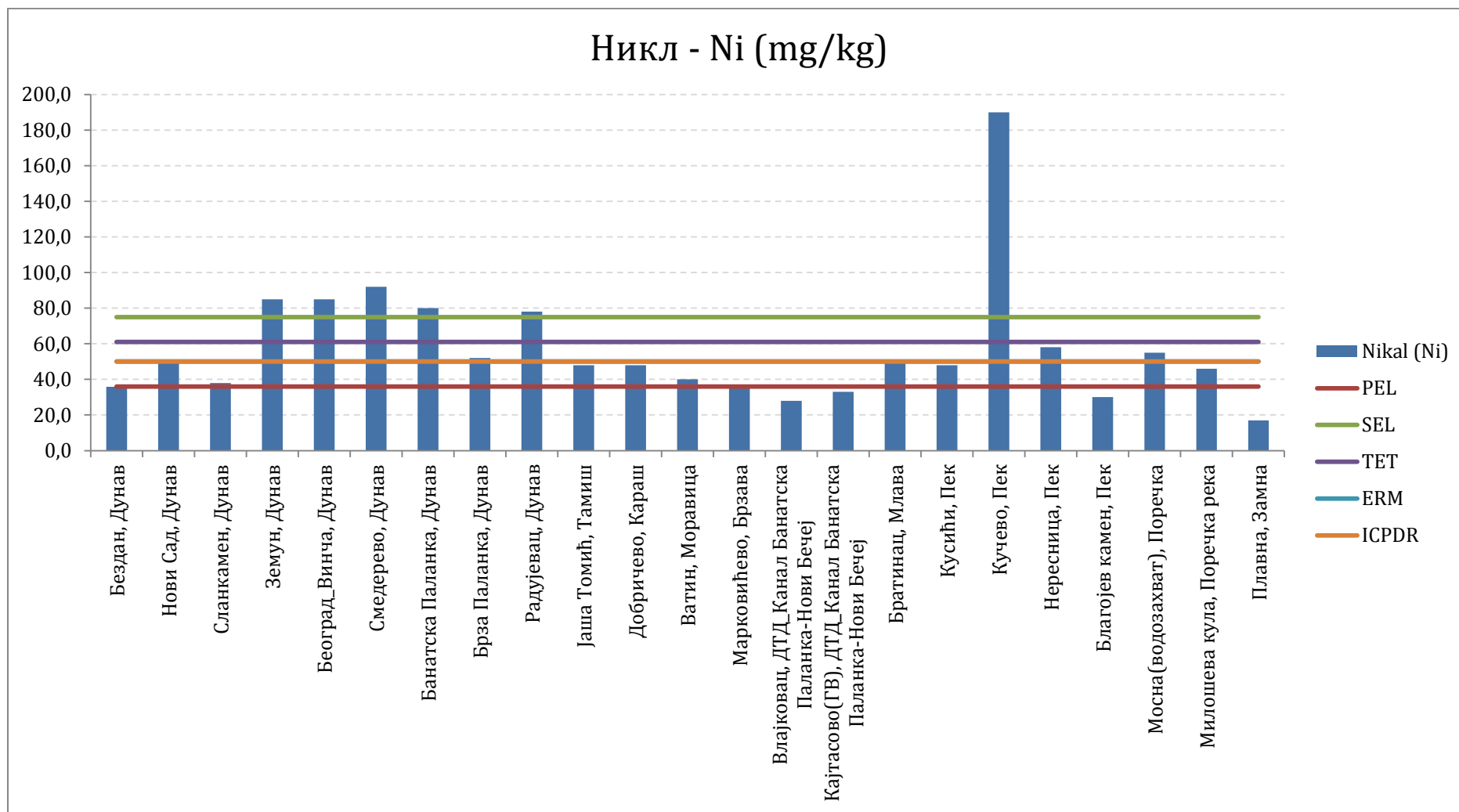


График 4.3.1.1.3. Садржај никла у седименту Дунава и појединих водотока у делу слива Дунава у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **арсена** у седименту реке Дунав и појединих притока, кретале су се у опсегу 6.0-1246.4mg/kg. Највећа вредност арсена регистрована је у узорку седимента реке Пек, узоркованог на профили Благојев камен.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај арсена показала је да измерена концентрација у седименту реке Пек, на профили Благојев камен (1246.4mg/kg) превазилази приказане дефинисане граничне вредности за PEL (As)=17mg/kg, ERM (As)=85mg/kg, TET (As)=17mg/kg и SEL (As)=33mg/kg, што указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за арсен у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (As)=20mg/kg) превазиђена је на реци Пек на профилима Благојев камен, Нересница и Кучево.

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (РАН), полихлоровани бифенили (РСВ), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина.

Полициклични ароматични угљоводоници (РАН) су детектовани у већини испитиваних узорка седимента реке Дунав и појединих притока (График 4.3.1.1.4.) у концентрацијама значајно нижим од прописаних граничних вредности. Одређене су суме детектованих РАН-ова у свим узорцима, сумарне вредности кретале су се у опсегу од око 4.5µg/kg до 600µg/kg. Највеће вредности суме РАН-ова регистроване су на профилима Бездан/Дунав и Марковићево/Брзава. Процена квалитета седимента, у односу на суму РАН-ова, указује да су сумарне концентрације у седиментима посматраних река/профила на делу слива Дунава, вишеструко ниже од дефинисаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (РАNs)=8040µg/kg) и *средњи распон ефекта* (ERM (РАNs)=23580µg/kg)(График 4.3.1.1.4.).

Без обзира на ниске концентрације детектоване у нашем случају, профил емисије РАН за дати извор зависи од процеса који су произвели РАН-ове (Manoli *et al.*, 2004). Током процеса са ниским температурама, нпр. сагоревање дрвета, најчешће се формирају РАН молекули ниских молекуларних маса. Са друге стране, високотемпературни процеси сагоревања (нпр. горива у моторима) изазивају стварању РАН компоненти са вишим молекуларном масама (Mostert *et al.*, 2010). Управо стога се коришћењем различитих РАН односа може установити извор загађења РАН компонентама. За анализиране РАН у овим узорцима седимента најприкладнији је дијагностички однос IcdP/(IcdP + BghiP), који за узорак седимента Бездан/Дунав износи 0,6 што указује на пирогене изворе загађења (сагоревање дрвета, угља или траве), док за узорак Марковићево/Брзава износи 0,4, указујући на загађење седимента првенствено сагоревањем бензина (Yunker *et al.*, 2002), (Tobieszewski, Namiesnik, 2012).

Садржај **полихлорованих бифенила** (сума PCB) у узорцима седимента Дунава и појединих притока кретао се у опсегу од око 3.5µg/kg до 14 µg/kg, што је знатно испод прописаних граничних вредности *ниво вероватног ефекта* (PEL (PCBs)=277µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (PCBs)=400µg/kg), *праг токсичног ефекта* (TET (PCBs)=1000µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (PCBs)=5300µg/kg) (График 4.3.1.1.5.).

Укупни **DDTs**, односно суме **p,p-DDT**, **p,p-DDD** и **p,p-DDE** у свим испитиваним узорцима су биле значајно испод прописане вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (DDTs)=4500µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (DDTs)=350µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (DDTs)=120µg/kg) (График 4.3.1.1.6.). Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом (Сл.гласник РС бр. 50/2012), у односу на садржај p,p-DDE на профилима: Бездан, Дунав (2.8ug/kg), Нови Сад, Дунав (2.9ug/kg), Земун, Дунав (3.1ug/kg), Београд_Винча, Дунав (2.2ug/kg), Смедерево, Дунав (1.6ug/kg), Банатска Паланка, Дунав (2.5ug/kg), Брза Паланка, Дунав (2.6ug/kg), Радујевац, Дунав (1.7ug/kg), Јаша Томић, Тамиш (2.9ug/kg), Ватин, Моравица (2.2ug/kg), Марковићево, Брзава (1.6ug/kg), Влајковац, ДТД_Канал Банатска Паланка-Нови Бечеј (1ug/kg), Кајтасово(ГВ), ДТД_Канал Банатска Паланка-Нови Бечеј (4.4ug/kg), Братинац, Млава (1.2ug/kg), Кусићи, Пек(1ug/kg), Кучево, Пек (1.2ug/kg) и Плавна, Замна (2.1ug/kg), указује на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК(p,p-DDE)=1µg/kg) је коригована у зависности од садржаја органске материје у посматраним узорцима. Кориговане граничне вредности срачунате применом корекционе формуле износиле су по профилима: Бездан, Дунав (ГВк=0.82ug/kg), Нови Сад, Дунав (ГВк=0.80ug/kg), Земун, Дунав (ГВк=0.75ug/kg), Београд_Винча, Дунав (ГВк=0.76ug/kg), Смедерево, Дунав (ГВк=0.74ug/kg), Банатска Паланка, Дунав (-), Брза Паланка, Дунав (ГВк=2.25ug/kg), Радујевац, Дунав (ГВк=0.82ug/kg), Јаша Томић, Тамиш (ГВк=0.82ug/kg), Ватин, Моравица (ГВк=1.48ug/kg), Марковићево, Брзава (ГВк=0.69ug/kg), Влајковац, ДТД_Канал Банатска Паланка-Нови Бечеј (ГВк=0.42ug/kg), Кајтасово(ГВ), ДТД_Канал Банатска Паланка-Нови Бечеј (ГВк=0.98ug/kg), Братинац, Млава (ГВк=0.76ug/kg), Кусићи, Пек (ГВк=0.90ug/kg), Кучево, Пек (ГВк=0.78ug/kg) и Плавна, Замна (ГВк=1.64ug/kg),

Од осталих **органохлорних пестицида** у узорку седимента реке Дунав, узоркованом на профилу Земун, измерена је висока вредност метоксихлора¹⁷ (369.5 µg/kg), док су сви остали одређивани пестициди, у свим узорцима седимента посматраног сливног подручја мањи од вредности граница квантификације (LOQ) (График 4.3.1.1.7.). Одређивања садржаја **пестицида на бази триазина** у узорцима седимента реке Дунав, указују на појаву тербутрина¹⁸ на профилима Земун, Винча и Смедерево у концентрацијама од 1.90 µg/kg до 7.80 µg/kg. На свим осталим профилима измерене концентрације тербутрина и осталих представника групе пестицида на бази триазина биле су испод вредности границе квантификације (LOQ) (График 4.3.1.1.8).

Анализа РСВ показује да су у већини испитиваних узорака седимента више заступљени РСВ конгенери са већим степеном хлорованости (График 4.3.1.1.5). Литературни извори указују на могуће разлоге за такву слику загађења РСВ компонентама (Тоан *et al*, 2018), јер су слабије хлоровани РСВ нестабилнији, имају нижи индекс $\log K_{ow}$ и испарљивији су од више хлорованих РСВ. То значи да РСВ са више атома хлора имају већи потенцијал за акумулацију у седименту, док се РСВ са мање атома хлора брже деградирају и испаравају. Такође, трансформаторска и кондензаторска уља, која су основни извор загађења РСВ компонентама углавном садрже РСВ конгенере са високим садржајем атома хлора, што се уклапа са добијеном сликом концентрација загађености у нашем случају испитиваних седимената.

Од осталих органских полутаната, у скоро свим анализираним узорцима седимента уочава се велика заступљеност р,р' DDE, који је деградациони производ р,р' DDT, у односу на други деградациони производ р,р' DDD, као и на сам р,р' DDT. Њихов међусобни однос $DDT/(DDE+DDD)$ указује на „старост загађења“ (диагностички однос $>0,1$ говори да је у питању новије загађење а диагностички однос $<0,1$ да није било скоријег загађења). У наведеним узорцима је мањи од 0.1 и указује на значајну деградацију р,р' DDT што значи да седимент није оптерећен скоријим загађењима овим пестицидом.

¹⁷ Метоксихлор је органохлорни пестицид чија је намена била да замени горе наведени р,р' DDT. Не раствара се лако у води, због чега се меша са течностима на бази нафте или се користи као прах. Након извесног времена је установљено да је и он токсичан за организме у акватичним екосистемима (има естрогени ефекат на поједине организме и утиче на њихову репродукцију), као и да има велики потенцијал за биоакумулацију, због чега је забрањен у ЕУ од 2002. године.

¹⁸ Тербутрин је хербицид који утиче на фотосинтезу и користи се за контролу траве и корова са широким лишћем, као и водених алги. Последњих година су многи производи који садрже тербутрин повучени из употребе у ЕУ.

То је очекивано стање загађености овим органохлорним пестицидом, с обзиром да је у нашој земљи забрањен још 1989. године. Међутим, у узорку на профилиу Бездан/Дунав уочава се скоро исти садржај р,р' DDE и р,р' DDT, уз доста нижи садржај р,р' DDD у односу на њих (График 4.3.1.1.6) Дијагностички однос ова три изомера је преко 0.7 и указује на на скорије загађење, што се може објаснити коришћењем старих залиха овог забрањеног пестицида.



Dossier Stop pesticidi, Il blog di Maria Trozzi, 2015¹⁹

¹⁹ "У Италији је употреба хемије у пољопривреди увек висока, ми смо први европски потрошачи пестицида за пољопривреду према најновијем извештају Еуростата. Морамо имати на уму и стално повећање узгаја органским методама (+23, 1% од 2010 до 2013) и све већу употребу алтернативних и одрживих пољопривредних пракси. Упркос томе, слика која произилази из најновијег извештаја „Stop Pesticidi“ (<https://report-age.com/2015/10/03/agricoltura-chimica-in-perdita-il-futuro-e-biologico/>) је далеко од тога да охрабри: 42% анализираних узорака (од укупно 7 хиљада) контаминирано је једном или више хемијских супстанци. Мултирезидуалност, пратећа присутност више хемијских остатака у истом узорку хране, порасла је за 5 процентних поена од 2012. до 2014. године, са 17,1% на 22,4%, са рекордним узорцима: 5 остатака у јабукама, 8 у јагодама, 15 у конзумном грожђу, односно у намирницама са познатим хранљивим својствима које завршавају на нашим столовима, а пуне су пестицида."

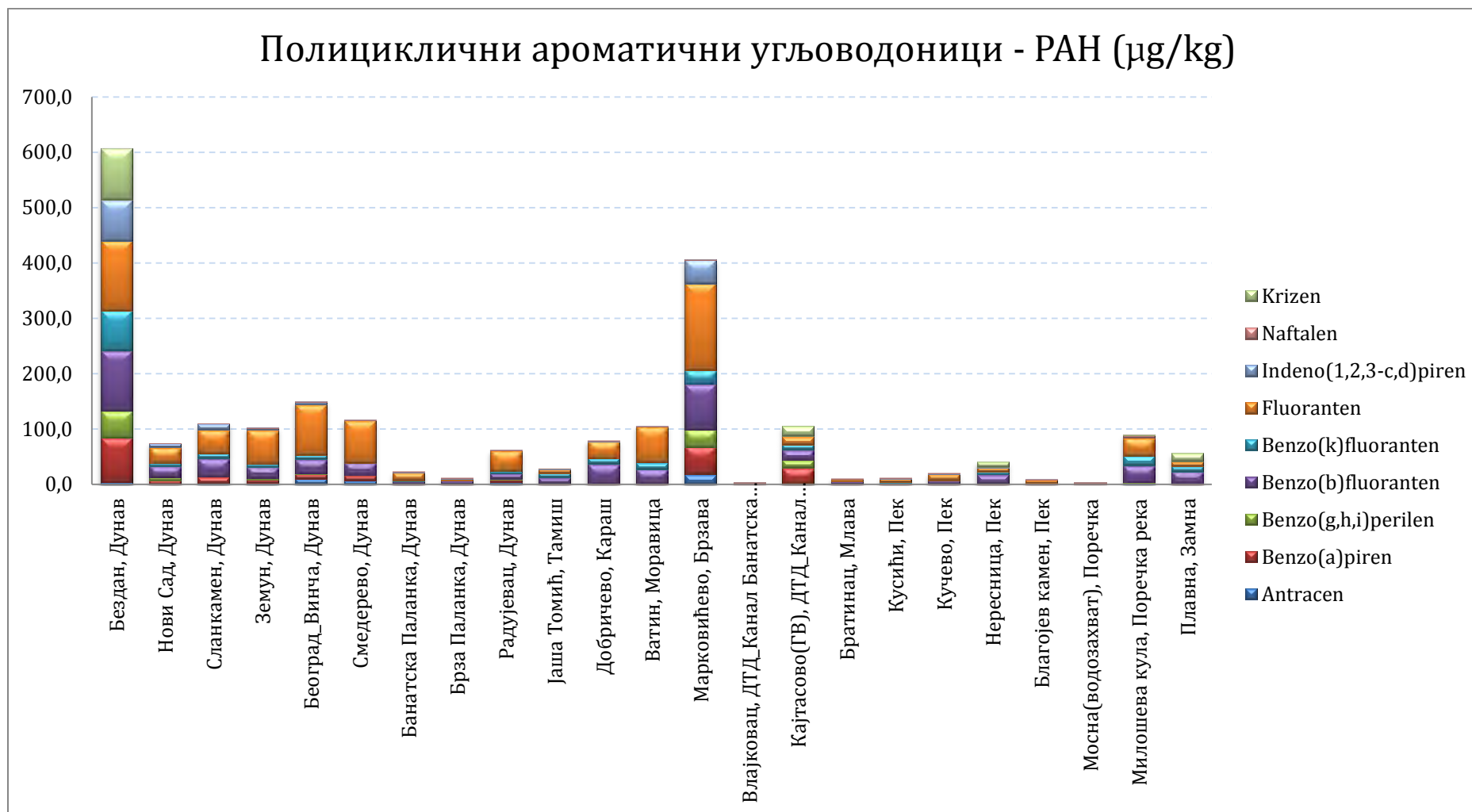


График 4.3.1.1.4. Садржај полицикличних ароматичних једињења (ПАХ) у седименту Дунава и појединих водотока у делу слива Дунава

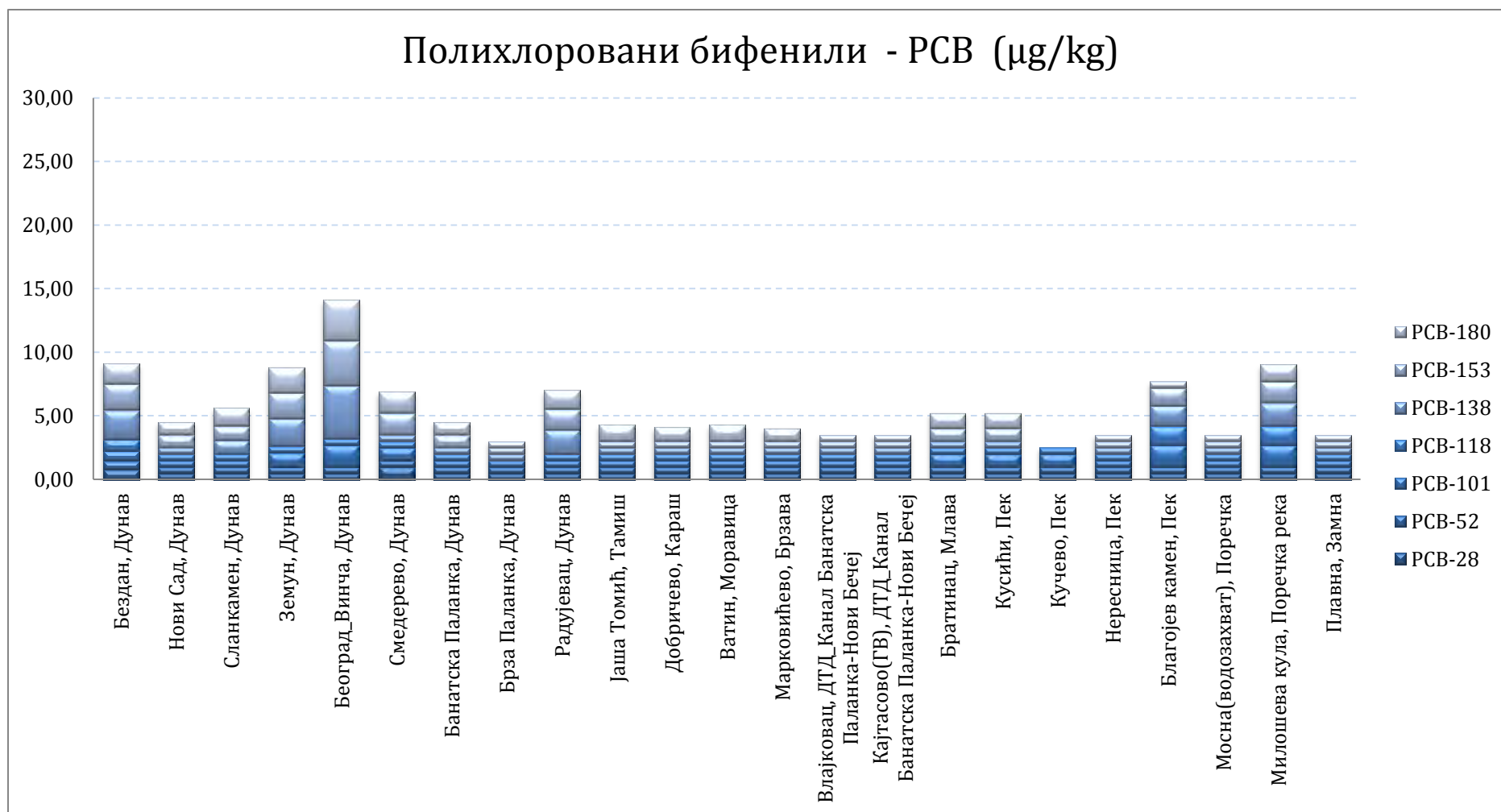


График 4.3.1.1.5. Садржај полихлорованих бифенила (РСВ) у седименту Дунава и појединих водотока у делу слива Дунава

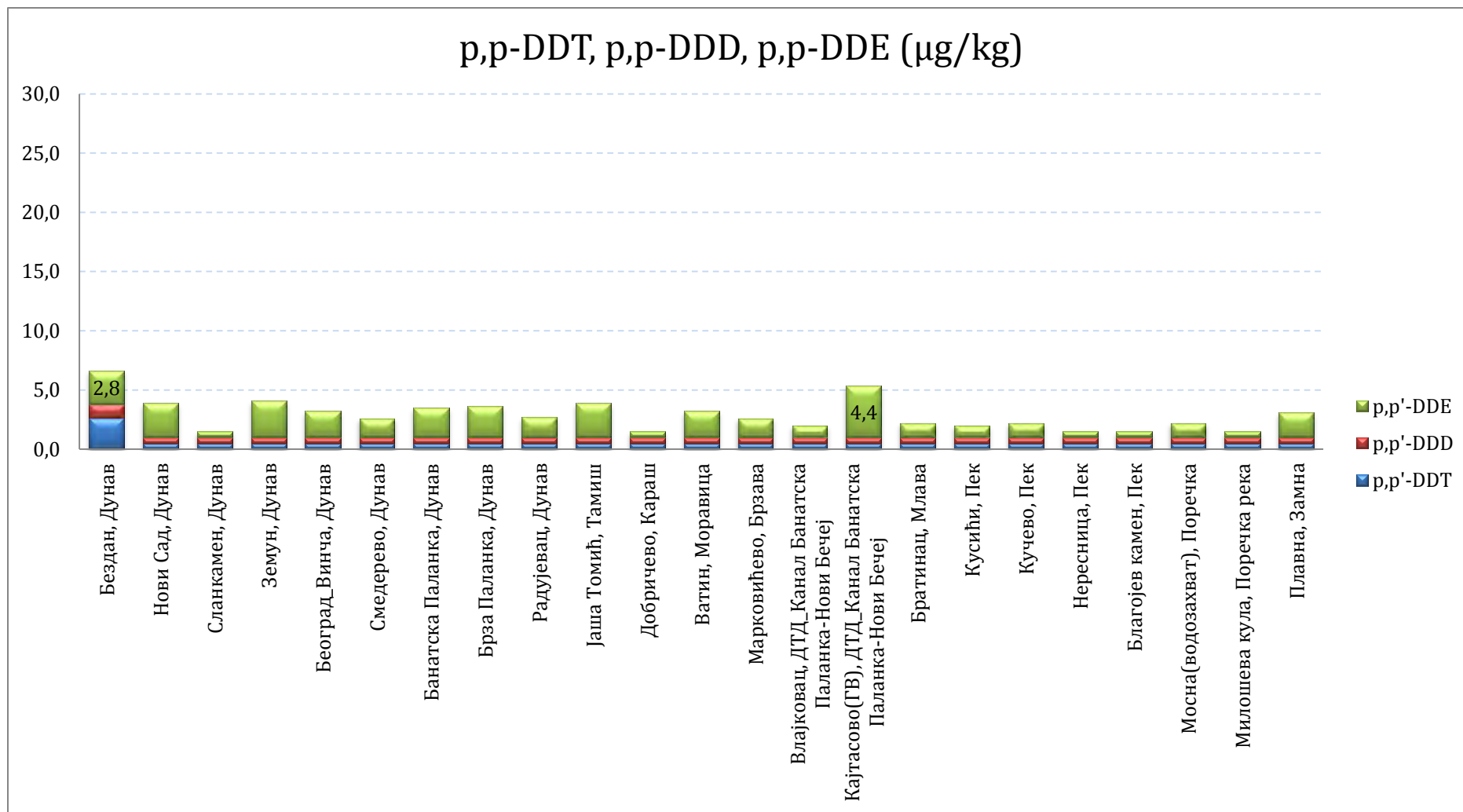


График 4.3.1.1.6. Садржај p,p-DDT, p,p-DDD, p,p-DDE у седименту Дунава и појединих водотока у делу слива Дунава



График 4.3.1.1.7. Садржај органохлорних пестицида у седименту Дунава и појединих водотока у делу слива Дунава

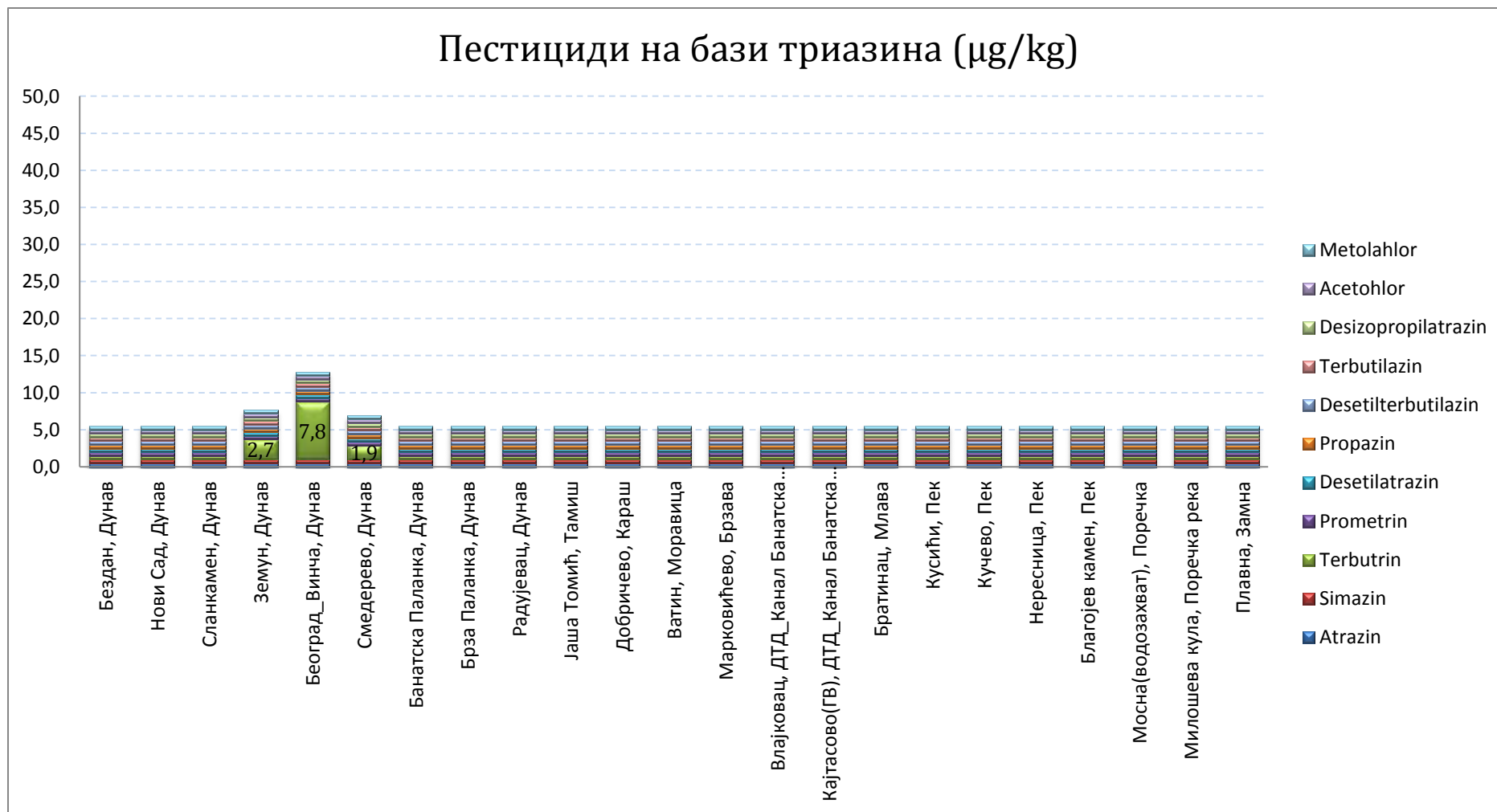
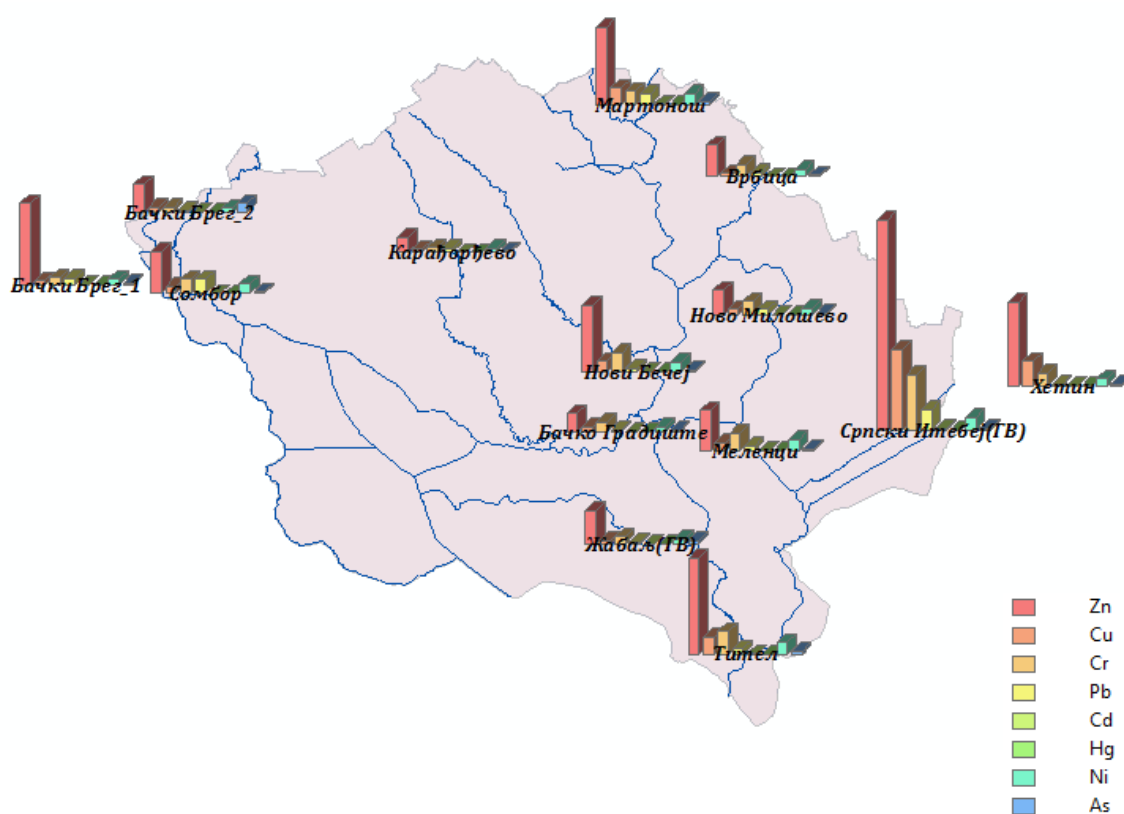


График 4.3.1.1.8. Садржај пестицида на бази триазина у седименту Дунава и појединих водотока у делу слива Дунава

4.3.1.2. Реке слива Тисе

Садржај метала

Мониторинг квалитета седимента водотока у сливу Тисе извршен је на 14 профила. На профилу Мартонош/Тиса узорковање седимента је вршено на левој и десној обали водотока, резултати анализа су презентовани за обе тачке узорковања. Просторна расподела профила са хистограмским приказом садржаја метала приказана је на мапи (Слика 4.3.1.2.1.).



Слика 4.3.1.2.1. Просторни приказ положаја профила мониторинга седимента у сливу Тисе са хистограмским приказом садржаја метала

Измерене концентрације **цинка** у седименту водотока у сливу реке Тисе кретале су се у опсегу 62-880 mg/kg. Највећа вредност цинка измерена је у узорку седимента реке Пловни Бечеј, узоркованог на профилу Српски Итебеј (ГВ) (Слика 4.3.1.2.2.).



Слика 4.3.1.2.2. Просторна расподела садржаја цинка (Zn) у седименту река у сливу Тисе

Садржај цинка у седименту водотока слива Тисе по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта (PEL), средњи распон ефекта (ERM), ниво озбиљног ефекта (SEL) и праг токсичног ефекта (TET)*. Ови критеријуми за граничне вредности указују на умерен, озбиљан и токсичан ефекат садржаја цинка на живи свет у води, график 4.3.1.2.1.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај цинка показала је да измерена концентрација у седименту реке Пловни Бегеј, на профилу Српски Итебеј(ГВ) (880.0mg/kg), превазилази граничне вредности за SEL (Zn)=820mg/kg и TET (Zn)=540mg/kg, што указује на ниво *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај цинка, урађена је и на бази препорука ICPDR-а. На 50% мерних профила садржај цинка био је већи од циљне граничне вредности (Quality target (Zn)=200mg/kg) (График 4.3.1.2.1.).

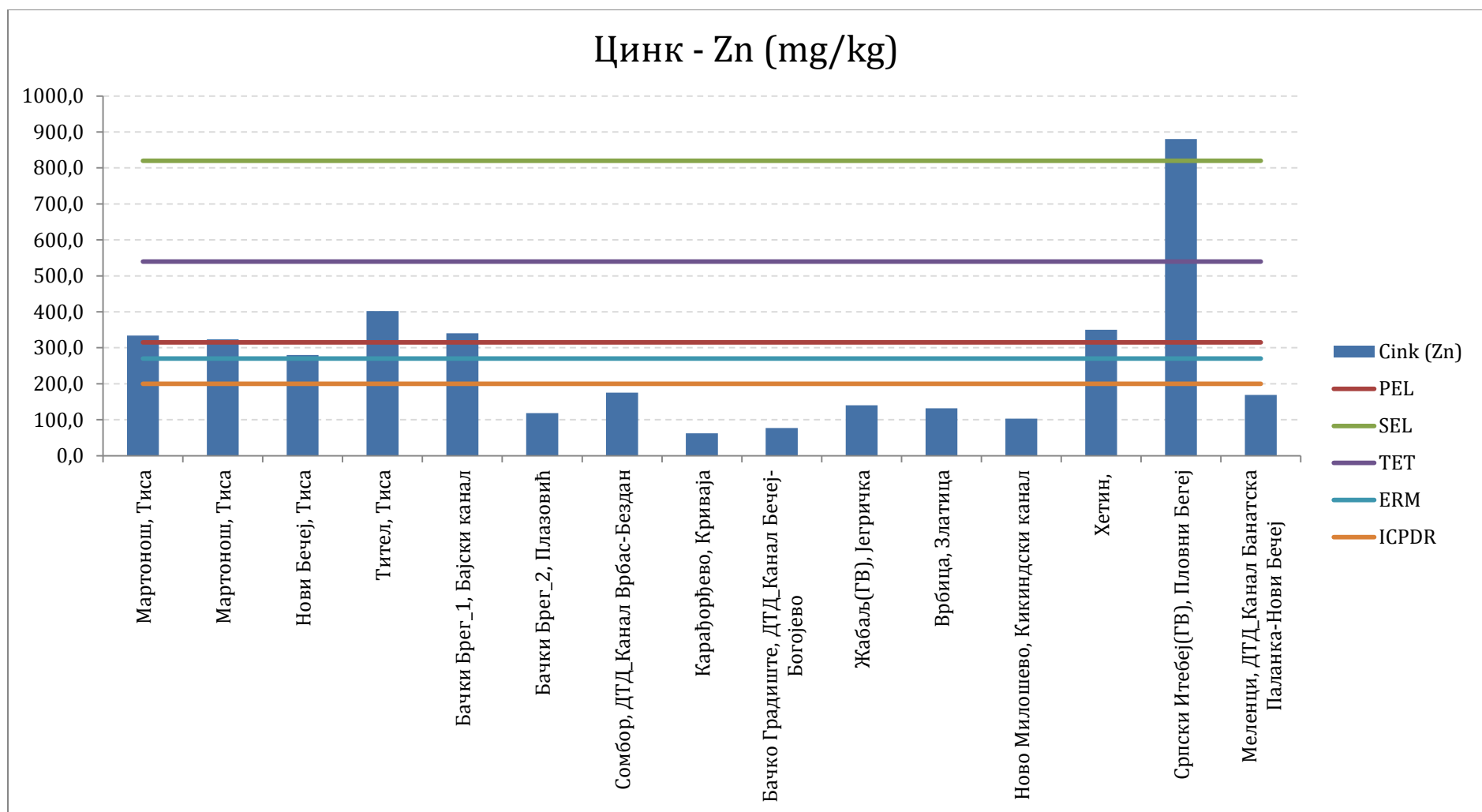


График 4.3.1.2.1. Садржај цинка у седименту река и канала у сливу Тисе у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **бабра** у седименту водотока у сливу реке Тисе кретале су се у опсегу 13.0-338.5 mg/kg. Највећа вредност бабра измерена је у узорку седимента реке Пловни Бегеј, узоркованог на профилу Српски Итебеј(ГВ) (Слика 4.3.1.2.3.).



Слика 4.3.1.2.3. Просторна расподела садржаја бабра (Cu) у седименту река у сливу Тисе

Садржај бабра у седименту река у сливу Тисе по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта* (PEL), *средњи распон ефекта* (ERM), *ниво озбиљног ефекта* (SEL) и *праг токсичног ефекта* (TET). Ови критеријуми за граничне вредности указују на умерен, озбиљан и токсичан ефекат садржаја бабра на живи свет у води, график 4.3.1.2.2.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај бабра показала је да измерена концентрација у седименту реке Пловни Бегеј на профилу Српски Итебеј(ГВ) (338.5mg/kg), превазилази граничне вредности за SEL (Cu)=110mg/kg и TET (Cu)=86mg/kg, што указује на *ниво озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај бабра, урађена је и на бази препорука ICSPDR-а. На око 29% мерних профила (Мартонош(Л), Мартонош(Д), Тител, Хетин и Српски Итебеј(ГВ)) садржај бабра био је већи од циљне граничне вредности (Quality target (Cu)=60mg/kg) (График 4.3.1.2.2.).

Измерене концентрације **хрома** у седименту водотока у сливу реке Тисе кретале су се у опсегу 20.0-234.0 mg/kg. Највећа вредност хрома измерена је у узорку седимента реке Пловни Бегеј, узоркованог на профилу Српски Итебеј(ГВ).

Процена квалитета седимента, у односу на садржај хрома показала је да измерена концентрација у седименту реке Пловни Бегеј на профилу Српски Итебеј(ГВ) (233.6mg/kg) превазилази дефинисане граничне вредности за PEL (Cr)=90mg/kg, ERM (Cr)=145mg/kg, ТЕТ (Cr)=100mg/kg и SEL (Cr)=110 mg/kg, што указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за хром у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cr)=100mg/kg) превазиђена је само на профилу Српски Итебеј(ГВ).

Измерене концентрације **олова** у седименту водотока у сливу реке Тисе, кретале су се у опсегу <20.0-87.0mg/kg и није регистровано прекорачење граничних вредности критеријума приказаних у табелама 4.2.2 и 4.2.3. Измерене концентрације **кадмијума** у седименту водотока у сливу реке Тисе кретале су се у опсегу 0.2-7.0mg/kg. Највећа вредност кадмијума измерена је у узорку седимента реке Пловни Бегеј, узоркованог на профилу Српски Итебеј(ГВ).

Процена квалитета седимента, у односу на садржај кадмијума показала је да измерена концентрација у седименту реке Пловни Бегеј на профилу Српски Итебеј (ГВ) (6.98mg/kg) превазилази дефинисане граничне вредности за PEL (Cd)=3.53mg/kg и ТЕТ (Cd)=3mg/kg, што указује на ниво *вероватног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за кадмијум у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cr)=1.2mg/kg), превазиђена је на профилима: Мартонош, Тител и Српски Итебеј(ГВ).

Измерене концентрације **живе** у седименту водотока у сливу реке Тисе кретале су се у опсегу <0.1-0.6mg/kg. Највећа вредност живе измерена је у узорку седимента реке Стари Бегеј, узоркованог на профилу Хетин (0.6mg/kg). У односу на дефинисане граничне вредности критеријума (Табела 4.2.2 и 4.2.3), измерена вредност указује на могући ниво *вероватног* ефекта на акватични живи свет.

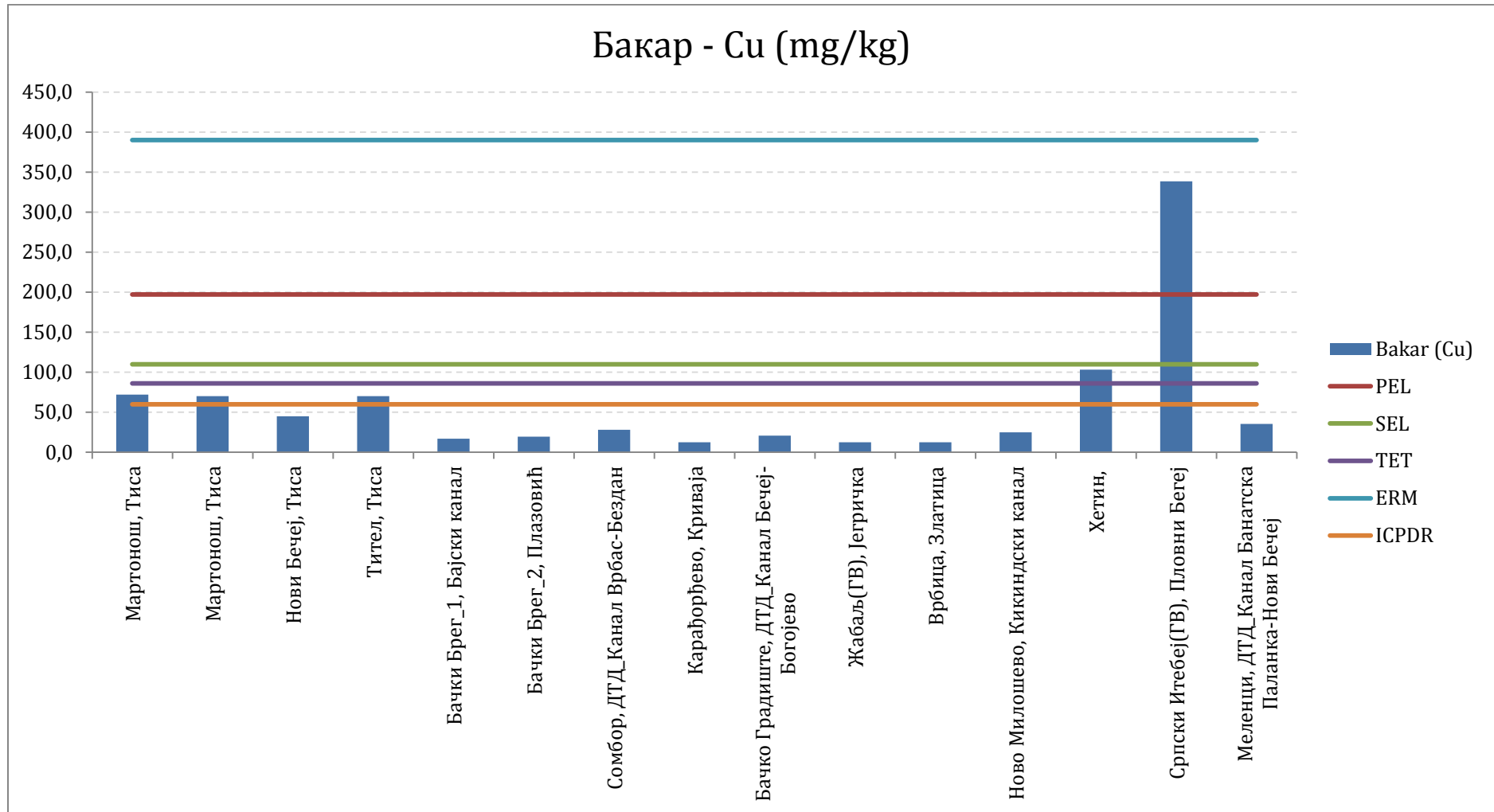


График 4.3.1.2.2. Садржај бакра у седименту река и канала у сливу Тисе у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **никла** у седименту водотока у сливу реке Тисе, кретале су се у опсегу 18.0-54.0mg/kg. Највећа вредност никла регистрована је у узорку седимента реке Пловни Бегеј, узоркованог на профилу Српски Итебеј(ГВ).

Процена квалитета седимента, у односу на садржај никла показала је да су измерене концентрације у седиментима на око 50% профила превазилазе дефинисану граничну вредност за PEL (Ni)=36mg/kg), што указује на ниво *вероватног* ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај никла, урађена је и на бази препорука ICPDR-а. Садржај никла је само на профилу Српски Итебеј(ГВ) био већи од циљне граничне вредности (Quality target (Ni)=50mg/kg).

Измерене концентрације **арсена** у седименту водотока у сливу реке Тисе, кретале су се у опсегу 5.0-39.0mg/kg. Највећа вредност арсена регистрована је у узорку седимента реке Плазовић, узоркованог на профилу Бачки Брег_2 (Слика 4.3.1.2.4.)



Слика 4.3.1.2.4. Просторна расподела садржаја арсена (As) у седименту река у сливу Тисе

Садржај арсена у седименту река у сливу Тисе по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта* (PEL), *средњи распон ефекта* (ERM), *ниво озбиљног ефекта* (SEL) и *праг токсичног ефекта* (TET). Ови критеријуми за граничне вредности указују на умерен, озбиљан и токсичан ефекат садржаја арсена на живи свет у води, график 4.3.1.2.3.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај арсена показала је да измерена концентрација у седименту реке Плазовић, на профилу Бачки Брег_2 (39.0mg/kg) превазилази приказане дефинисане граничне вредности за PEL (As)=17mg/kg, SEL (As)=33mg/kg и TET (As)=17mg/kg, што указује на *ниво вероватног, озбиљног и токсичног ефекта* на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за арсен у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (As)=20mg/kg) превазиђена је на профилу Бачки Брег_2 (График 4.3.1.2.3.).

Дунав – Нови Сад испуст канализације, 2015.



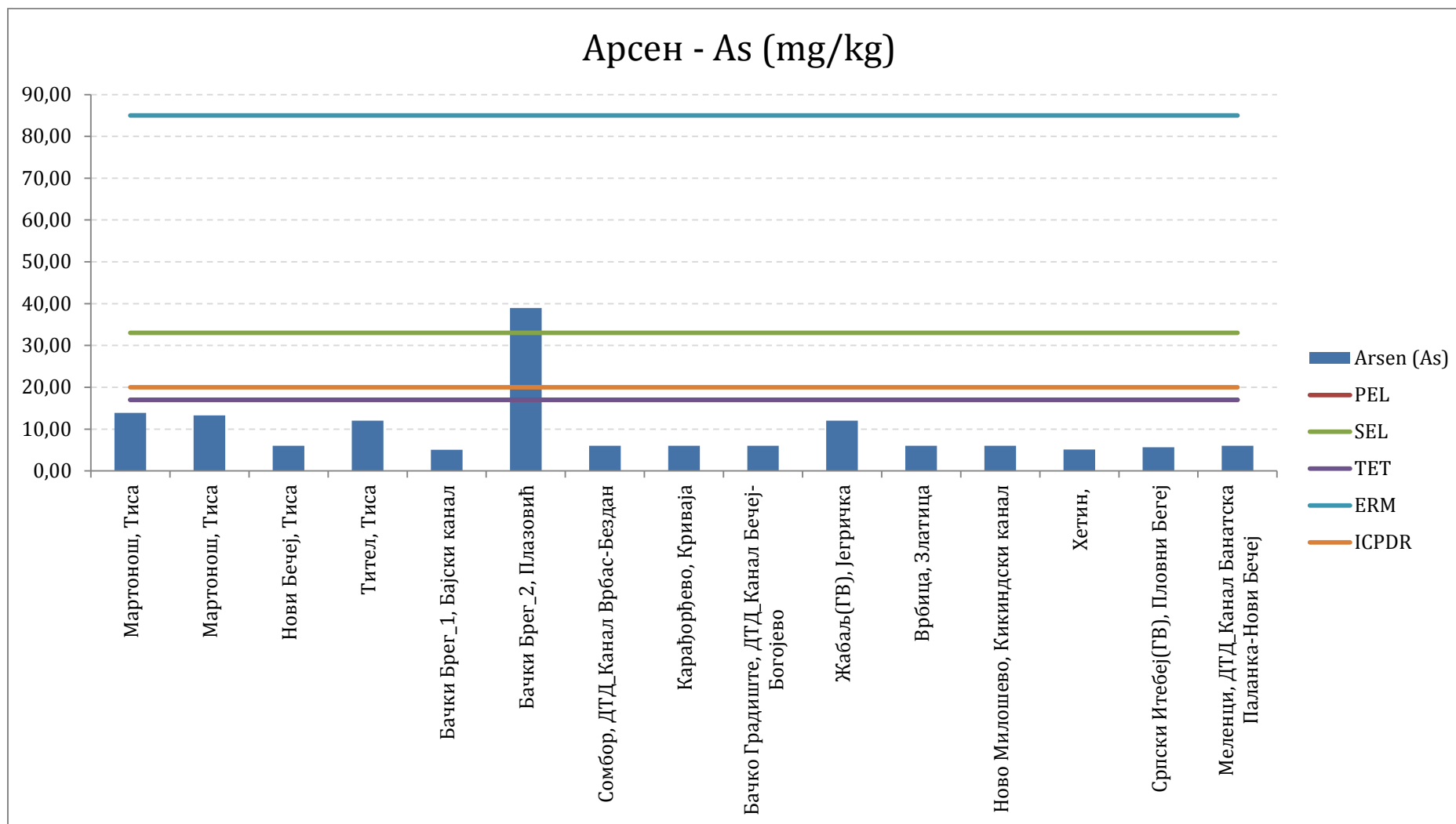


График 4.3.1.2.3. Садржај арсена у седименту река и канала у сливу Тисе у односу на критеријуме квалитета

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (РАН), полихлоровани бифенили (РСВ), органохлорни пестициди, и пестициди на бази триазина.

Полициклични ароматични угљоводоници (РАН) су детектовани у већини испитиваних узорака седимента водотока у сливу реке Тисе, у концентрацијама значајно нижим од прописаних граничних вредности (График 4.3.1.2.4.). Одређене су суме детектованих РАН-ова у свим узорцима, сумарне вредности кретале су се у опсегу од око 4.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ до 761.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Највећа вредност суме РАН-ова забележена је на профилу Сомбор (ДТД_Канал Врбас-Бездан). Процена квалитета седимента, у односу на суму РАН-ова, указује да су сумарне концентрације у седиментима посматраних водотока/профила слива реке Тисе, вишеструко ниже од дефинисаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (РАНs)=8040 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и *средњи распон ефекта* (ERM (РАНs)=23580 $\mu\text{g}/\text{kg}$)(График 4.3.1.2.4.).

Дијагностички однос IcdP/(IcdP + BghiP) у узорцима Мартонош-ДО (0,62), Мартонош-ЛО (0,67) и Српски Итебеј (ГВ)-Пловни Бегеј (0,56) указује на петрогене изворе загађења, док у узорку седимента Сомбор-ДТД-Канал Врбас-Бездан дијагностички однос износи 0,35 и указује да је у овом случају сагоревање бензина основни извор загађења.

Садржај **полихлорованих бифенила** (сума РСВ) у узорцима седимента водотока у сливу реке Тисе кретао се у опсегу од око 3.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ до 22.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$, што је знатно испод прописаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (РСBs)=277 $\mu\text{g}/\text{kg}$), *средњи распон ефекта* ERM (РСBs)=400 $\mu\text{g}/\text{kg}$, *праг токсичног ефекта* (TET (РСBs)=1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (РСBs)=5300 $\mu\text{g}/\text{kg}$)(График 4.3.1.2.5.) У већини испитиваних узорака седимента заступљенији су РСВ конгенери са већим степеном хлорованости.

Укупни DDTs, односно суме p,p-DDT, p,p-DDD и p,p-DDE у свим испитиваним узорцима су биле значајно испод прописаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (DDTs)=4500 $\mu\text{g}/\text{kg}$), *средњи распон ефекта* (ERM (DDTs)=350 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (DDTs)=120 $\mu\text{g}/\text{kg}$)(График 4.3.1.2.6.). Измерена вредност p,p-DDE у узорку седимента узоркованог на профилу Сомбор (ДТД_Канал Врбас-Бездан) износи 12.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ и већа је од граничне вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (DDE)=6.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$)(График 4.3.1.2.6.).

Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом (Сл.гласник РС бр. 50/2012), у односу на садржај p,p-DDT на профилу Карађорђево/Криваја (9.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$) указује на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК (p,p-DDT)=9 $\mu\text{g}/\text{kg}$) је коригована у зависности од садржаја органске материје у

посматраном узорку. Коригована гранична вредност, срачуната применом корекционе формуле, износила је за профил Карађорђево - ГВк = 5.80 $\mu\text{g}/\text{kg}$

Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом (Сл.гласник РС бр. 50/2012), у односу на садржај р,р-DDD на профилима Мартонош_Лева обала/Тиса (2.60 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и Мартонош_Десна обала/Тиса (1.86 $\mu\text{g}/\text{kg}$), указује на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК (р,р-DDD)=2 $\mu\text{g}/\text{kg}$) је коригована у зависности од садржаја органске материје у посматраним узорцима. Кориговане граничне вредности, срачунате применом корекционе формуле, износиле су за профил Мартонош_Лева обала - ГВк = 1.68 $\mu\text{g}/\text{kg}$ и за профиле Мартонош_Десна обала - ГВк = 1.78 $\mu\text{g}/\text{kg}$

Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом (Сл.гласник РС бр. 50/2012), у односу на садржај р,р-DDE на профилима: Мартонош_Лева обала/Тиса (3.68 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Мартонош_Десна обала/Тиса (3.35 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Нови Бечеј/Тиса (2.70 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Бачки Брег_1/Бајски канал (4.05 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Бачки Брег_2/Плазовић (2.87 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Сомбор/ ДТД_Канал Врбас-Бездан (12.20 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Карађорђево/Криваја (4.00 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и Српски Итебеј/Пловни Бегеј (5.60 $\mu\text{g}/\text{kg}$) указује на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК (р,р-DDE)=1 $\mu\text{g}/\text{kg}$) је коригована у зависности од садржаја органске материје у посматраним узорцима. Кориговане граничне вредности, срачунате применом корекционе формуле, износиле су за профиле: Мартонош_Лева обала-ГВк= (0.84 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Мартонош_Десна обала-ГВк= (0.89 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Нови Бечеј-ГВк= (0.81 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Бачки Брег_1-ГВк= (0.70 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Бачки Брег_2-ГВк= (1.29 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Сомбор-ГВк= (1.47 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Карађорђево-ГВк= (0.64 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и Српски Итебеј-ГВк= (1.39 $\mu\text{g}/\text{kg}$).

У узорцима седимента Мартонош-ЛО, Мартонош-ДО, Бачки Брег-2-Плазовић и Карађорђево-Криваја детектована је већа заступљеност р,р' DDT у односу на његове деградационе производе, р,р' DDE и р,р' DDD. Дијагностички односи DDT/(DDE+DDD) у овим узорцима седимента су 0,8; 0,8; 1,8 и 1,6 што говори да су на овим локацијама у скорије време коришћен органохлорни пестицид р,р' DDT.

Анализом појединачних **органохлорних пестицида** (График 4.3.1.2.7.) у узорцима седимента водотока у сливу реке Тисе, нису детектоване високе концентрације. Измерене вредности кретале су се у опсегу од <1.0(LOQ) до 5.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Одређивања садржаја **пестицида на бази триазина** у узорцима седимента водотока у сливу реке Тисе, указују на појаву тербутилазина²⁰ (Бачки Брег_2 (5.0µg/kg) и Карађорђево (2.0µg/kg), метолахлора (Мартонош (ДО) (1.4µg/kg) и Десетилтербутилазина (Бачки Брег_2 (1.8µg/kg)). На свим осталим профилима измерене концентрације набројаних и осталих представника групе пестицида на бази триазина биле су испод вредности границе квантификације (LOQ) (График 4.3.1.2.8.).

²⁰ Тербутилазин је познати и широко примењиван хербицид који се углавном користи као замена за атразин и због тога се често може детектовати у водама и седименту. Његовом деградацијом у животној средини настаје десетилтербутилазин. Овај деградациони производ тербутилазина је више растворан у води и теже се веже за органске честице у седименту, због чега лакше прелази у водену фазу а тиме има већи потенцијал за угрожавање акватичних организама. И тербутилазин и десетилтербутилазин су токсични за жива бића у акватичним екосистемима јер ремете њихову ендокрину функцију (Tasca *et al.*, 2018)

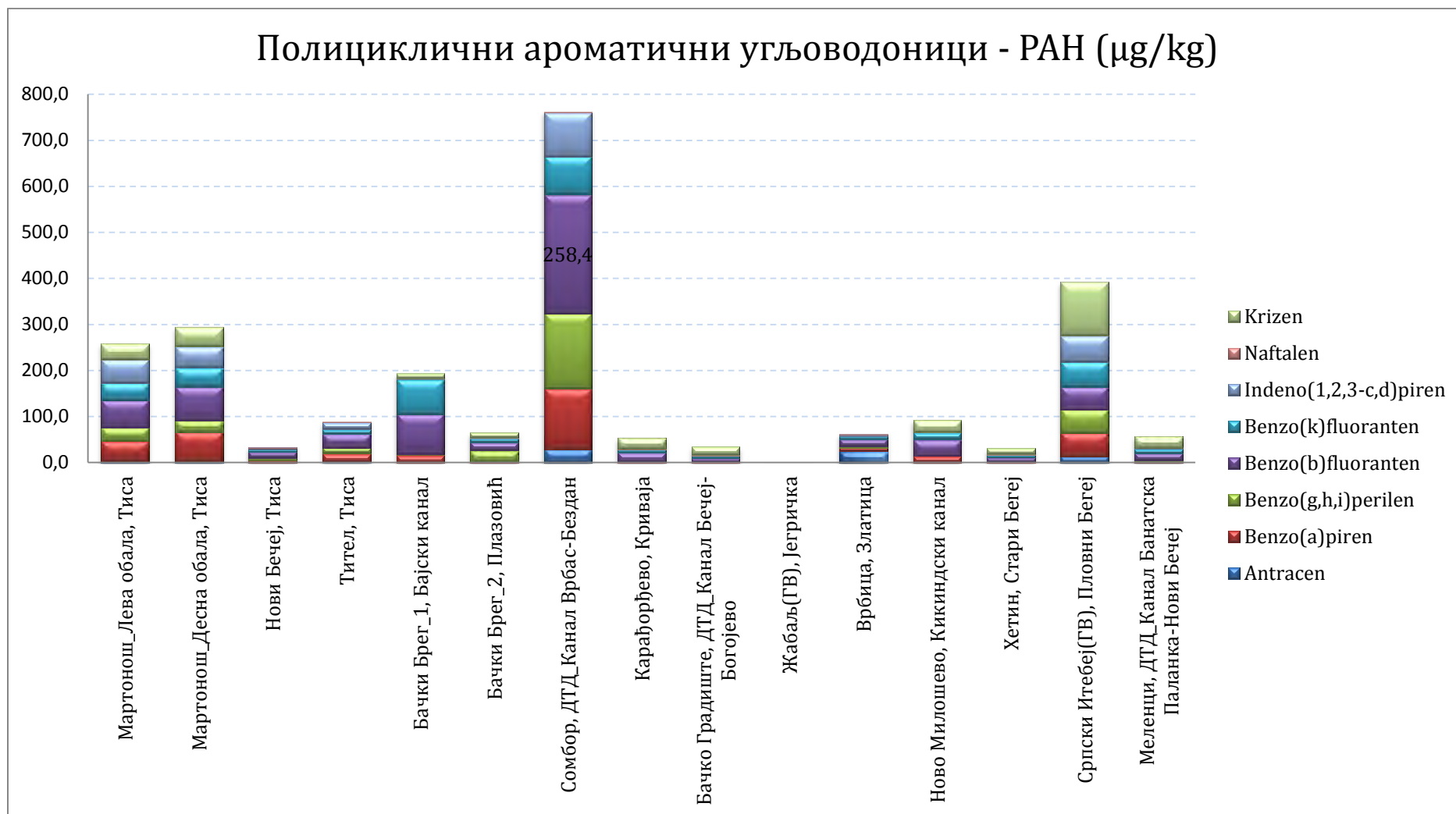


График 4.3.1.2.4. Садржај полицикличних ароматичних једињења (ПАУ) у седименту река и канала у сливу Тисе

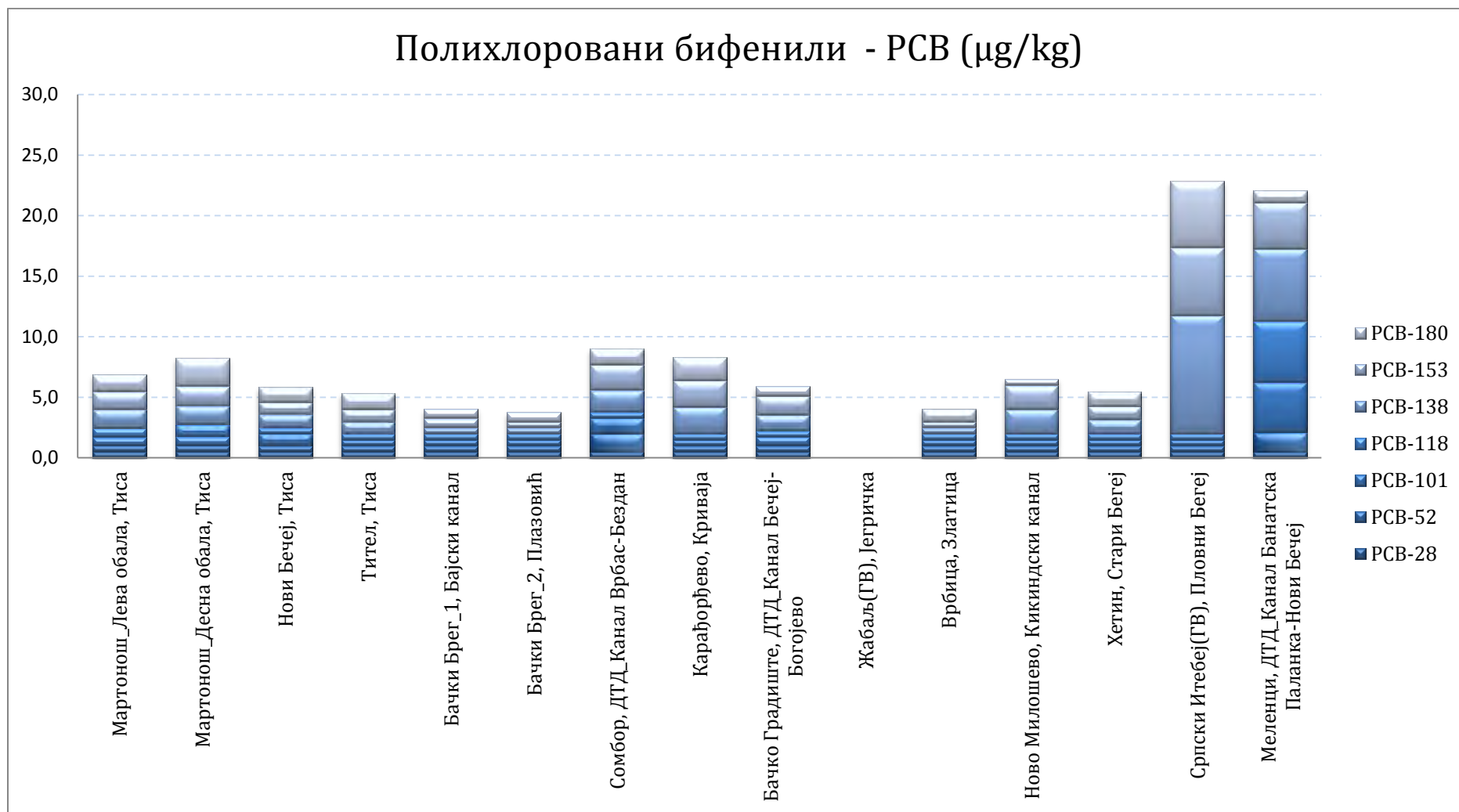


График 4.3.1.2.5. Садржај полихлорованих бифенила (РСВ) у седменту река и канала у сливу Тисе

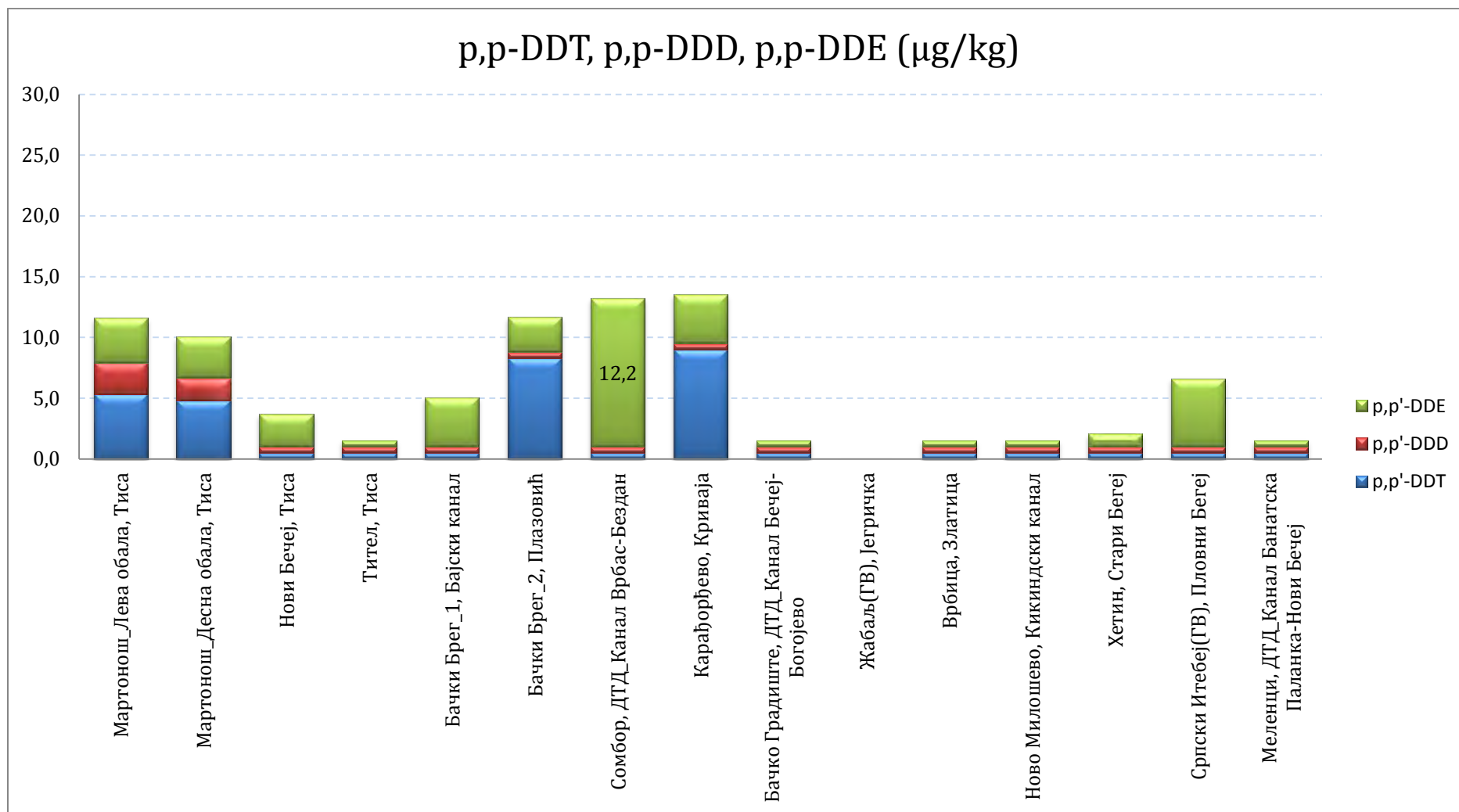


График 4.3.1.2.6. Садржај p,p-DDT, p,p-DDD, p,p-DDE у седименту река и канала у сливу Тисе

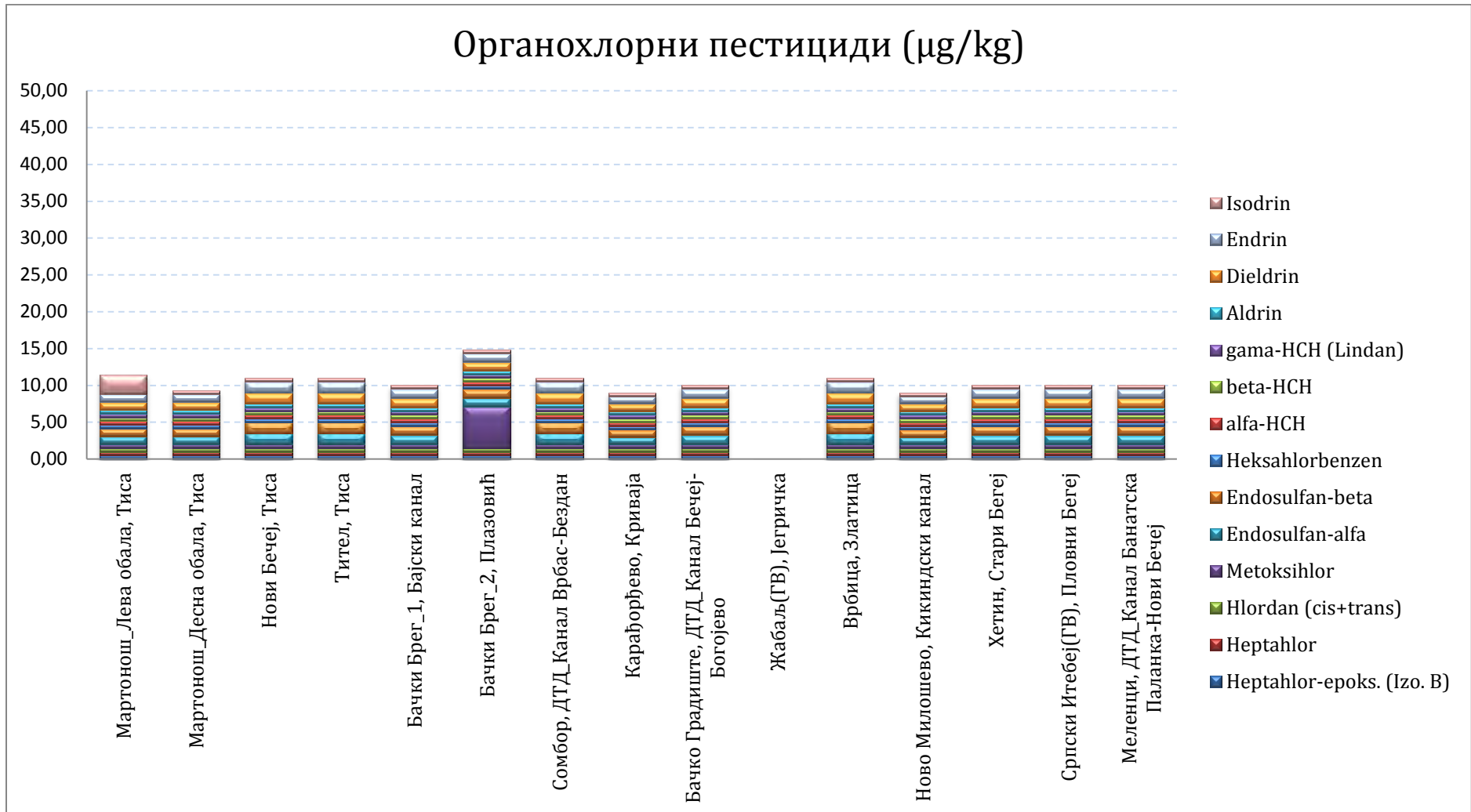


График 4.3.1.2.7. Садржај органохлорних пестицида у седименту река и канала у сливу Тисе

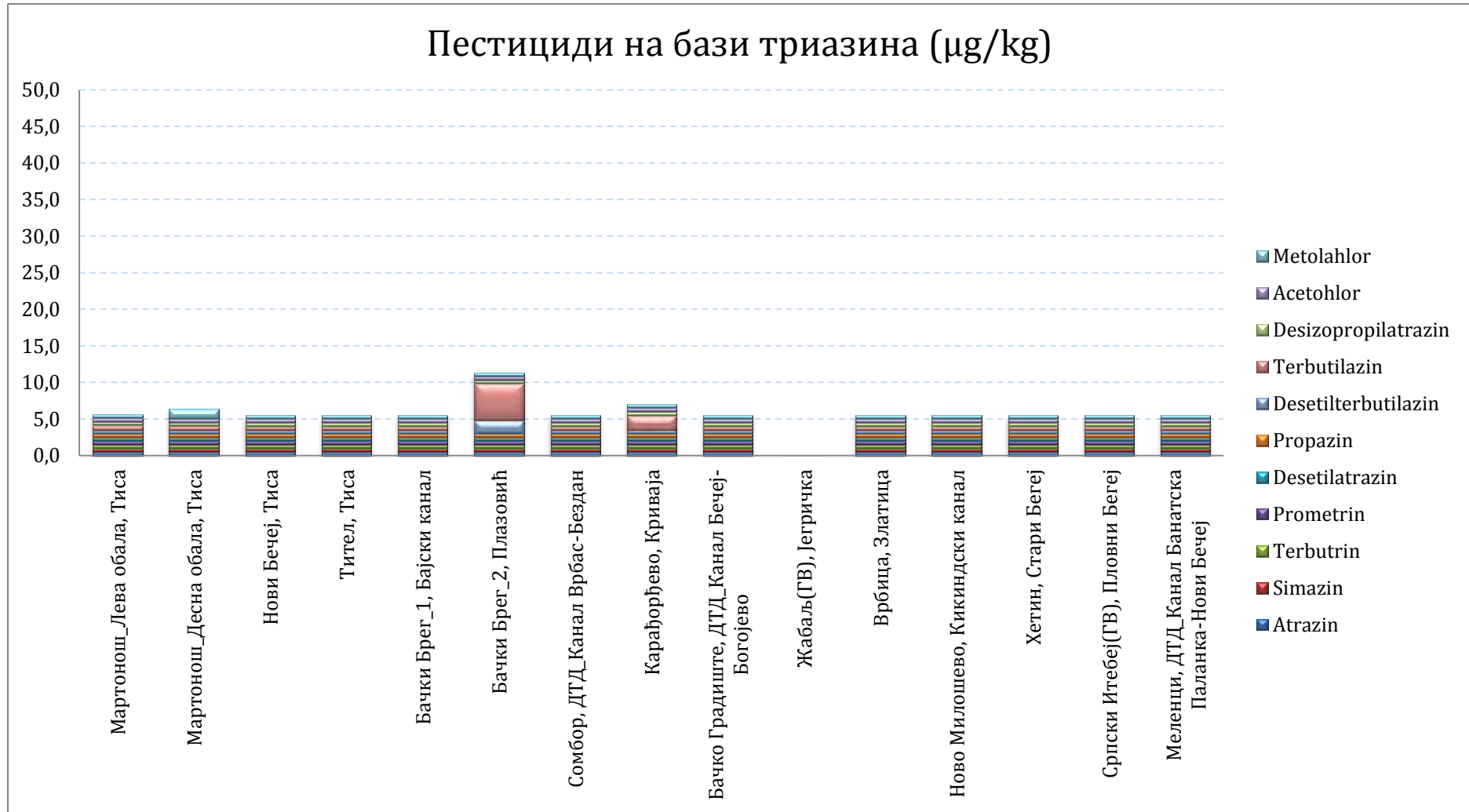
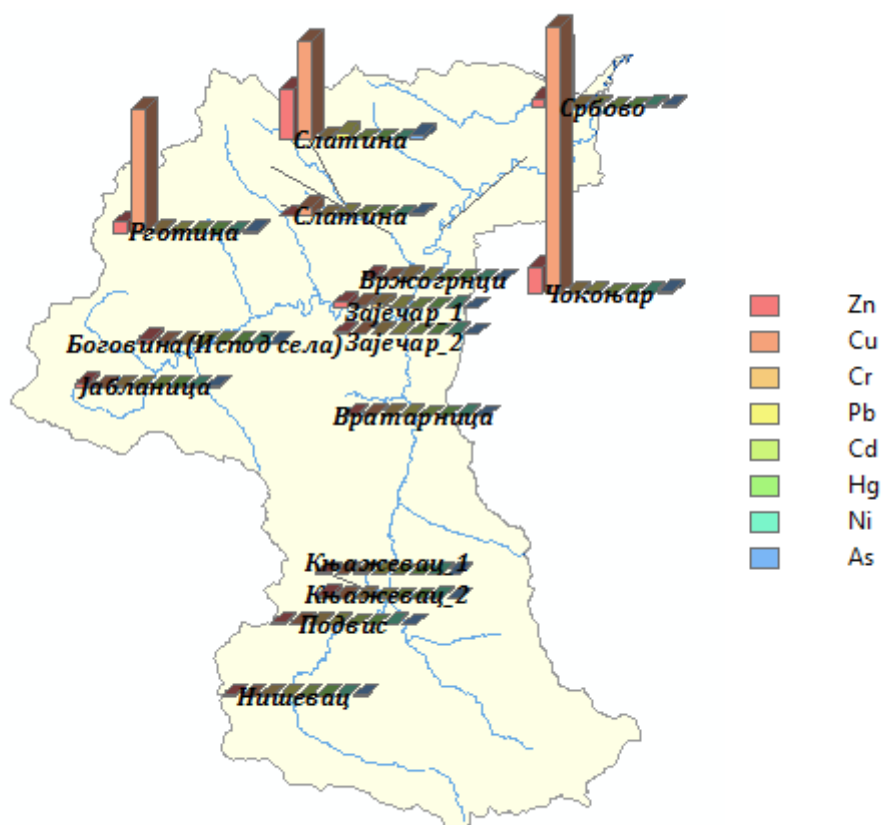


График 4.3.1.2.8. Садржај пестицида на бази триазина у седименту река и канала у сливу Тисе

4.3.1.3. Реке слива Тимока

Садржај метала

Мониторинг квалитета седимента река у сливу Тимока извршен је на 15 профила. Просторна расподела профила са хистограмским приказом садржаја метала приказана је на мапи (Слика 4.3.1.3.1.).

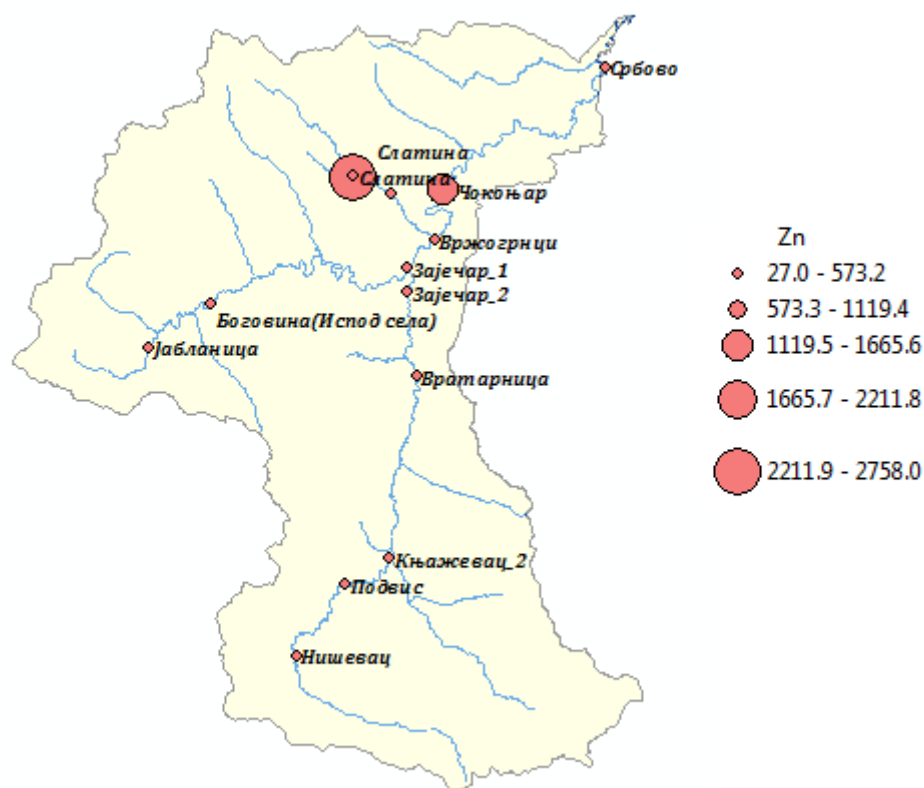


Слика 4.3.1.3.1. Просторни приказ положаја профила мониторинга седимента у сливу Тимока са хистограмским приказом садржаја метала

Измерене концентрације **цинка** у седименту река слива Тимока кретале су се у опсегу 27.0-2758.0 mg/kg. Највећа вредност цинка измерена је у узорку седимента Борске реке, узоркованог на профилу Слатина (Слика 4.3.1.3.2.)

Садржај цинка у седименту река слива Тимока по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта* (PEL), *средњи распон ефекта* (ERM), *ниво озбиљног ефекта* (SEL) и *праг токсичног ефекта* (TET). Ови критеријуми за граничне вредности

указују на умерен, озбиљан и токсичан ефекат садржаја цинка на живи свет у води, график 4.3.1.3.1.



Слика 4.3.1.3.2. Просторна расподела садржаја цинка (Zn) у седименту река у сливу Великог Тимока

Процена квалитета седимента, у односу на садржај цинка показала је да измерене концентрације у седименту Борске реке, на профилу Слатина (2758mg/kg) и реке Велики Тимок на профилу Чокоњар (1458mg/kg) превазилазе дефинисане граничне вредности критеријума за SEL (Zn)=820mg/kg и ТЕТ (Zn)=540mg/kg, што указује на ниво озбиљног и токсичног ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај цинка, урађена је и на бази препорука ИСПДР-а. На већини мерних профила дуж Великог Тимока (Србово и Чокоњар), Борске реке (Рготина и Слатина) и Црног Тимока (Зајечар_1, Боговина и Јабланица), садржај цинка био је већи од циљне граничне вредности (Quality target (Zn)=200mg/kg) (График 4.3.1.3.1.).

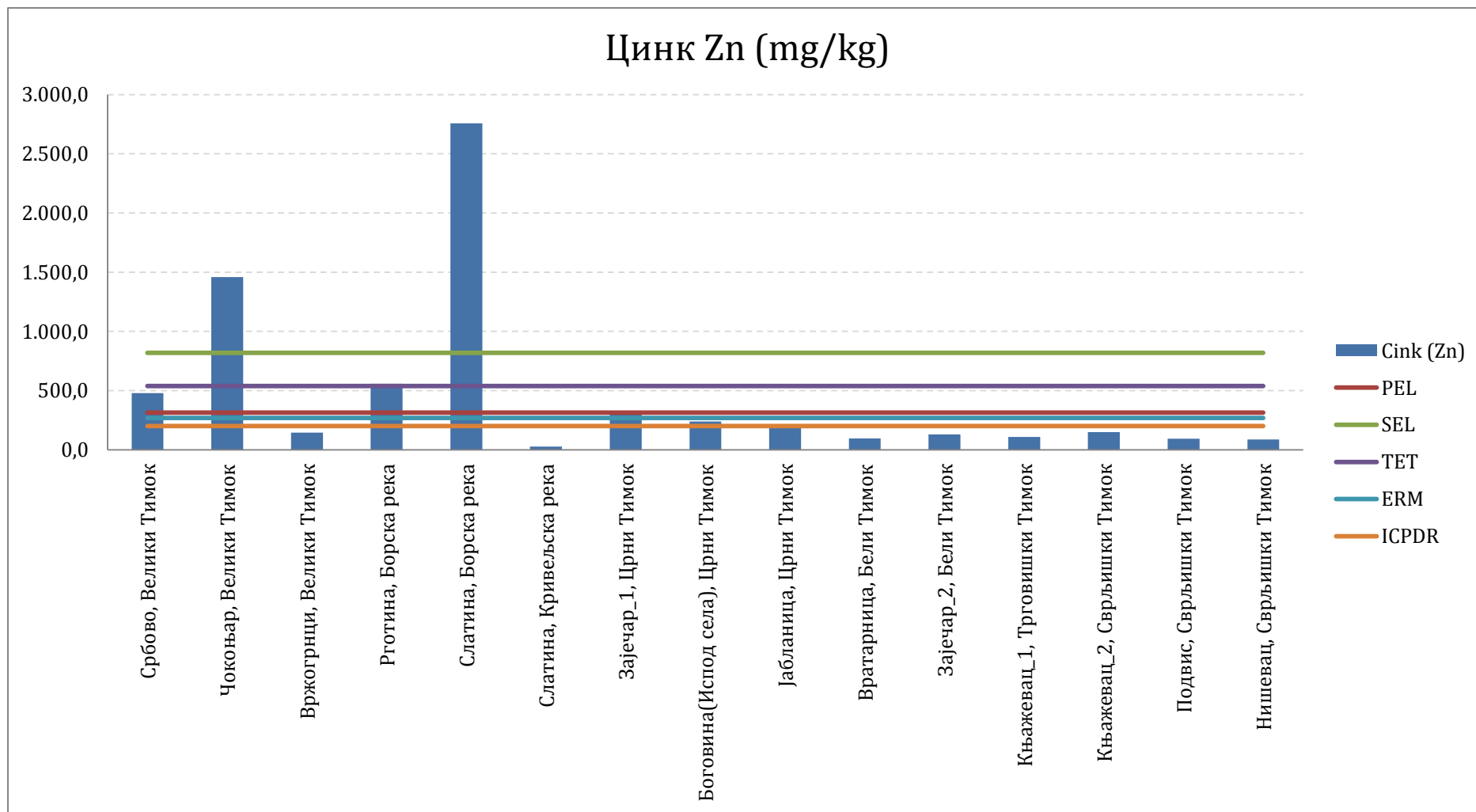
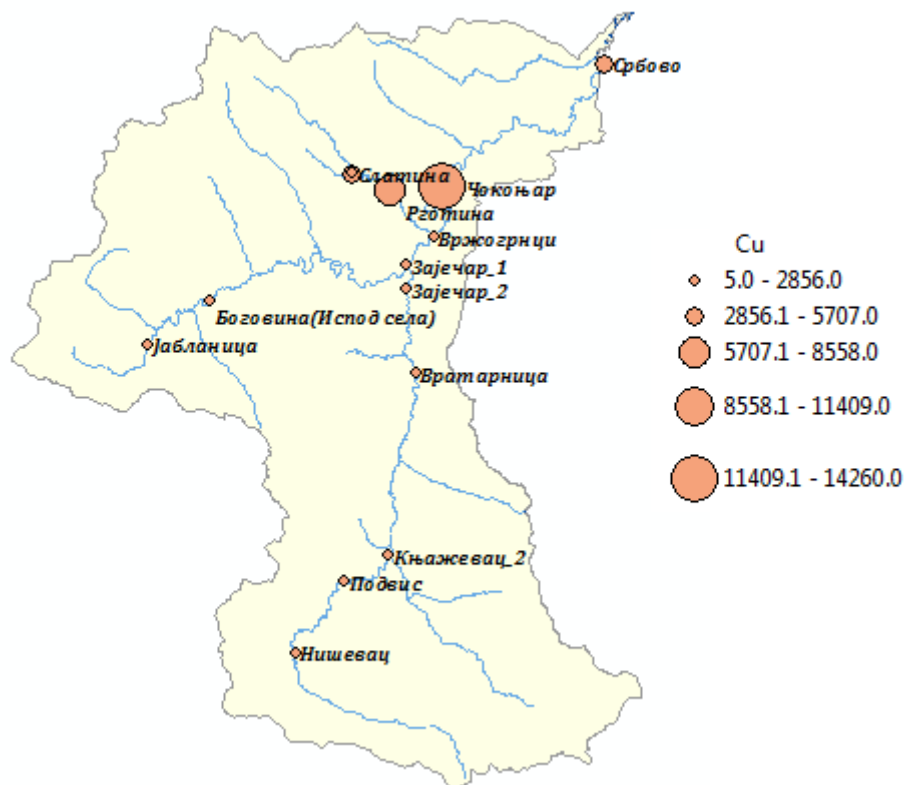


График 4.3.1.3.1. Садржај цинка у седименту река у сливу Тимока у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **бакра** у седименту река у сливу Тимока кретале су се у опсегу 5.0-14260.0 mg/kg. Највећа вредност бакра, измерена је у узорку седимента реке Велики Тимок, узоркованог на профилу Чокоњар. (Слика 4.3.1.3.3.)



Слика 4.3.1.3.3. Просторна расподела садржаја бакра (Cu) у седименту река у сливу Тимока

Садржај бакра у седименту река слива Тимока по контролним профилима оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта* (PEL), *средњи распон ефекта* (ERM), *ниво озбиљног ефекта* (SEL) и *праг токсичног ефекта* (TET). Ови критеријуми за граничне вредности указују на *умерен, озбиљан и токсичан* ефекат садржаја бакра на живи свет у води, график 4.3.1.3.2. Процена квалитета седимента, у односу на садржај бакра показала је да измерене концентрације у седименту река: Велики Тимок на профилима Србово (3320mg/kg) и Чокоњар (14260.0mg/kg), Борске реке на профилима Рготина (6632.0mg/kg) и Слатина (5275.0mg/kg), Кривељске реке на профилу Слатина (500.0mg/kg) и реке Црни Тимок на профилу Зајечар_1 (135.0mg/kg) превазилазе дефинисане граничне вредности за SEL (Cu)=110mg/kg и TET (Cu)=86mg/kg, што указује на *ниво озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет. Процена квалитета седимента у односу на садржај бакра, урађена је и на бази препорука ICPDR-а. На око 47% мерних профила (Србово, Чокоњар, Вржогрнци, Рготина, Слатина и Зајечар_1) садржај бакра био је већи од циљне граничне вредности (Quality target (Cu)=60mg/kg) (График 4.3.1.3.2.).

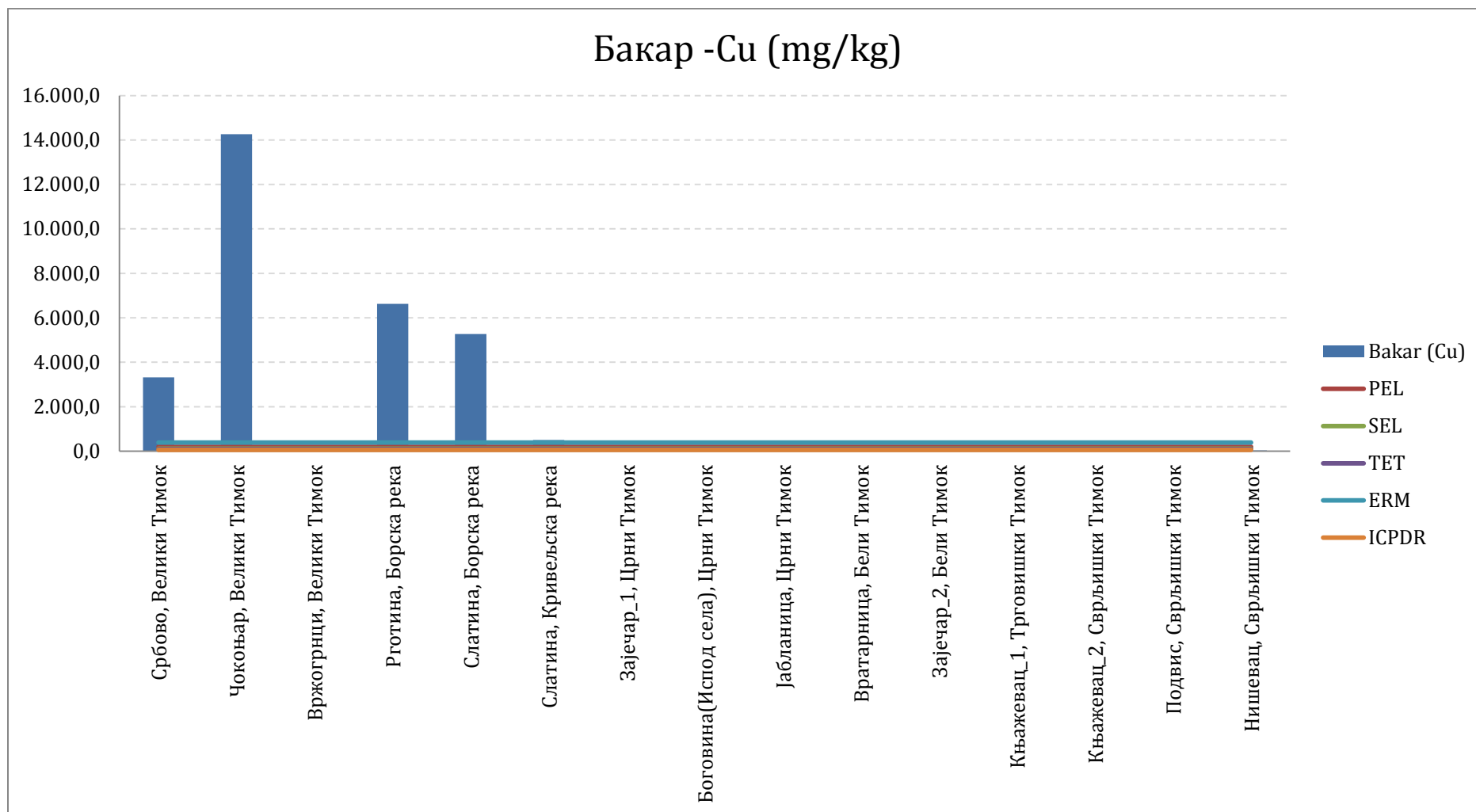
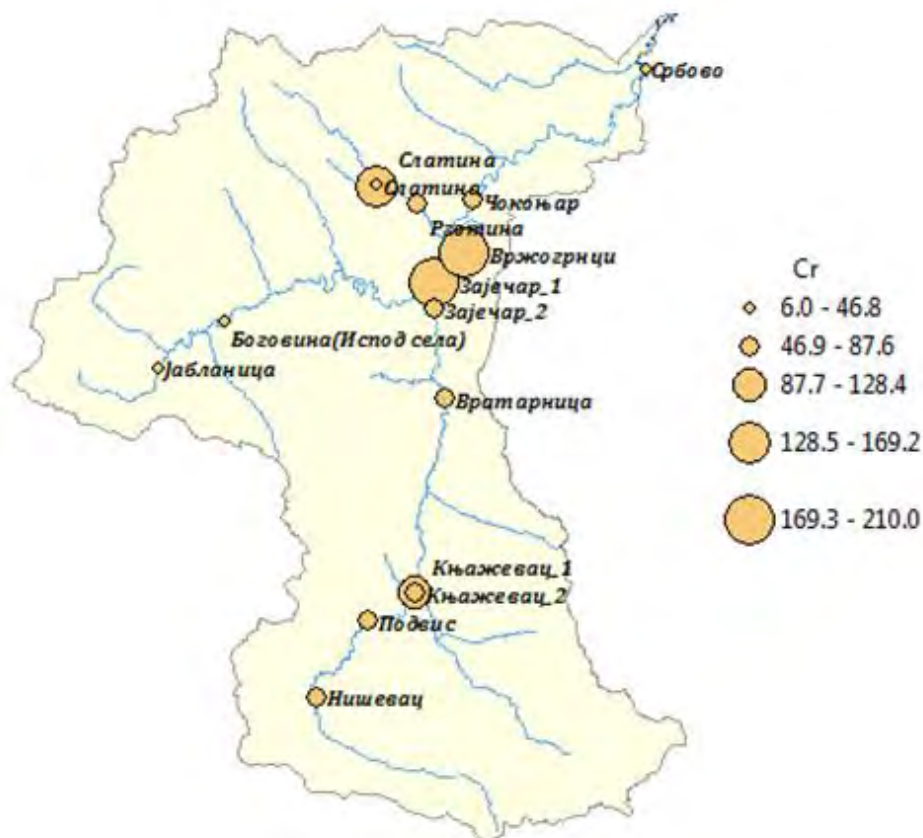


График 4.3.1.3.2. Садржај бакара у седименту река у сливу Тимока у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **хрома** у седименту река у сливу Тимока, кретале су се у опсегу 6.0-210.0 mg/kg. Највећа вредност хрома регистрована је у узорку седимента Црног Тимока, узоркованог на профилу Зајечар_1 (Слика 4.3.1.3.4.).



Слика 4.3.1.3.4. Просторна расподела садржаја хрома (Cr) у седименту река у сливу Тимока

Садржај хрома у седименту река слива Тимока по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта* (PEL), *средњи распон ефекта* (ERM), *ниво озбиљног ефекта* (SEL) и *праг токсичног ефекта* (TET). Ови критеријуми за граничне вредности указују на умерен, озбиљан и токсичан ефекат садржаја хрома на живи свет у води, график 4.3.1.3.3. Процена квалитета седимента, у односу на садржај хрома показала је да измерене концентрације у седиментима река Велики Тимок на профилу Вржогрнци (187.0mg/kg) и Црног Тимока на профилу Зајечар_1 (210.0mg/kg), превазилазе приказане дефинисане граничне вредности за PEL(Cr)=90mg/kg, ERM(Cr)=145 mg/kg, TET(Cr)=100mg/kg и SEL(Cr)=110 mg/kg), што указује на *ниво вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за хром у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cr)=100mg/kg) превазиђена је на четири мерна профила (Вржогрнци, Слатина (Борска река), Зајечар_1 и Књажевац_1)(График 4.3.1.3.3.).

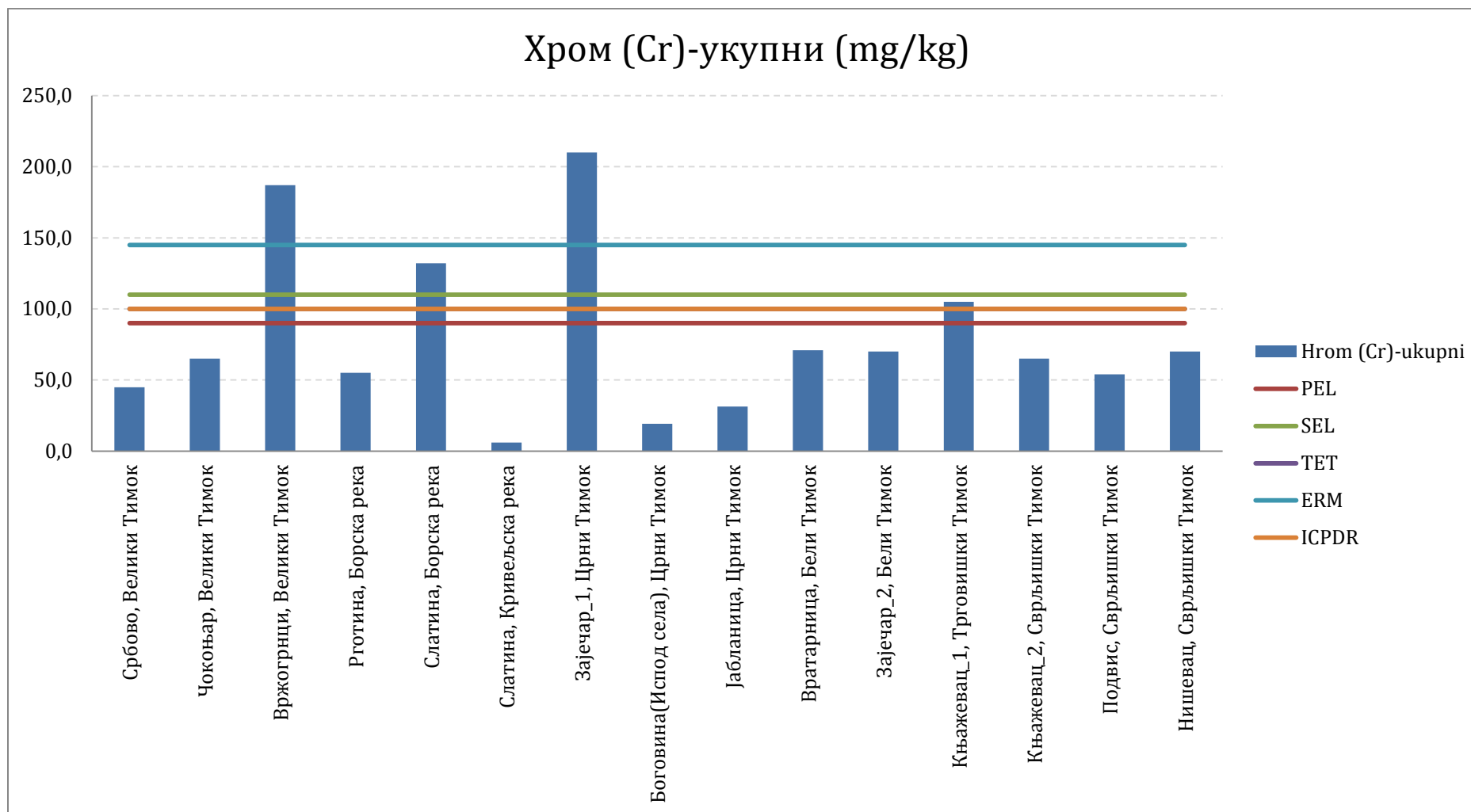
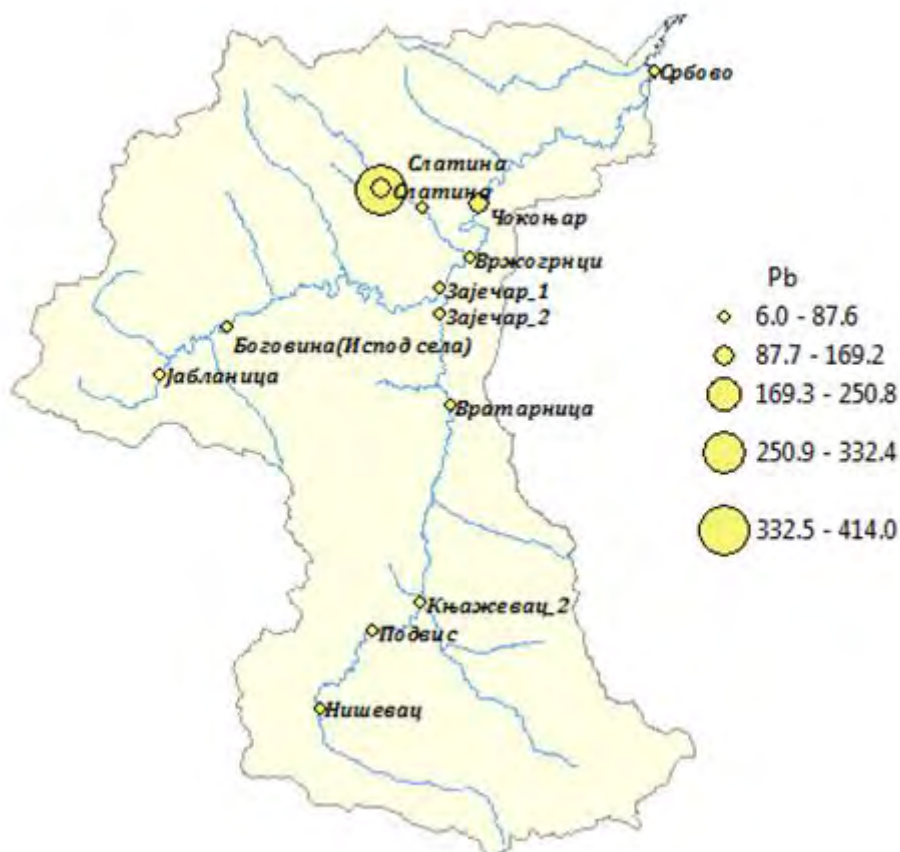


График 4.3.1.3.3. Садржај хрома у седименту река у сливу Тимока у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **олова** у седименту река у сливу Тимока кретале су се у опсегу $20.0-414.0\text{mg/kg}$. Највећа вредност олова регистрована је у узорку седимента Борске реке, узоркованог на профилу Слатина (Слика 4.3.1.3.5.)



Слика 4.3.1.3.5. Просторна расподела садржаја олова (Pb) у седименту река у сливу Тимока

Садржај олова у седименту река слива Тимока по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта* (PEL), *средњи распон ефекта* (ERM), *ниво озбиљног ефекта* (SEL) и *праг токсичног ефекта* (TET). Ови критеријуми за граничне вредности указују на *умерен, озбиљан и токсичан* ефекат садржаја олова на живи свет у води, график 4.3.1.3.4.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај олова показала је да измерена концентрација у седименту Борске реке, на профилу Слатина (414.0mg/kg) превазилази дефинисане граничне вредности за SEL (Pb)= 250mg/kg и TET (Pb)= 170mg/kg , што указује на *ниво озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за олово у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (Pb)= 100mg/kg) превазиђена је на профилима Чокоњар, Слатина (Борска река) и Слатина (Кривељска река) (График 4.3.1.3.4.).

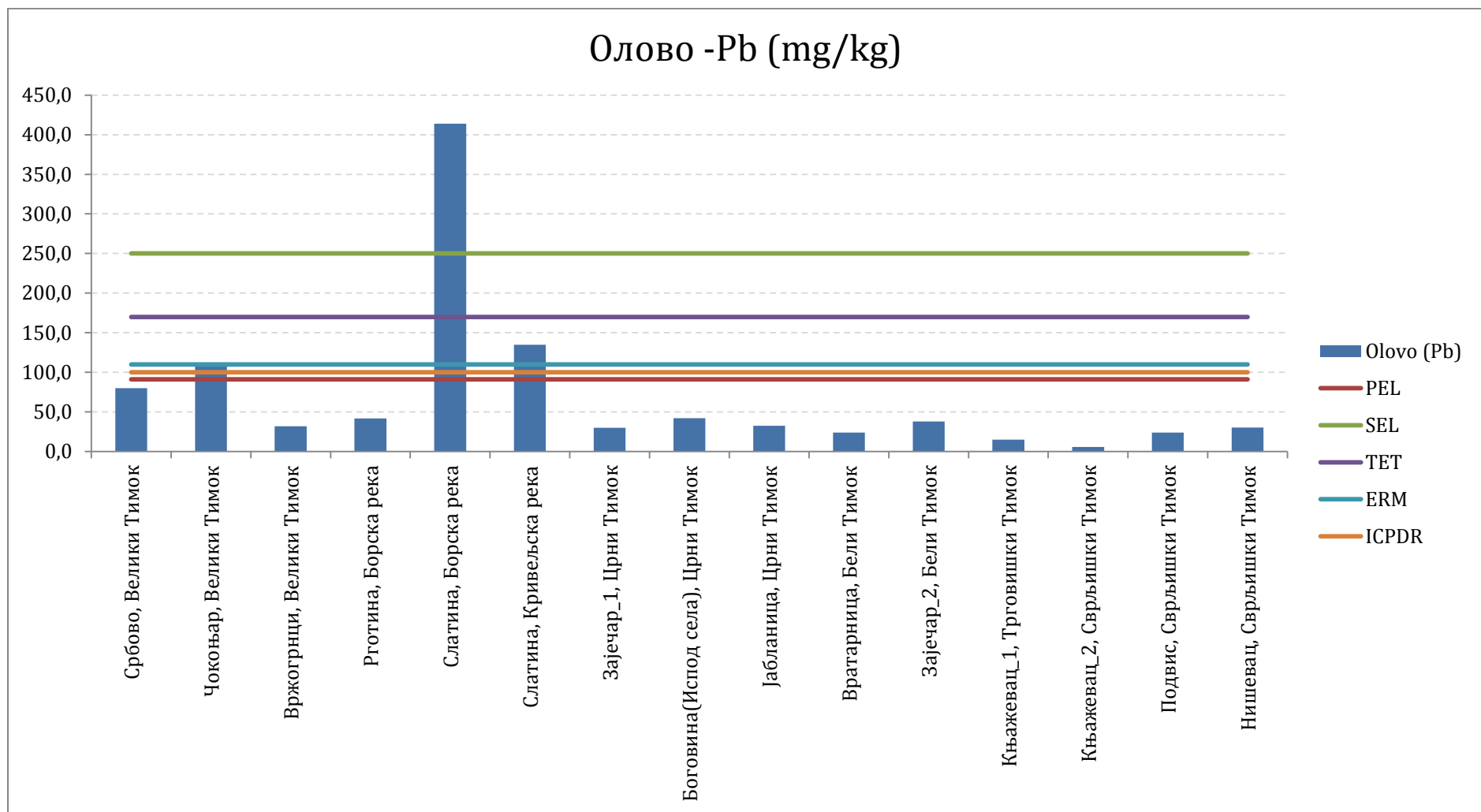
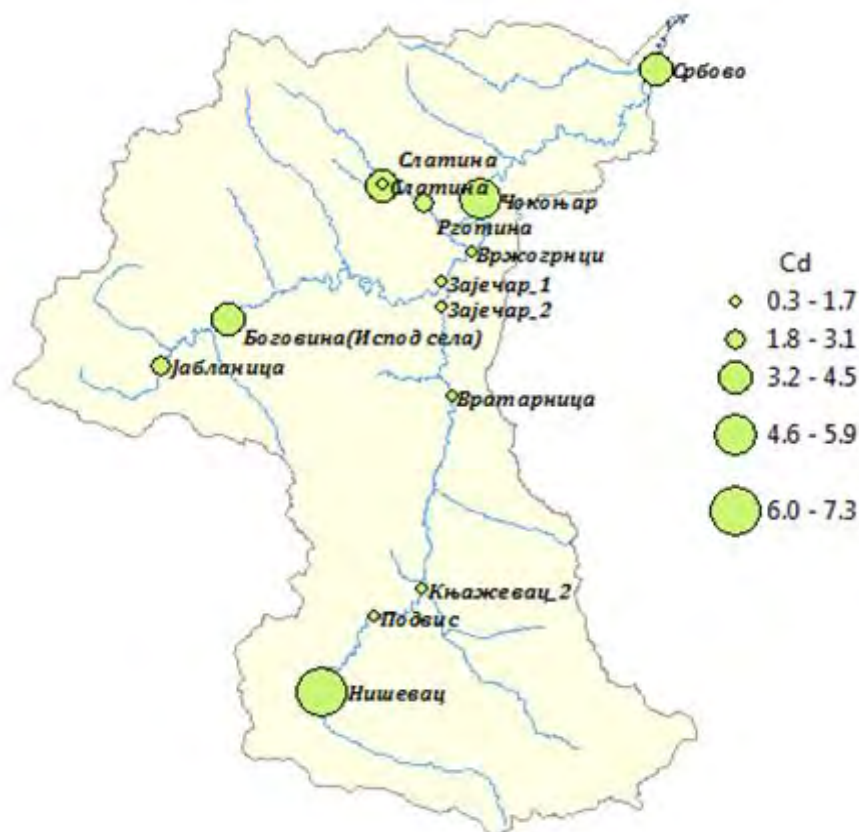


График 4.3.1.3.4. Садржај олова у седименту река у сливу Тимока у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **кадмијума** у седименту река у сливу Тимока, кретале су се у опсегу 0.30-7.30mg/kg. Највећа вредност кадмијума регистрована је у узорку седимента реке Сврљишки Тимок, узоркованог на профилу Нишевац (Слика 4.3.1.3.6.)



Слика 4.3.1.3.6. Просторна расподела садржаја кадмијума (Cd) у седименту река у сливу Тимока

Садржај кадмијума у седименту река слива Тимока по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта (PEL), средњи распон ефекта (ERM), ниво озбиљног ефекта (SEL) и праг токсичног ефекта (TET)*. Ови критеријуми за граничне вредности указују на *умерен, озбиљан и токсичан* ефекат садржаја кадмијума на живи свет у води, график 4.3.1.3.5. Процена квалитета седимента, у односу на садржај кадмијума показала је да су измерене концентрације у седименту река: Велики Тимок на профилима Србово (3.2mg/kg) и Чокоњар (5.8mg/kg), Борске реке на профили Слатина (3.2mg/kg), Црног Тимока на профилу Боговина (3.6mg/kg) и Сврљишки Тимок на профилу Нишевац (7.3mg/kg) превазилазиле дефинисану граничну вредност за TET (Cd)=3mg/kg, што указује на *ниво токсичног* ефекта на акватични живи свет. Циљна гранична вредност за кадмијум у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cd)=1.2mg/kg) превазиђена је на око 47% профила (График 4.3.1.3.5.).

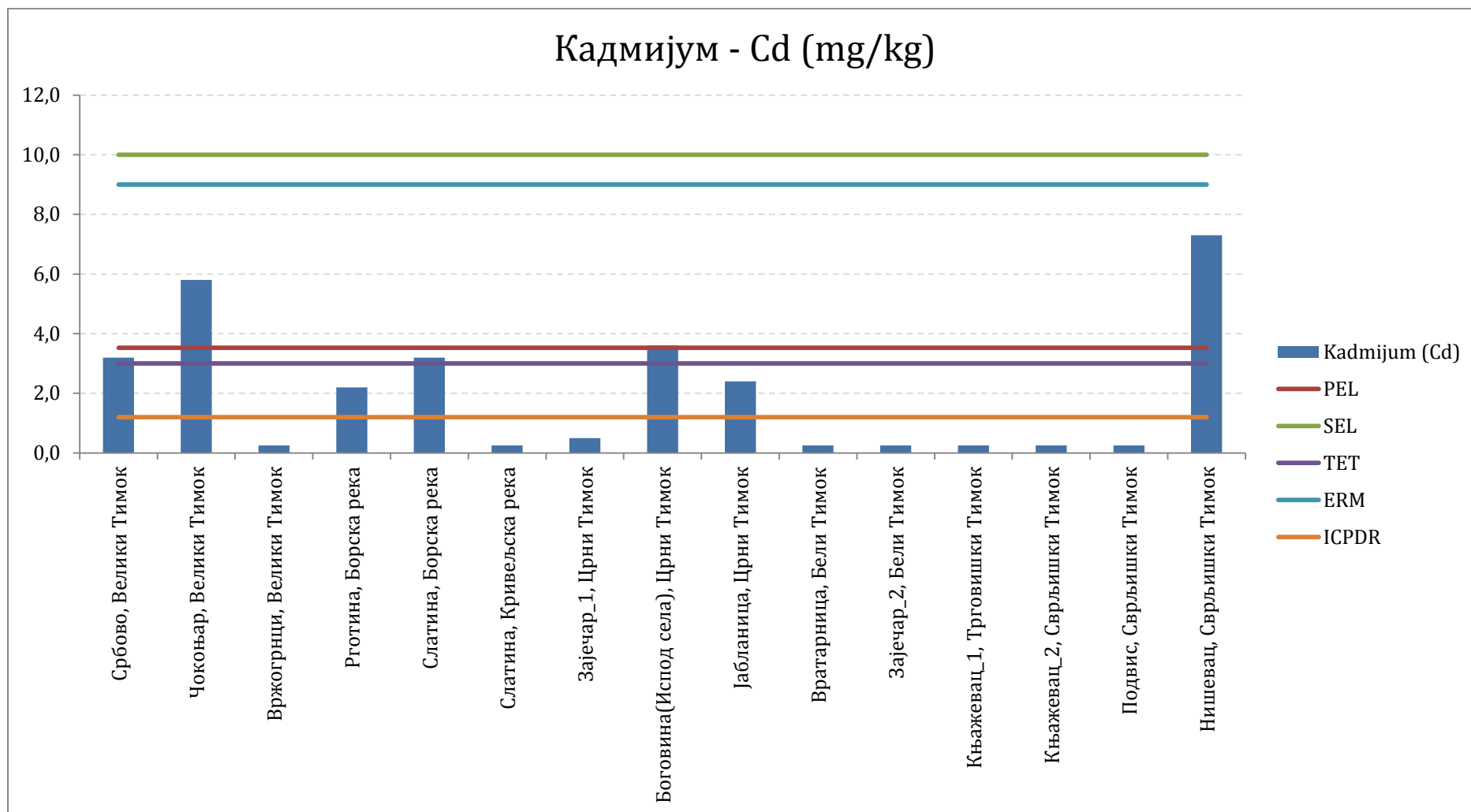
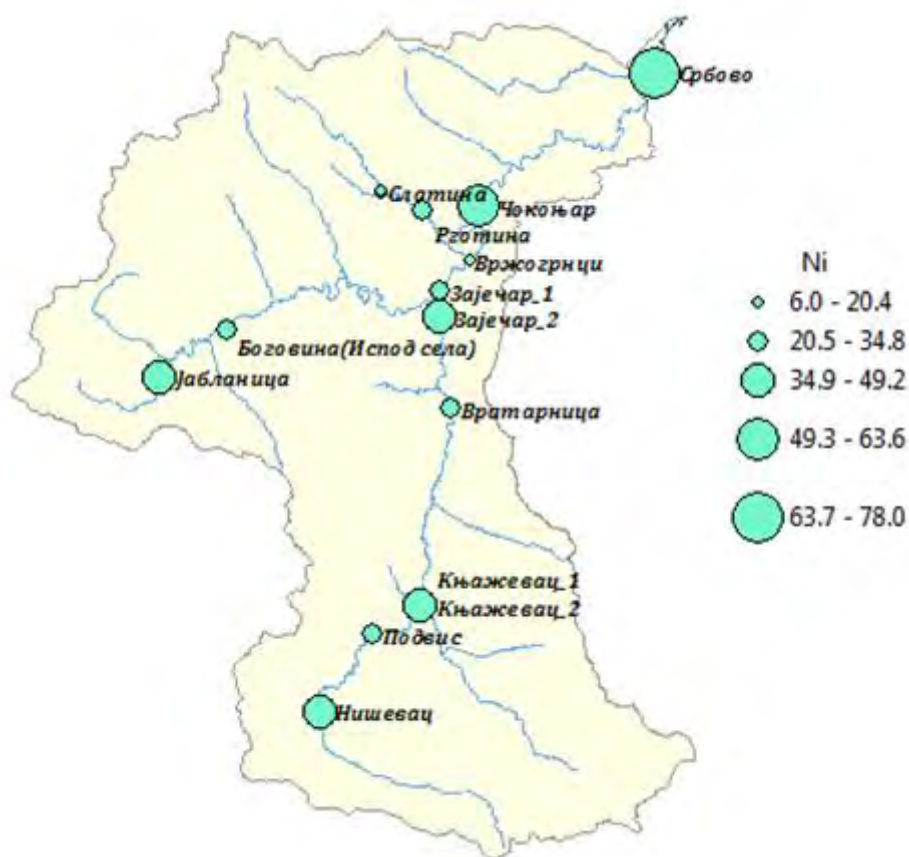


График 4.3.1.3.5. Садржај кадмијума у седименту река у сливу Тимока у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **живе** у седименту река слива Тимока, кретале су се у опсегу $0.1-1.1\text{mg/kg}$.

Процена квалитета седимента у односу на садржај живе, указује да је на профилу Зајечар_1 измерена концентрација превазилазила *ниво вероватног ефекта* (PEL (Hg)= 0.486mg/kg), док је на профилу Слатина (Кривељска река) измерена концентрација била већа од граничне вредности за *праг токсичног ефекта* (TET(Hg)= 1.0mg/kg).

Измерене концентрације **никла** у седименту река у сливу Тимока кретале су се у опсегу $6.0-78.0\text{ mg/kg}$. Највећа вредност никла регистрована је у узорку седимента реке Велики Тимок, узоркованог на профилу Србово (Слика 4.3.1.3.7.)



Слика 4.3.1.3.7. Просторна расподела садржаја никла (Ni) у седименту река у сливу Тимока

Садржај никла у седименту река слива Тимока по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта* (PEL), *средњи распон ефекта* (ERM), *ниво озбиљног ефекта* (SEL) и *праг токсичног ефекта* (TET). Ови критеријуми за граничне вредности указују на *умерен, озбиљан и токсичан* ефекат садржаја никла на живи свет у води, график 4.3.1.3.6.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај никла показала је да измерене концентрације у седиментима реке Велики Тимок на профилу Србово (78mg/kg), превазилазе приказане дефинисане граничне вредности за PEL (Ni)=36mg/kg, ERM (Ni)=50mg/kg, SEL (Ni)=75mg/kg и TET (Ni)=61mg/kg, што указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај никла, урађена је и на бази препорука ICPDR-а. На два мерниа профила садржај никла био је већи од циљне граничне вредности (Quality target (Ni)=50mg/kg) (График 4.3.1.3.6.).

Измерене концентрације **арсена** у седименту река у сливу Тимока кретале су се у опсегу 6.0-246.0mg/kg. Највећа вредност арсена регистрована је у узорку седимента Борске реке, узоркованог на профилу Слатина (Слика 4.3.1.3.8.)



Слика 4.3.1.3.8. Просторна расподела садржаја арсена (As) у седименту река у сливу Тимока

Садржај арсена у седименту река слива Тимока по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта (PEL), средњи распон ефекта (ERM), ниво озбиљног ефекта (SEL) и праг токсичног ефекта (TET)*. Ови критеријуми за граничне вредности указују на *умерен, озбиљан и токсичан* ефекат садржаја арсена на живи свет у води, график 4.3.1.3.7.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај арсена показала је да измерена концентрација у седименту река: Велики Тимок на профилима Србово (90.0mg/kg) и Чокоњар (145.0mg/kg), Борске реке на профилу Слатина (246.0mg/kg), Кривељске реке на профилу Слатина (114.0mg/kg) и Сврљишки Тимок на профилу Нишевац (94.0mg/kg) превазилазе приказане дефинисане граничне вредности за PEL (As)=17mg/kg, ERM (As)=85mg/kg, SEL (As)=33mg/kg и ТЕТ (As)=17mg/kg, што указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за арсен у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (As)=20mg/kg) превазиђена је на 40% профила (График 4.3.1.3.7.).

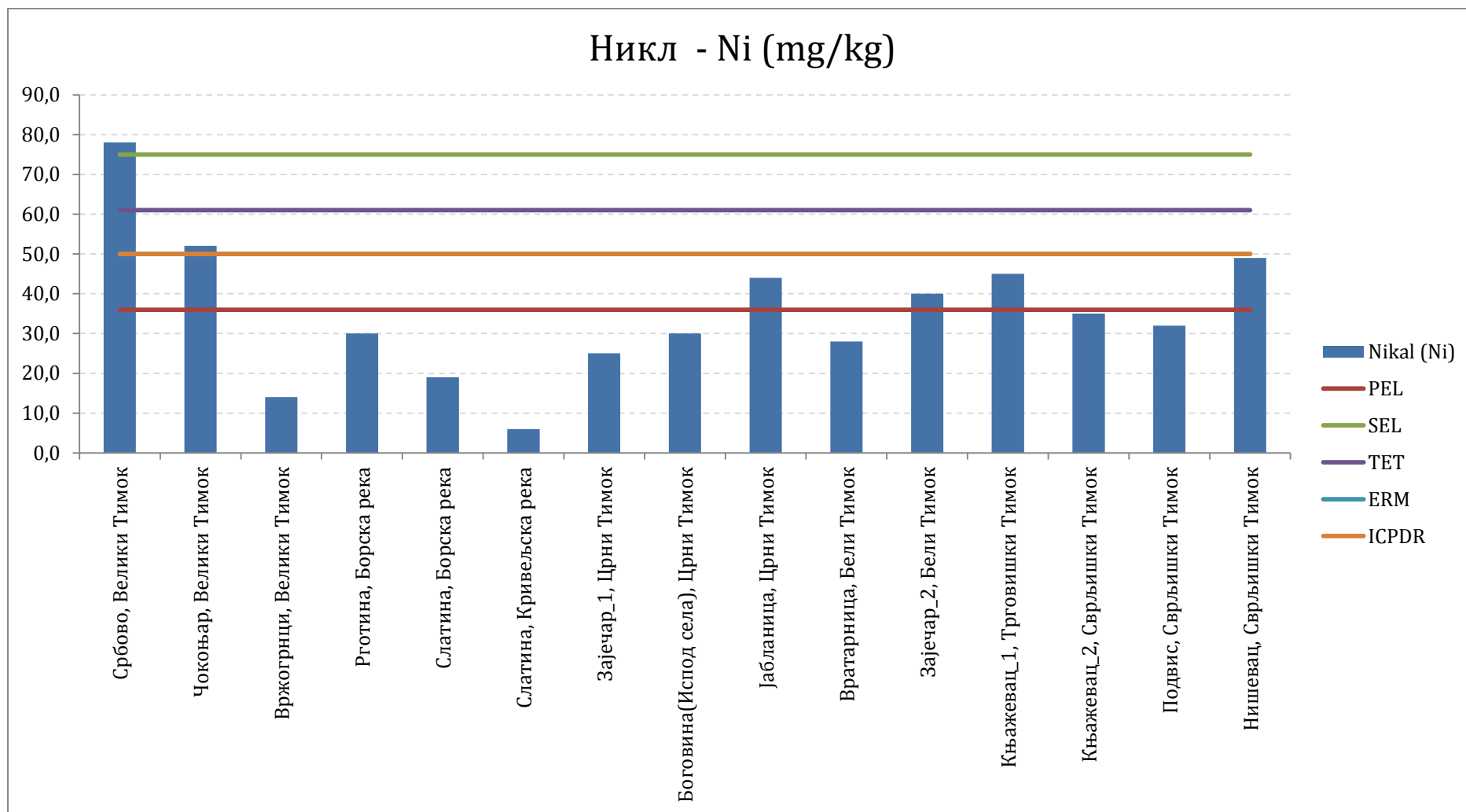


График 4.3.1.3.6. Садржај никла у седименту река у сливу Тимока у односу на критеријуме квалитета

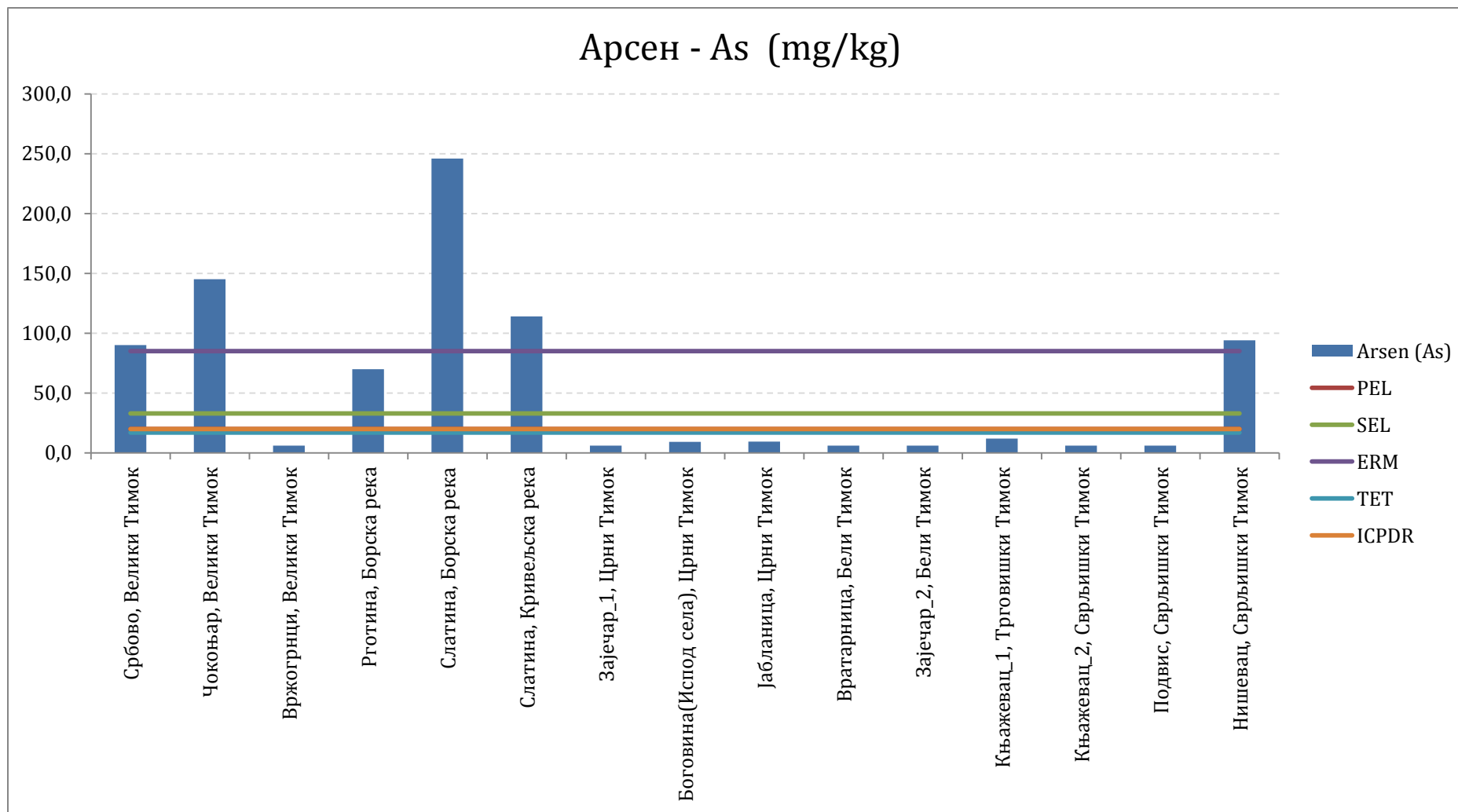


График 4.3.1.3.7. Садржај арсена у седименту река у сливу Тимока у односу на критеријуме квалитета

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (РАН), полихлоровани бифенили (РСВ), органохлорни пестициди, и пестициди на бази триазина.

Полициклични ароматични угљоводоници (РАН) су детектовани у већини испитиваних узорака седимената, водотока у сливу реке Тимок, у концентрацијама значајно нижим од прописаних граничних вредности (График 4.3.1.3.8.). Одређене су суме детектованих РАН-ова у свим узорцима, сумарне вредности кретале су се у опсегу од око 4.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ до 268.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Највећа вредност суме РАН -ова забележена је на профилу Вржогрнци (Велики Тимок).

Процена квалитета седимента, у односу на суму РАН-ова, указује да су сумарне концентрације у седиментима посматраних водотока/профила слива реке Тимок, вишеструко ниже од дефинисаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (РАНs)=8040 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и *средњи распон ефекта* (ERM (РАНs)=23580 $\mu\text{g}/\text{kg}$) (График 4.3.1.3.8.).

Садржај **полихлорованих бифенила** (сума РСВ) у узорцима седимента водотока у сливу реке Тимок кретао се у опсегу од око 3.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ до 13.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$, што је знатно испод прописаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (РСВs)=277 $\mu\text{g}/\text{kg}$), *средњи распон ефекта* (ERM (РСВs)=400 $\mu\text{g}/\text{kg}$), *праг токсичног ефекта* (TET (РСВs)=1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (РСВs)=5300 $\mu\text{g}/\text{kg}$) (График 4.3.1.3.9.).

Укупни **DDTs**, односно суме р,р-DDT, р,р-DDD и р,р-DDE у свим испитиваним узорцима су биле значајно испод прописаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (DDTs)=4500 $\mu\text{g}/\text{kg}$), *средњи распон ефекта* (ERM (DDTs)=350 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (DDTs)=120 $\mu\text{g}/\text{kg}$) (График 4.3.1.3.10.). Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом (Сл.гласник РС бр. 50/2012), у односу на садржај р,р-DDE на профилима: Србово/Тимок (3.70 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Зајечар_2/Бели Тимок (2.80 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и Књажевац_2/Сврљишки Тимок (1.90 $\mu\text{g}/\text{kg}$) указује на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК(р,р-DDE)=1 $\mu\text{g}/\text{kg}$) је коригована у зависности од садржаја органске материје у посматраним узорцима. Кориговане граничне вредности, срачунате применом корекционе формуле, износиле су за профилиле: Србово-ГВк= (1.10 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Зајечар_2-ГВк= (1.94 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и Књажевац_2-ГВк= (1.12 $\mu\text{g}/\text{kg}$).

У узорцима седимента Србово-Велики Тимок, Зајечар-2-Бели Тимок и Књажевац-2-Сврљишки Тимок детектована је нешто већа заступљеност р,р' DDE - деградационог производа р,р' DDT, што указује да није било скоријег загађења .

Анализом појединачних **органохлорних пестицида** (График 4.3.1.3.11.) у узорцима седимента водотока у сливу реке Тимок, констатовано је да су све измерене вредности биле испод границе квантификације (LOQ).

Одређивања садржаја **пестицида на бази триазина** у узорцима седимента водотока у сливу реке Тимок, указују на појаву атразина на профилу Зајечар_2 (1.1µg/kg). На свим осталим профилима измерене концентрације осталих представника групе пестицида на бази триазина биле су испод вредности граница квантификације (LOQ) (График 4.3.1.3.12.). Ови резултати заслужују посебну јер је атразин је триазински хербицид који се користи за контролу траве и корова са широким лишћем. Токсичан је по животну средину јер ремети ендокрину функцију организма и утиче на репродуктивност. Иако је у октобру 2003. године је забрањен у ЕУ, када су установљене повећане вредности у површинским водама, и даље је у широкој употреби у Сједињеним Америчким Државама, Аустралији и остатку света, што га чини једним од најпотребљаванијих хербицида у свету.

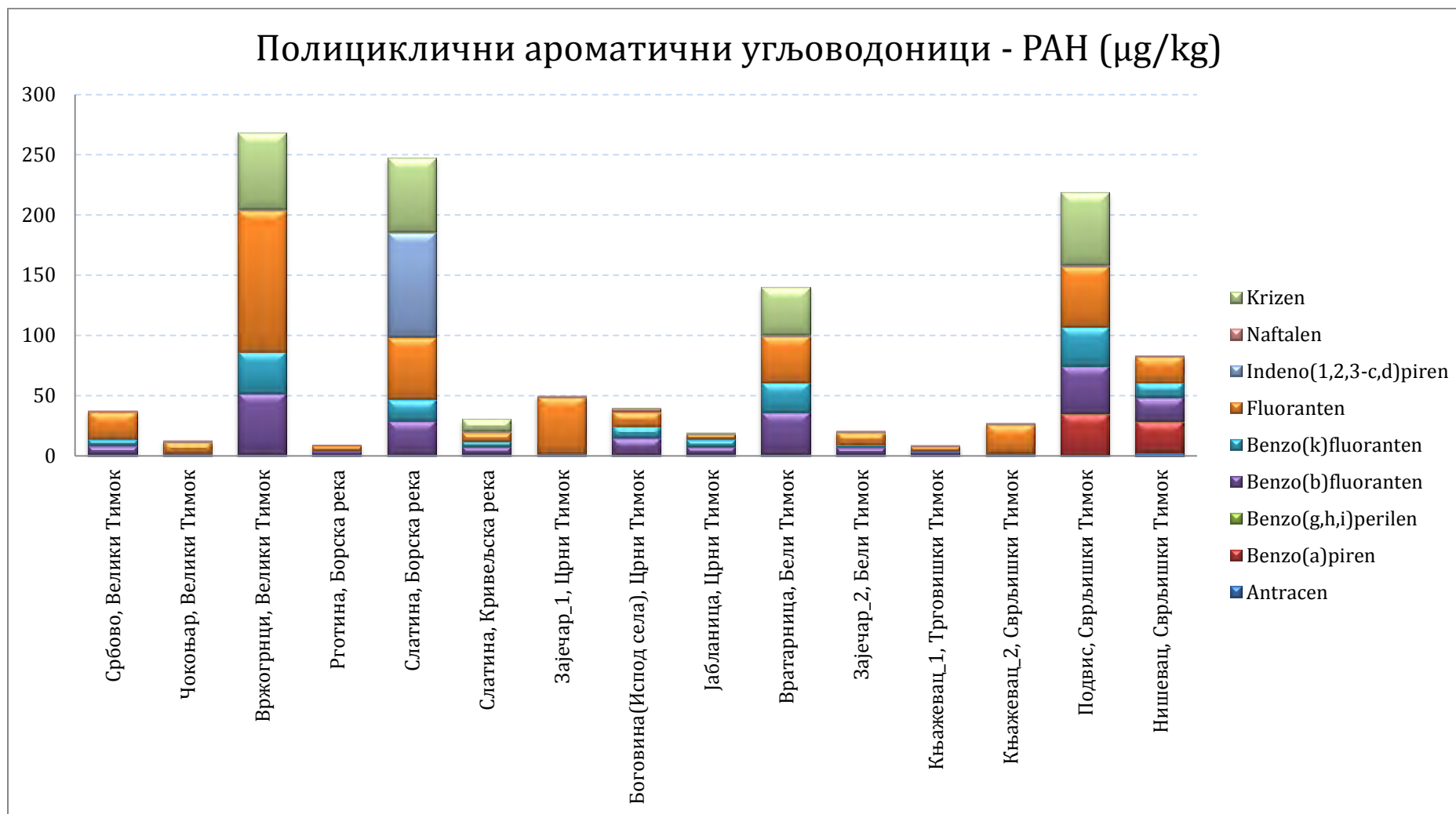


График 4.3.1.3.8. Садржај полицикличних ароматичних једињења (ПАХ) у седименту река у сливу Тимока

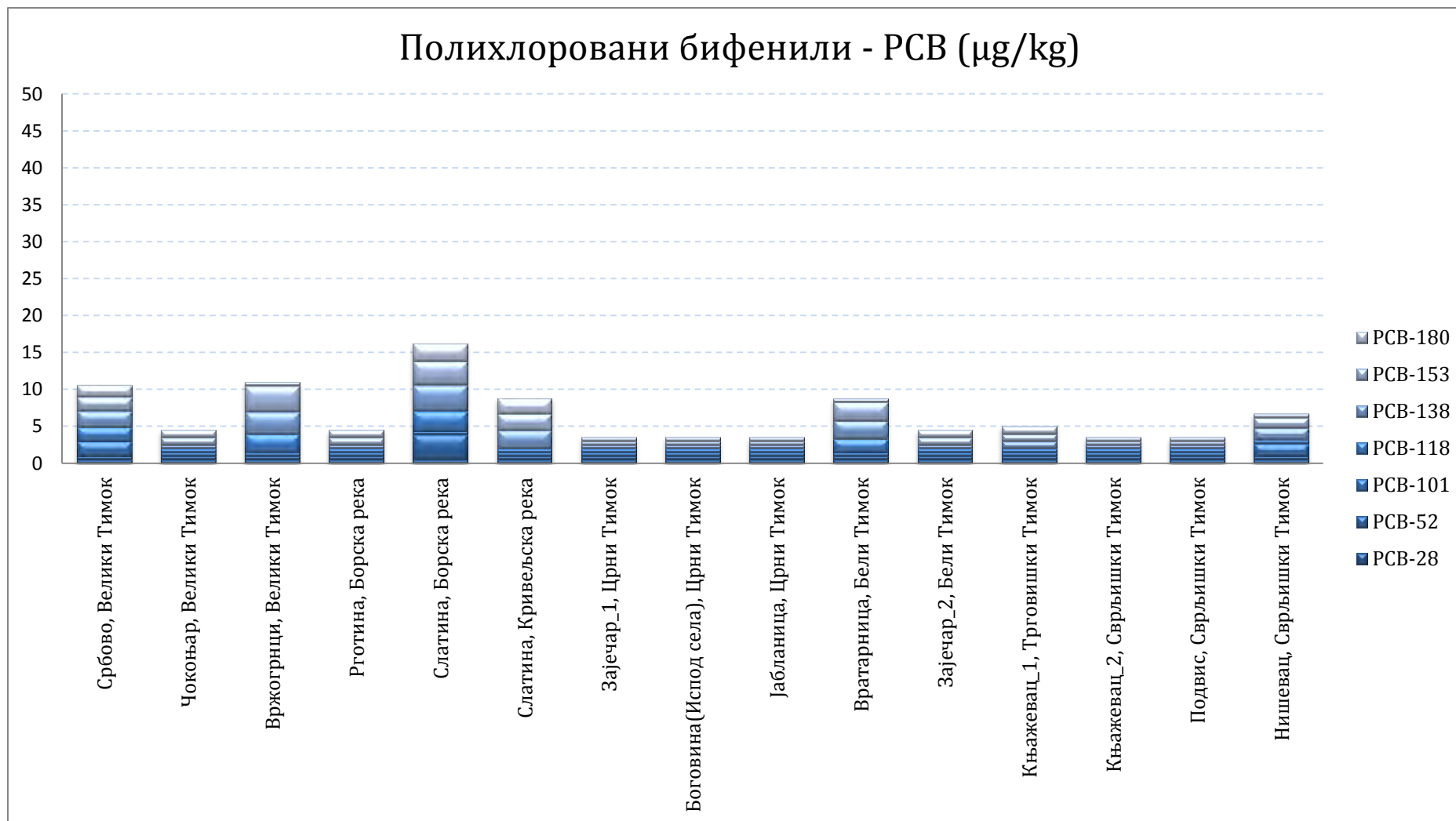


График 4.3.1.3.9. Садржај полихлорованих бифенила (РСВ) у седименту река у сливу Тимока

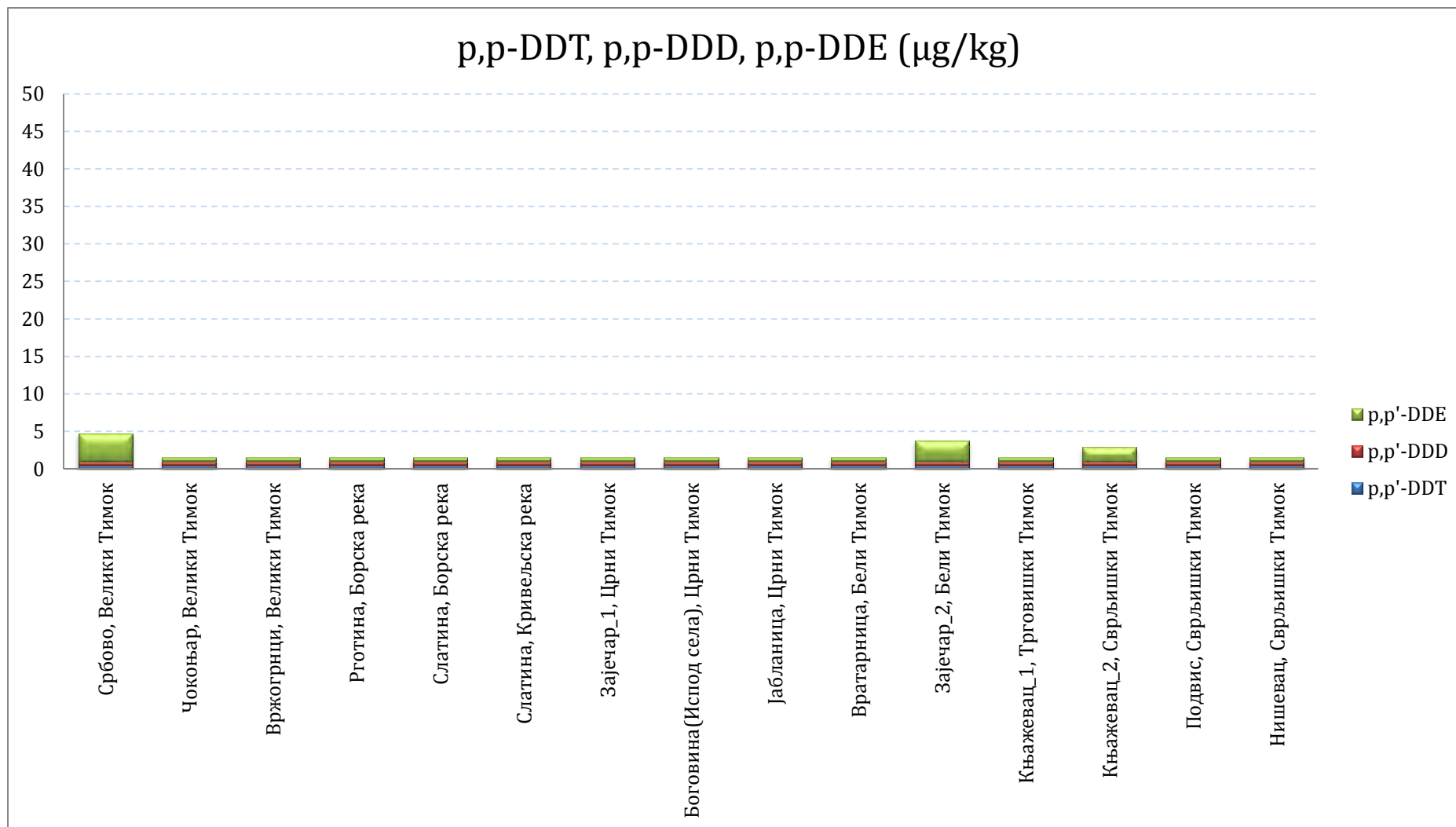


График 4.3.1.3.10. Садржај p,p-DDT, p,p-DDD, p,p-DDE у седименту река у сливу Тимока

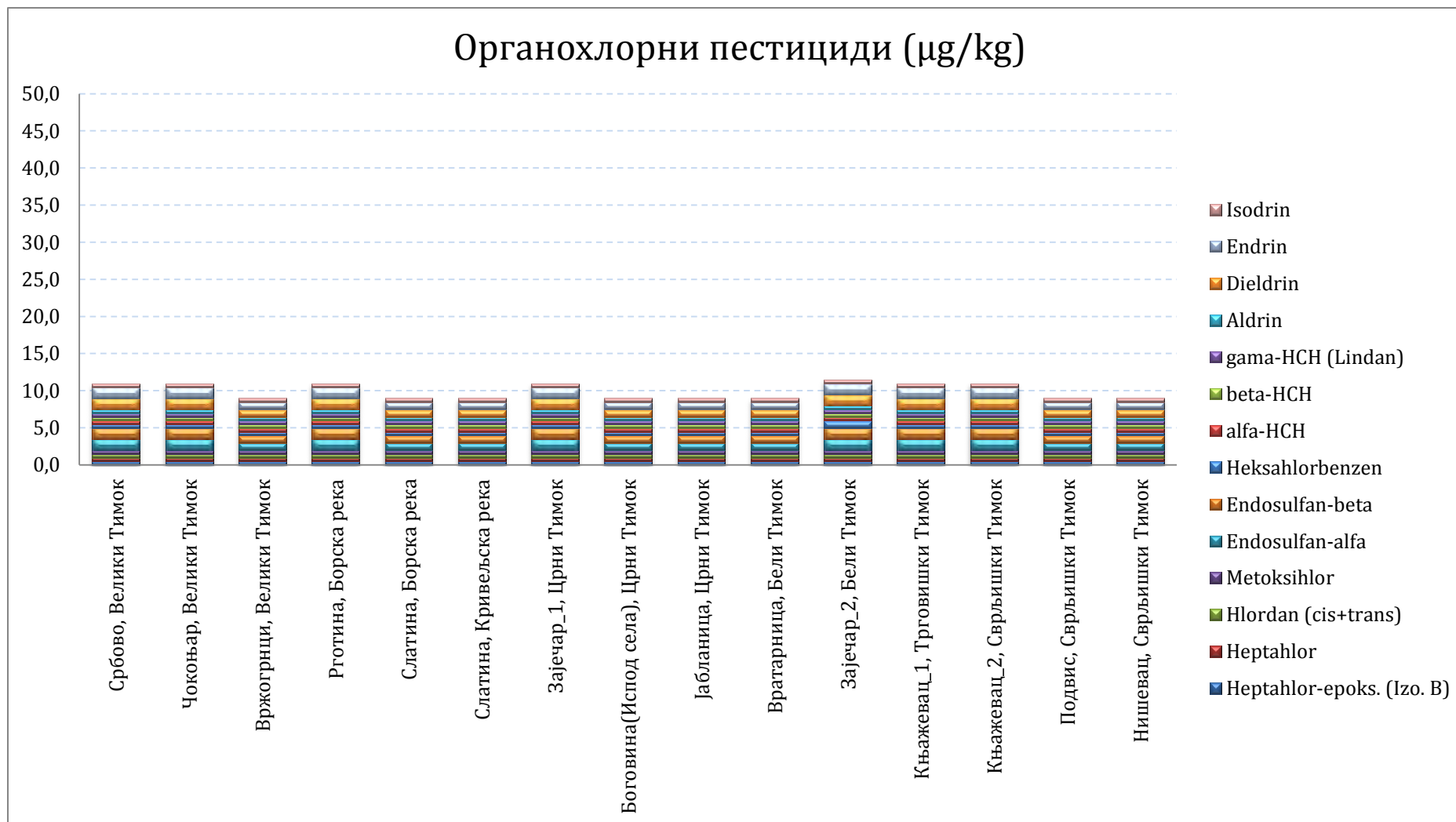


График 4.3.1.3.11. Садржај органохлорних пестицида у седименту река у сливу Тимока

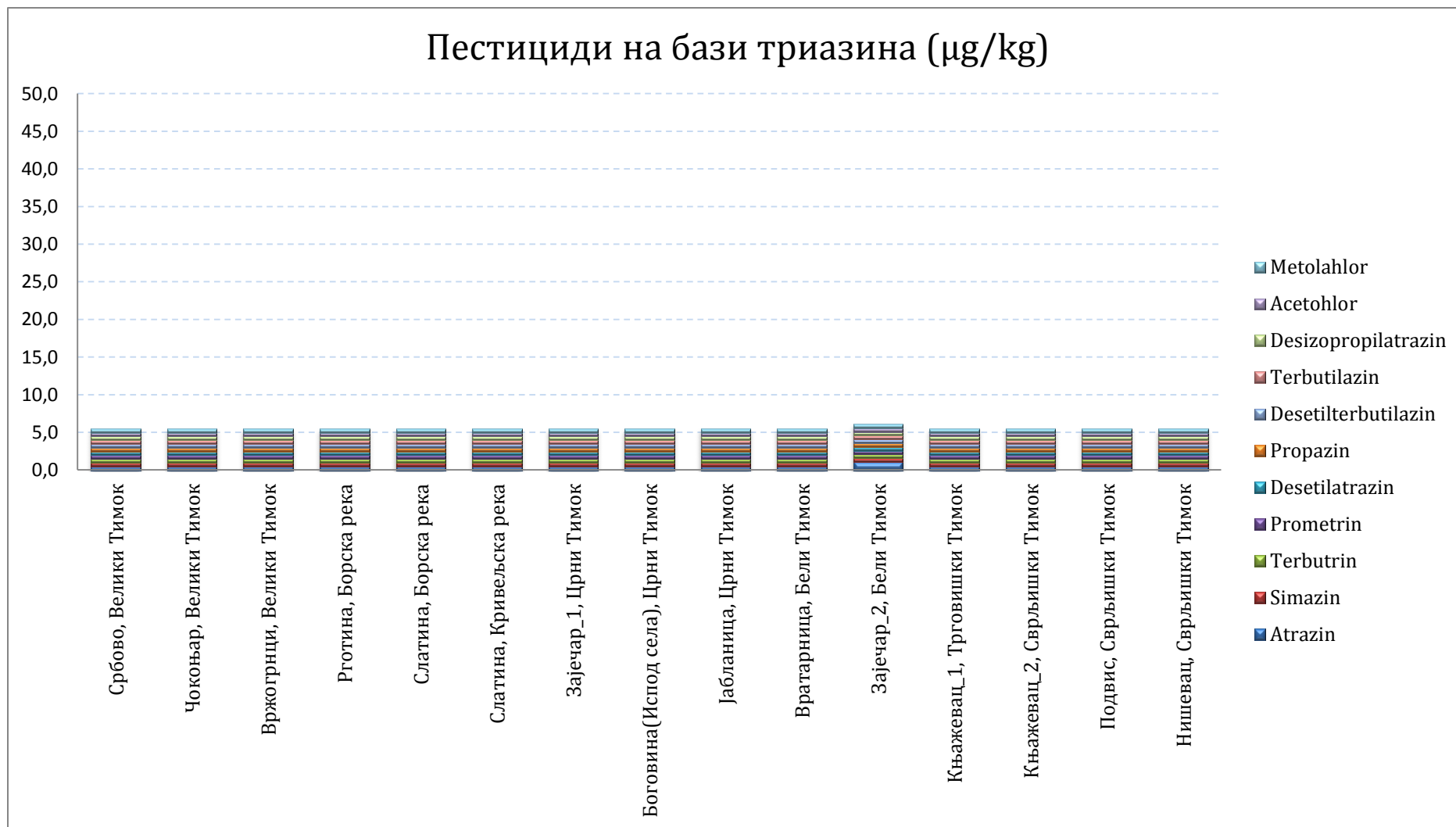
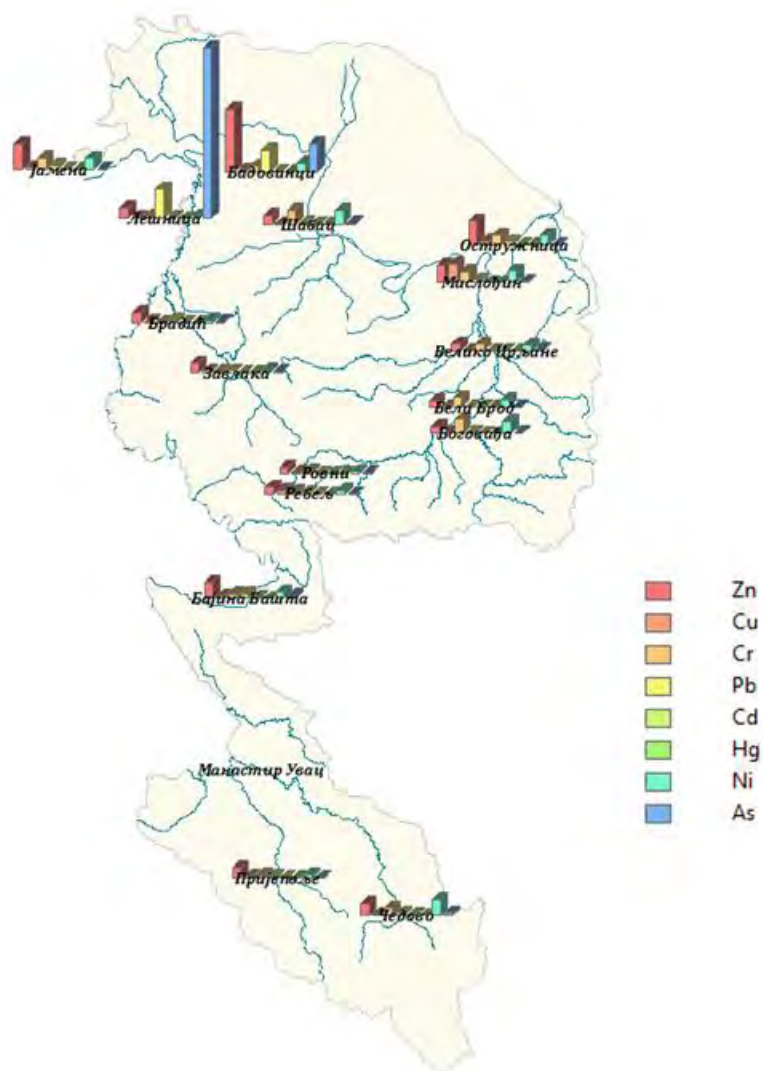


График 4.3.1.3.12. Садржај пестицида на бази триазина у седименту река у сливу Тимока

4.3.1.4. Реке слива Саве

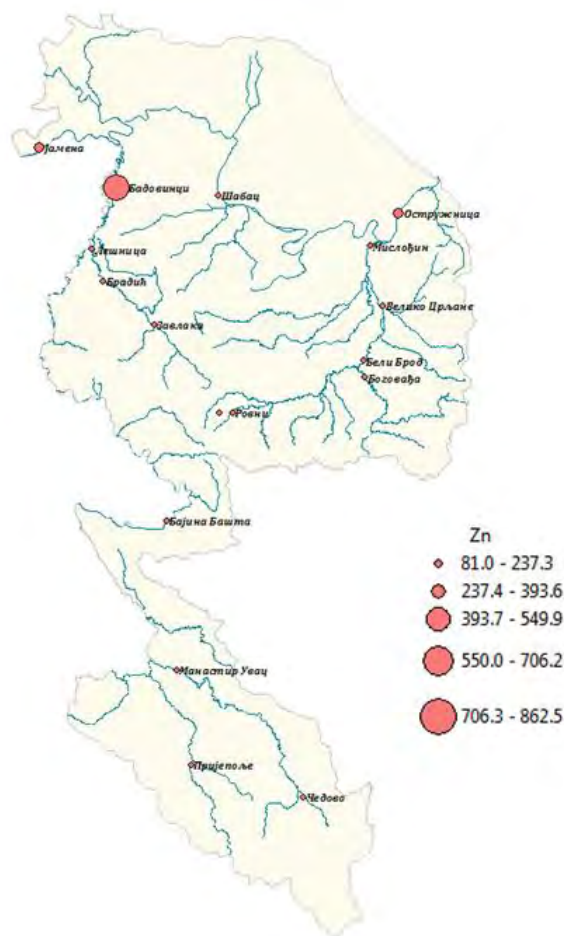
Садржај метала

Мониторинг квалитета седимента река у сливу Саве извршен је на 17 профила. Просторна расподела профила са хистограмским приказом садржаја метала приказана је на мапи (Слика 4.3.1.4.1.).



Слика 4.3.1.4.1. Просторни приказ положаја профила мониторинга седимента река у сливу Саве са хистограмским приказом садржаја метала

Измерене концентрације **цинка** у седименту река у сливу Саве кретале су се у опсегу 81-863 mg/kg. Највећа вредност цинка измерена је у узорку седимента реке Дрине, узоркованог на профилу Бадовинци (Слика 4.3.1.4.2.).



Слика 4.3.1.4.2. Просторна расподела садржаја цинка (Zn) у седименту река у сливу Саве

Садржај цинка у седименту река слива Саве по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта* (PEL), *средњи распон ефекта* (ERM), *ниво озбиљног ефекта* (SEL) и *праг токсичног ефекта* (TET). Ови критеријуми за граничне вредности указују на *умерен, озбиљан и токсичан* ефекат садржаја цинка на живи свет у води, график 4.3.1.4.1.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај цинка показала је да измерена концентрација у седименту реке Дрине, на профилима Бадовинци (862.5mg/kg), превазилази дефинисане граничне вредности за SEL (Zn)=820mg/kg и TET (Zn)=540mg/kg, што указује на *ниво озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај цинка, урађена је и на бази препорука ICSPDR-а. На око 30% мерних профила садржај цинка је био већи од циљне граничне вредности (Quality target (Zn)=200mg/kg) (График 4.3.1.4.1.).

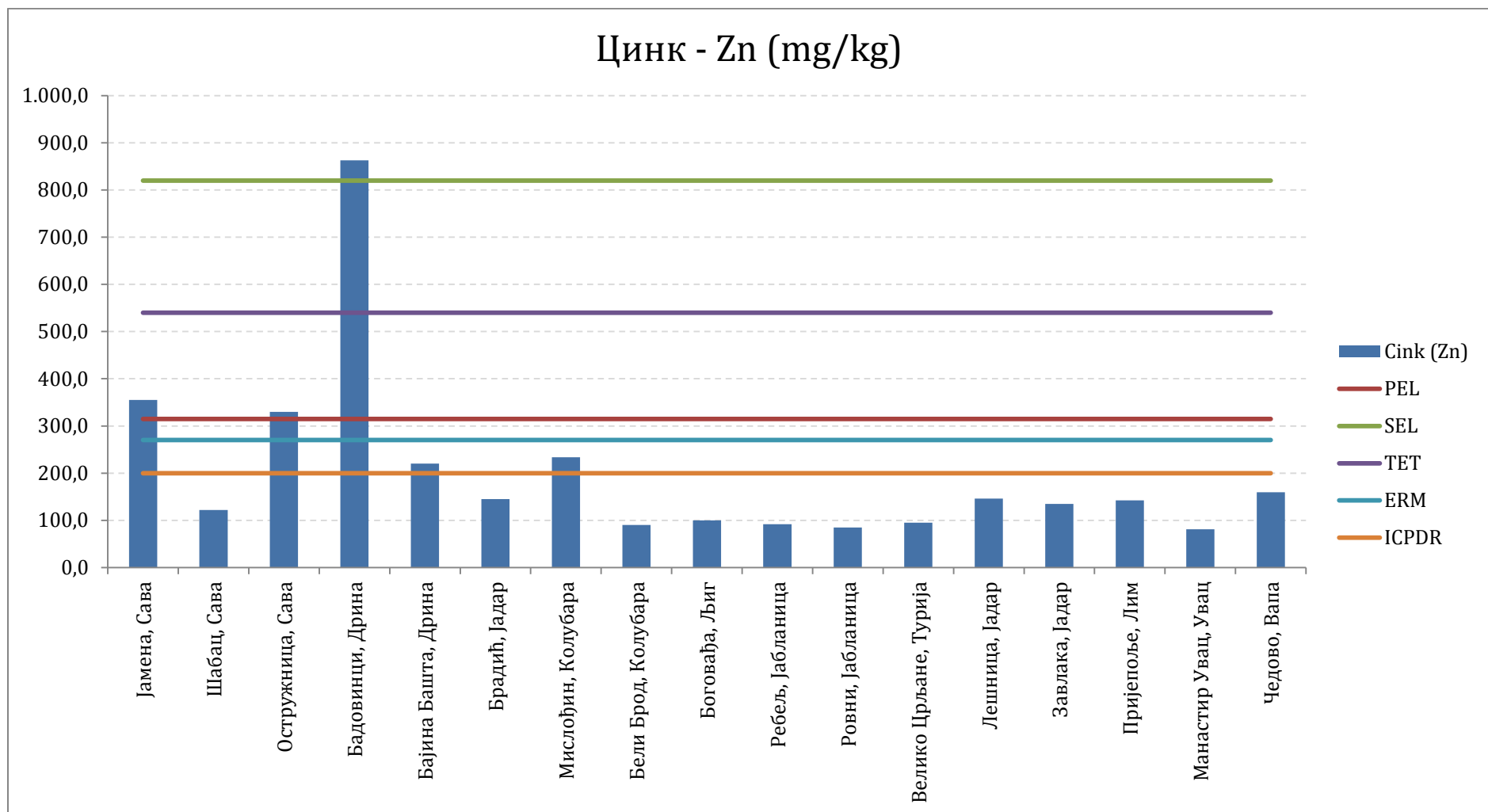


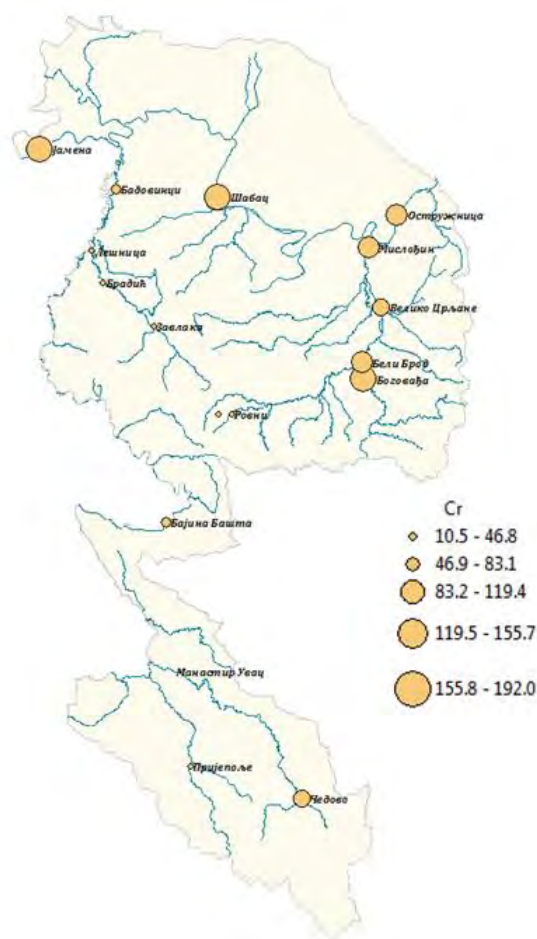
График 4.3.1.4.1. Садржај цинка у седименту река у сливу Саве у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **бакра** у седименту река у сливу Саве кретале су се у опсегу 10.0-259.0mg/kg. Највећа вредност бакра, је измерена у узорку седимента реке Колубаре, узоркованог на профилу Мислођин.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај бакра показала је да измерена концентрација у седименту реке Колубаре, на профилу Мислођин (259mg/kg), превазилази дефинисане граничне вредности за SEL (Cu)=110mg/kg и ТЕТ (Cu)=86mg/kg), што указује на ниво *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај бакра, урађена је и на бази препорука ICPDR-а. Садржај бакра био је већи од циљне граничне вредности (Quality target (Cu)=60mg/kg) на профилу Мислођин (259mg/kg).

Измерене концентрације **хрома** у седименту река у сливу Саве кретале су се у опсегу 11.0-192.0mg/kg. Највећа вредност хрома регистрована је у узорку седимента реке Љиг, узоркованог на профилу Боговађа (Слика 4.3.1.4.3.).



Слика 4.3.1.4.3. Просторна расподела садржаја хрома (Cr) у седименту река у сливу Саве

Садржај хрома у седименту река слива Саве по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта* (PEL), *средњи распон ефекта* (ERM), *ниво озбиљног ефекта* (SEL) и *праг токсичног ефекта* (TET). Ови критеријуми за граничне вредности указују на умерен, озбиљан и токсичан ефекат садржаја хрома на живи свет у води, график 4.3.1.4.2.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај хрома показала је да измерене концентрације у седиментима реке Саве на профилима Јамена (160mg/kg) и Шабац (190mg/kg), реке Колубаре на профили Мислођин (147.5mg/kg) и реке Љиг на профили Боговађа (192.0mg/kg), превазилазе приказане дефинисане граничне вредности за PEL (Cr)=90mg/kg, ERM (Cr)=145mg/kg, SEL (Cr)=110mg/kg и TET (Cr)=100mg/kg, што указује на *ниво вероватног, средњег, озбиљног и токсичног ефекта* на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за хром у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cr)=100mg/kg) превазиђена је на седам мерних профила (Јамена, Шабац, Остружница, Мислођин, Бели Брод, Боговађа и Чедово) (график 4.3.1.4.2.).

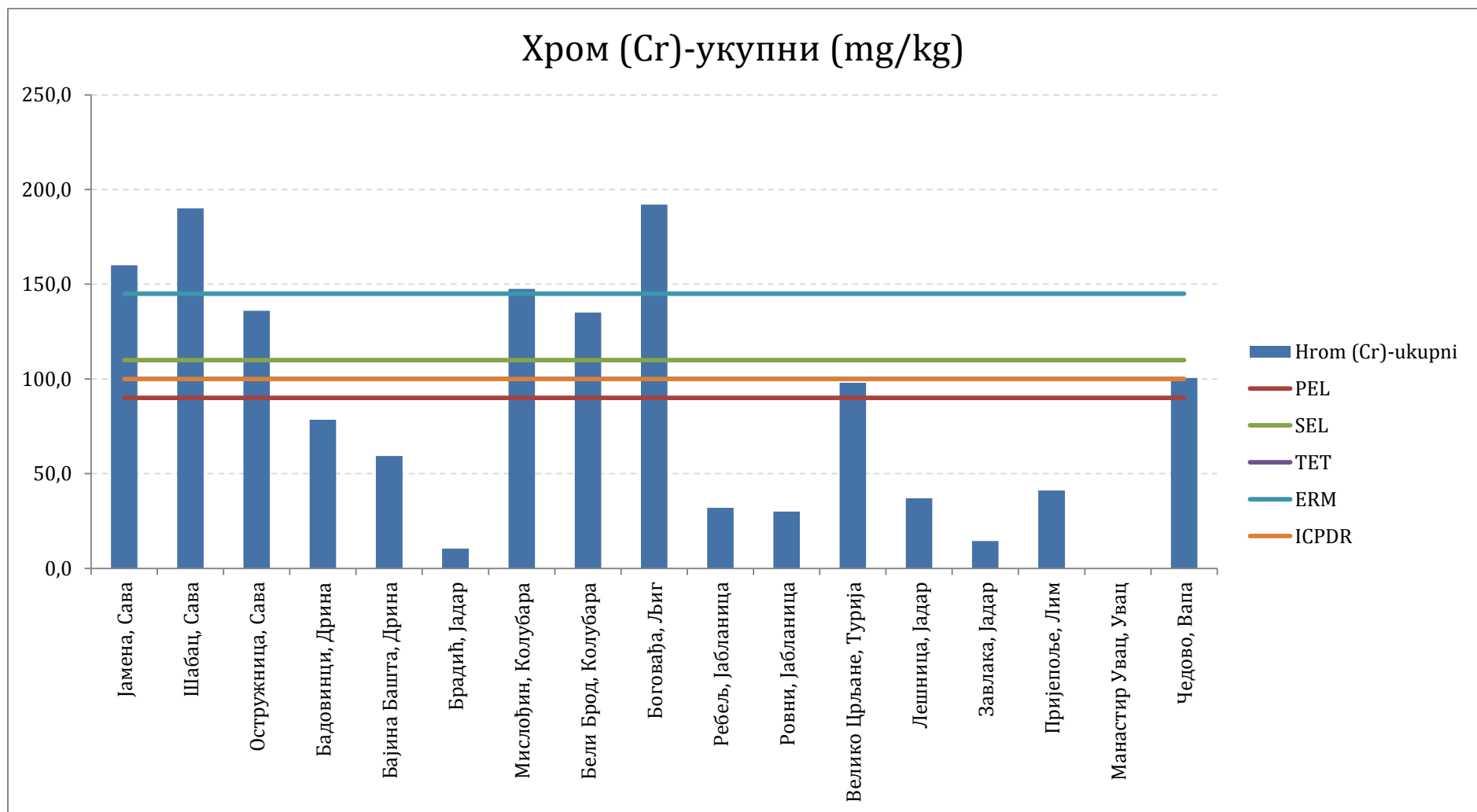
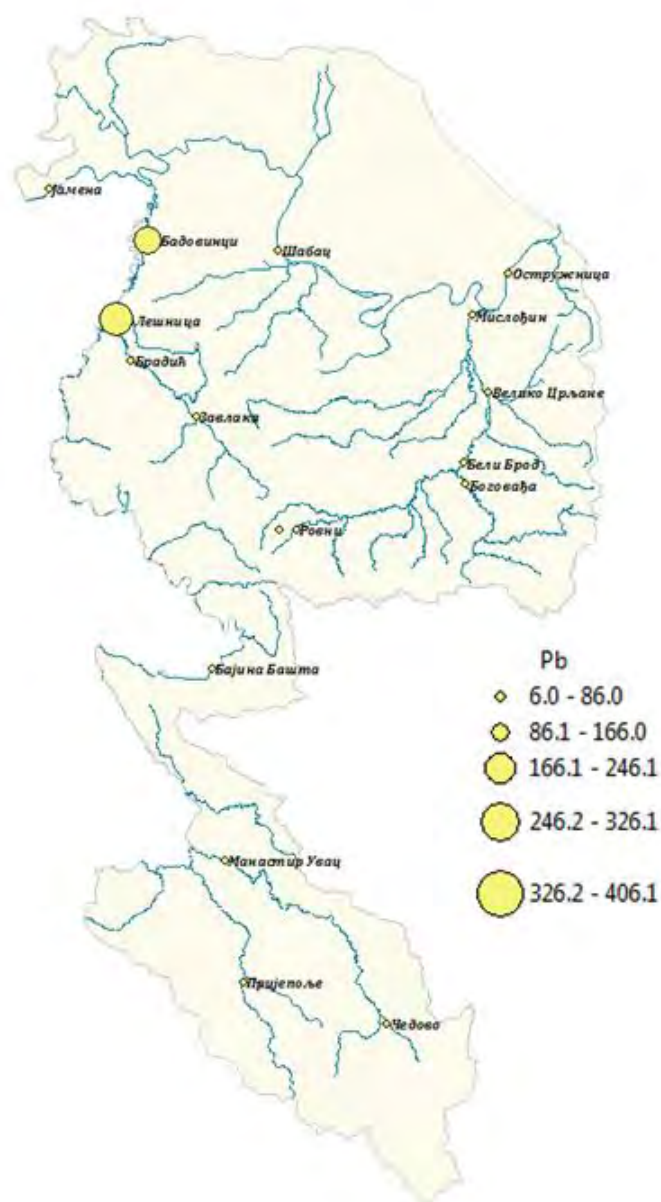


График 4.3.1.4.2. Садржај хрома у седименту река у сливу Саве у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **олова** у седименту река у сливу Саве кретале су се у опсегу <math><20.0-406.0\text{mg/kg}</math>. Највећа вредност олова регистрована је у узорку седимента реке Јадар, узоркованог на профилу Лешница (Слика 4.3.1.4.4.) .



Слика 4.3.1.4.4. Просторна расподела садржаја олова (Pb) у седименту река у сливу Саве

Садржај олова у седименту река слива Саве по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта* (PEL), *средњи распон ефекта* (ERM), *ниво озбиљног ефекта* (SEL) и *праг токсичног ефекта* (TET). Ови критеријуми за граничне вредности указују на *умерен, озбиљан и токсичан* ефекат садржаја олова на живи свет у води, график 4.3.1.4.3.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај олова показала је да измерене концентрације у седименту реке Дрине на профилу Бадовинци (298.8mg/kg) и реке Јадар на профилу Лешница (406.1mg/kg) превазилазе дефинисане граничне вредности за SEL (Pb)=250mg/kg и ТЕТ (Pb)=170mg/kg, што указује на ниво *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за олово у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cr)=100mg/kg) превазиђена је на реци Дрини на профилу Бадовинци и реци Јадар на профилу Лешница (График 4.3.1.4.3.).

Измерене концентрације **кадмијума** у седименту река у сливу Саве, кретале су се у опсегу 0.30-6.50mg/kg. Највећа вредност кадмијума регистрована је у узорку седимента реке Дрине, узоркованог на профилу Бадовинци.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај кадмијума показала је да су измерене концентрације у седименту реке Дрине, на профилу Бадовинци (6.48mg/kg) и реке Јадар на профилу Лешница (6.34mg/kg) превазилазиле дефинисане граничне вредности за PEL (Cd)=3.53mg/kg и ТЕТ (Cd)=3mg/kg и указује на ниво *вероватног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за кадмијум у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cd)=1.2mg/kg) превазиђена је на пет профила (Остружница (2.22 mg/kg), Бадовинци (6.48 mg/kg), Бајина Башта (1.86 mg/kg), Лешница (6.34 mg/kg) и Чедово (2.56 mg/kg)).

Измерене концентрације **живе** у седименту река у сливу Саве, кретале су се у опсегу <0.1-0.7mg/kg и није регистровано прекорачење граничних вредности препоручених критеријума приказаних у табелама 4.2.2 и 4.2.3. Циљна гранична вредност за живу у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (Hg)=0.8mg/kg) није превазиђена ни на једном контролном профилу у сливу реке Саве.

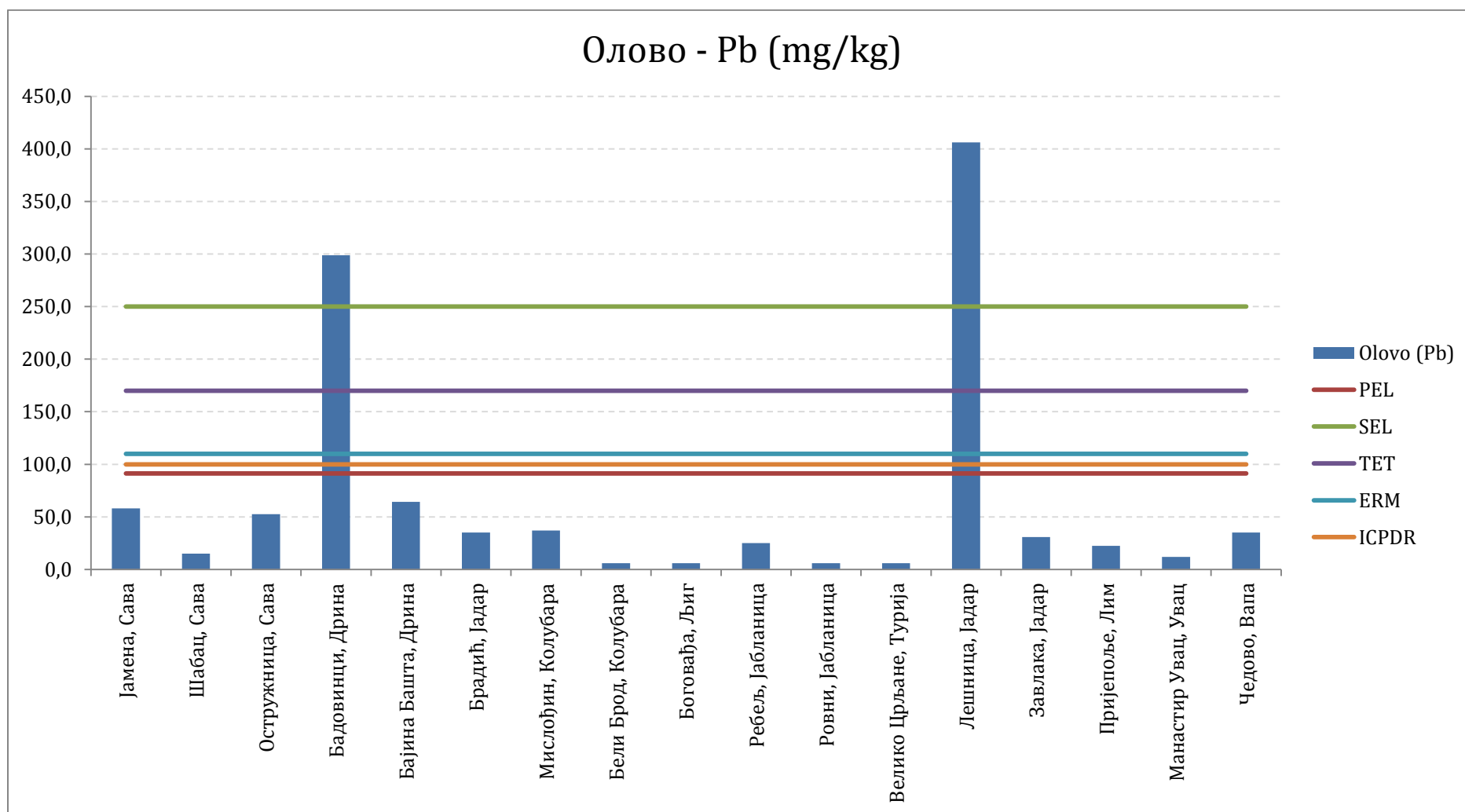
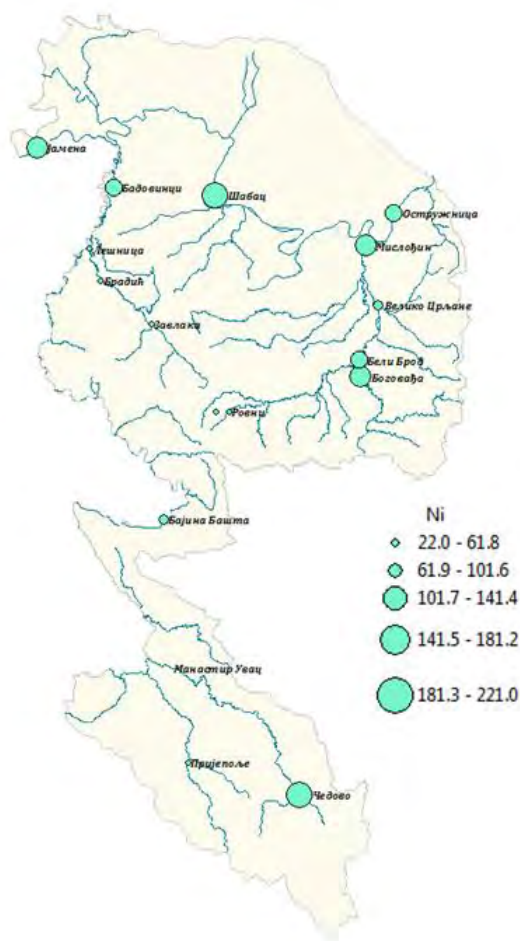


График 4.3.1.4.3. Садржај олова у седименту река у сливу Саве у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **никла** у седименту река у сливу Саве кретале су се у опсегу 22.0-221.0mg/kg. Највећа вредност никла регистрована је у узорку седимента реке Вапе, узоркованог на профилу Чедово (Слика 4.3.1.4.5.).



Слика 4.3.1.4.5. Просторна расподела садржаја никла (Ni) у седименту река у сливу Саве

Садржај никла у седименту река слива Саве по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта* (PEL), *средњи распон ефекта* (ERM), *ниво озбиљног ефекта* (SEL) и *праг токсичног ефекта* (TET). Ови критеријуми за граничне вредности указују на *умерен, озбиљан и токсичан* ефекат садржаја никла на живи свет у води, график 4.3.1.4.4.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај никла показала је да измерене концентрације у седиментима река: Саве на профилима Јамена (155.0mg/kg), Шабац (195.0mg/kg) и Остружница (135.5mg/kg); Дрине на профилима Бадовинци (123.0mg/kg) и Бајина Башта (87.5mg/kg); Колубаре на профилима Мислођин (154.5mg/kg) и Бели Брод (122.0mg/kg); Љиг на профилу Боговађа (165.0mg/kg); Турије на профилу Велико Црљане (80.0mg/kg) и Вапе на профилу Чедово (221.0mg/kg) превазилазе приказане дефинисане граничне вредности за PEL (Ni)=36mg/kg, ERM (Ni)=50mg/kg, SEL (Ni)=75mg/kg и TET (Ni)=61mg/kg, што

указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај никла, урађена је и на бази препорука ИCPDR-а. На око 59% мерних профила садржај никла био је већи од циљне граничне вредности (Quality target (Ni)=50mg/kg) (График 4.3.1.4.4.).

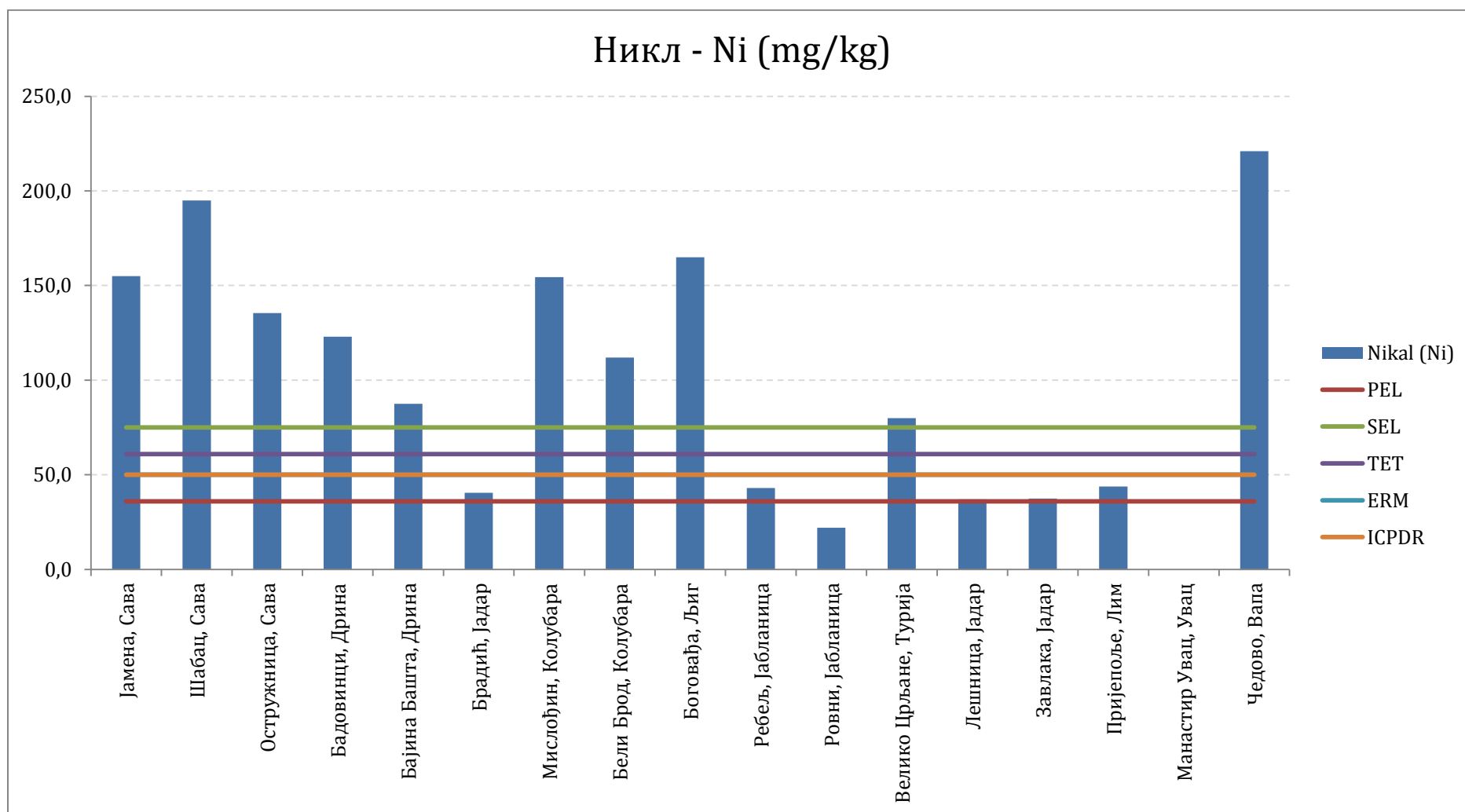
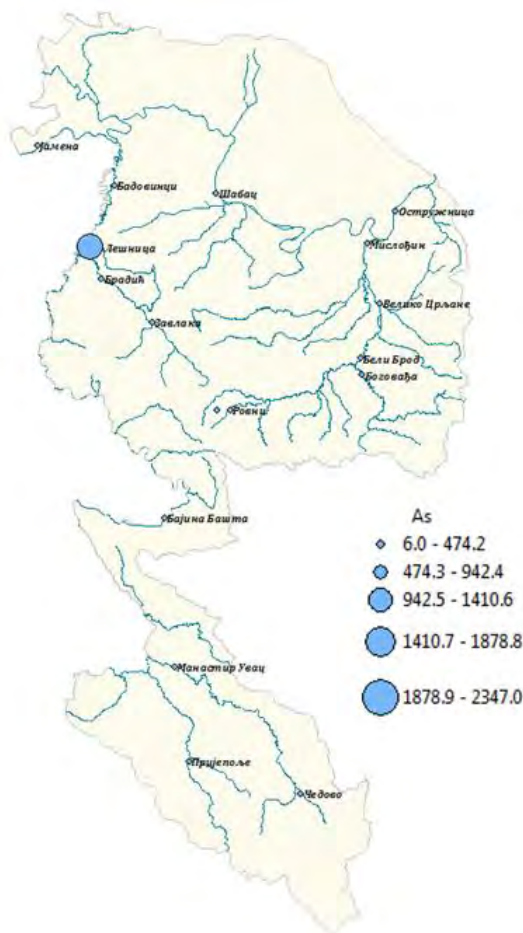


График 4.3.1.4.4. Садржај никла у седименту река у сливу Саве у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **арсена** у седименту река у сливу Саве кретале су се у опсегу 6.0-2347.0mg/kg. Највећа вредност арсена регистрована је у узорку седимента реке Јадар, узоркованог на профилу Лешница (Слика 4.3.1.4.6.).



Слика 4.3.1.4.6. Просторна расподела садржаја арсена (As) у седименту река у сливу Саве

Садржај арсена у седименту река слива Саве по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта* (PEL), *средњи распон ефекта* (ERM), *ниво озбиљног ефекта* (SEL) и *праг токсичног ефекта* (TET). Ови критеријуми за граничне вредности указују на *умерен, озбиљан и токсичан* ефекат садржаја арсена на живи свет у води, график 4.3.1.4.5.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај арсена показала је да измерене концентрације у седименту реке Дрине, на профилу Бадовинци (388.4mg/kg) и реке Јадар на профилу Лешница (2347.0mg/kg) превазилазе приказане дефинисане граничне вредности за PEL (As)=17mg/kg, ERM (As)=85mg/kg, SEL (As)=33mg/kg и TET (As)=17mg/kg, што указује на *ниво вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за арсен у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (As)=20mg/kg) превазиђена је на шест профила (Бадовинци, Бајина Башта, Брадић, Лешница, Завлака и Чедово) (График 4.3.1.4.5.).

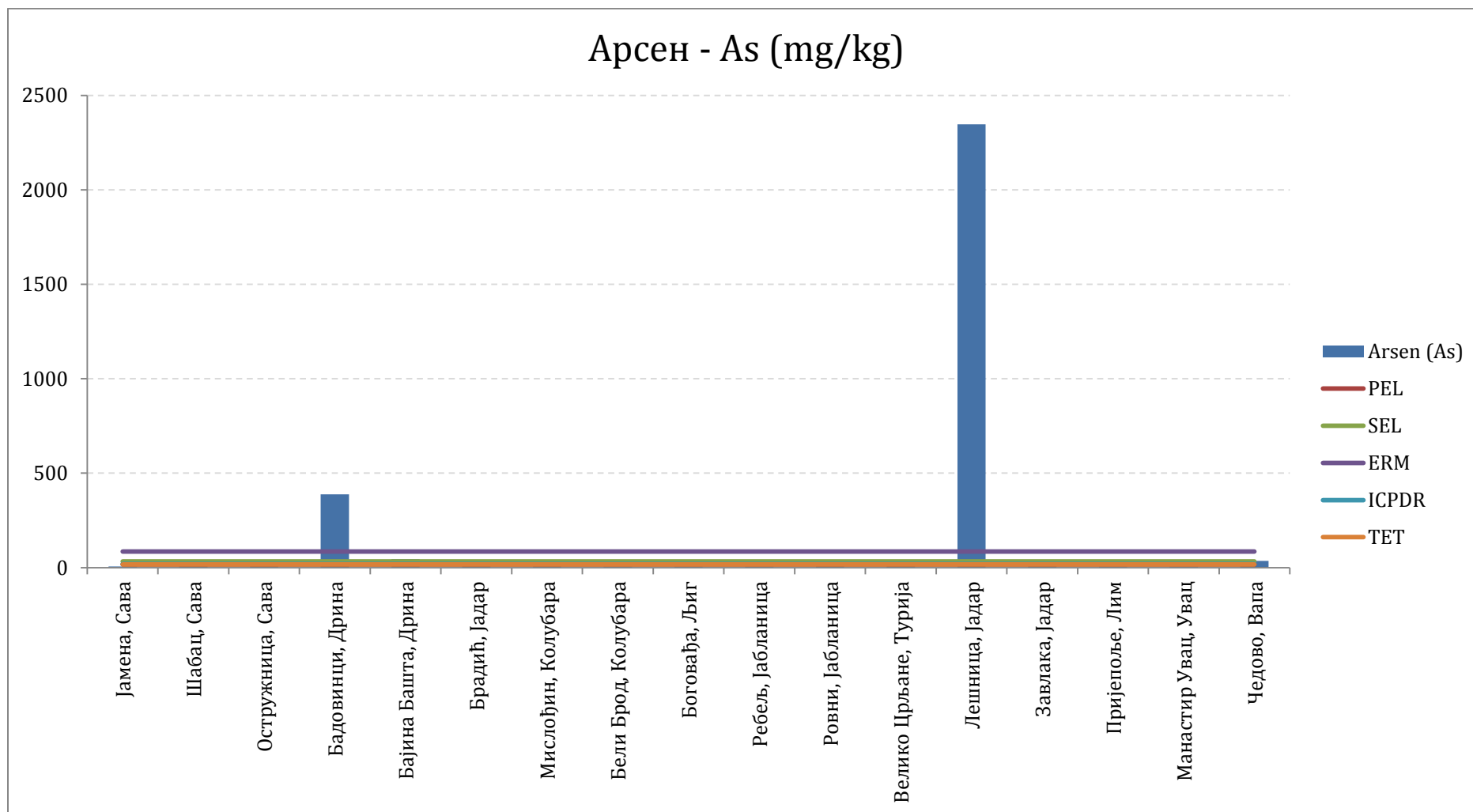


График 4.3.1.4.5. Садржај арсена у седименту река у сливу Саве у односу на критеријуме квалитета

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (РАН), полихлоровани бифенили (РСВ), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина.

Полициклични ароматични угљоводоници (РАН) су детектовани у већини испитиваних узорака седимента водотока у сливу реке Саве, у концентрацијама значајно нижим од прописаних граничних вредности (График 4.3.1.4.6.). Одређене су суме детектованих РАН-ова у свим узорцима, сумарне вредности кретале су се у опсегу од око 4.5µg/kg до 240.4µg/kg. Највећа вредност суме РАН-ова забележена је на профилу Остружница (Сава). Процена квалитета седимента, у односу на суму РАН-ова, указује да су сумарне концентрације у седиментима посматраних водотока/профила слива реке Саве, вишеструко ниже од дефинисаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (РАНs)=8040µg/kg) и *средњи распон ефекта* (ERM (РАНs)=23580µg/kg)(График 4.3.1.4.6.).

Дијагностички однос $IcdP/(IcdP + BghiP)$ за узорак седимента Јамена-Сава износи 0,7 што указује на пирогене изворе загађења (сагоревање дрвета, угља или траве). Исто важи и за узорак седимента са локације Остружница-Сава чији дијагностички однос $IcdP/(IcdP + BghiP)$ износи 0,6.

Садржај **полихлорованих бифенила** (сума РСВ) у узорцима седимента водотока у сливу реке Саве кретао се у опсегу од око 3.5µg/kg до 13.8µg/kg, што је знатно испод прописаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (РСВs)=277µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (РСВs)=400µg/kg), *праг токсичног ефекта* (TET (РСВs)=1000 µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (РСВs)=5300µg/kg)(График 4.3.1.4.7.). Генерално се уочава дискретно повећање заступљености РСВ конгенера са вишим степеном хлорованости.

Укупни **DDTs**, односно суме p,p-DDT, p,p-DDD и p,p-DDE у свим испитиваним узорцима су биле значајно испод прописаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (DDTs)=4500µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (DDTs)=350µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (DDTs)=120µg/kg)(График 4.3.1.4.8.). Измерене вредности p,p-DDT у узорцима седимента узоркованих на профилима Остружница (16.85µg/kg) и Мислођин (15.95µg/kg) су веће од граничне вредности за *средњи распон ефекта* (ERM (DDT)=7.0µg/kg)(График 4.3.1.4.8.).

Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом (Сл.гласник РС бр. 50/2012), у односу на садржај p,p-DDT на профилима Остружница/Сава (16.85µg/kg) и Мислођин/Колубара (15.95µg/kg) указује на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК(p,p-DDT)=9µg/kg) је коригована у зависности од садржаја органске материје у посматраном узорку. Кориговане граничне

вредности, срачунате применом корекционе формуле, износиле су за профиле: Остружница - ГВк = 8.27 µg/kg и Мислођин - ГВк = 7.28 µg/kg.

Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом (Сл.гласник РС бр. 50/2012), у односу на садржај р,р-DDD на профилу Остружница/Сава (3.25 µg/kg) указује на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК(р,р-DDD)=2 µg/kg) је коригована у зависности од садржаја органске материје у посматраном узорку. Коригована гранична вредност, срачуната применом корекционе формуле, износила је за профил Остружница - ГВк = 1.84 µg/kg.

Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом (Сл.гласник РС бр. 50/2012), у односу на садржај р,р-DDE на профилима: Шабац/Сава (1.0 µg/kg), Остружница/Сава (1.7 µg/kg), Мислођин/Колубара (1.25 µg/kg) и Боговађа/Љиг (1.3 µg/kg) указује на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК(р,р-DDE)=1 µg/kg) је коригована у зависности од садржаја органске материје у посматраним узорцима. Кориговане граничне вредности, срачунате применом корекционе формуле, износиле су за профилиле: Шабац - ГВк = 0.65 µg/kg, Остружница - ГВк = 0.92 µg/kg, Мислођин - ГВк = 0.81 µg/kg и Боговађа - ГВк = 0.77 µg/kg.

Анализом узорака седимента са локација Остружница-Сава, и Мислођин-Колубара детектована је драстично већа заступљеност р,р' DDT у односу на његове деградационе производе, р,р' DDE и р,р' DDD. Дијагностички односи DDT/(DDE+DDD) у овим узорцима седимента су изузетно високи - 2,9 и 6,4 и указују на недавну употребу старих залиха р,р' DDT. У узорку седимента Чедово-Вапа такође је уочен повећана заступљеност р,р' DDT, али у много мањој мери и нижим концентрацијама.

Анализом појединачних **органохлорних пестицида** (График 4.3.1.4.9.) у узорцима седимента водотока у сливу реке Саве, констатовано је да су све измерене вредности биле испод границе квантификације (LOQ). Одређивања садржаја **пестицида на бази триазина** у узорцима седимента водотока у сливу реке Саве, указују да су све измерене вредности биле испод граница квантификације (LOQ).

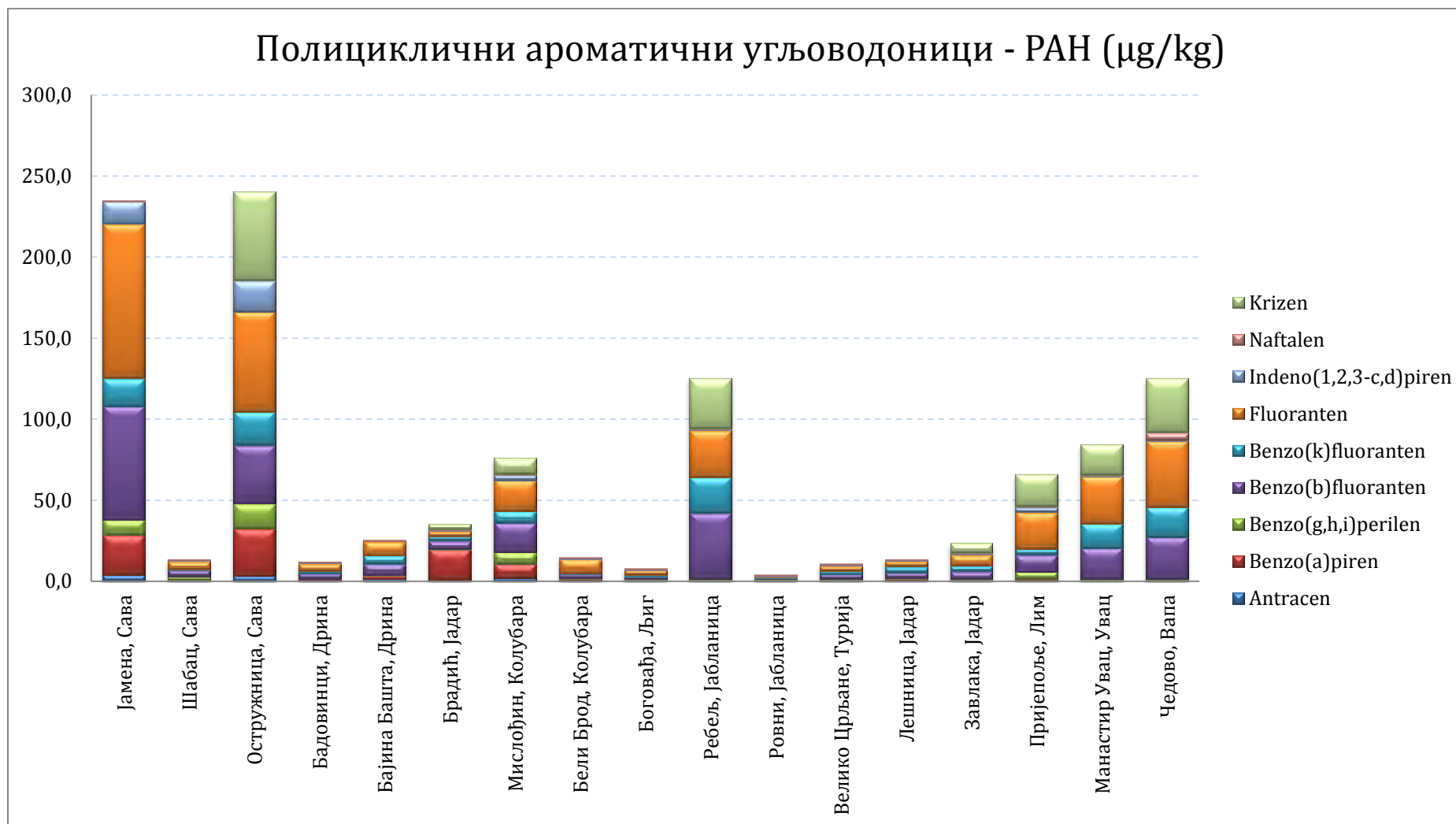


График 4.3.1.4.6. Садржај полицикличних ароматичних једињења (ПАХ) у седименту река у сливу Саве

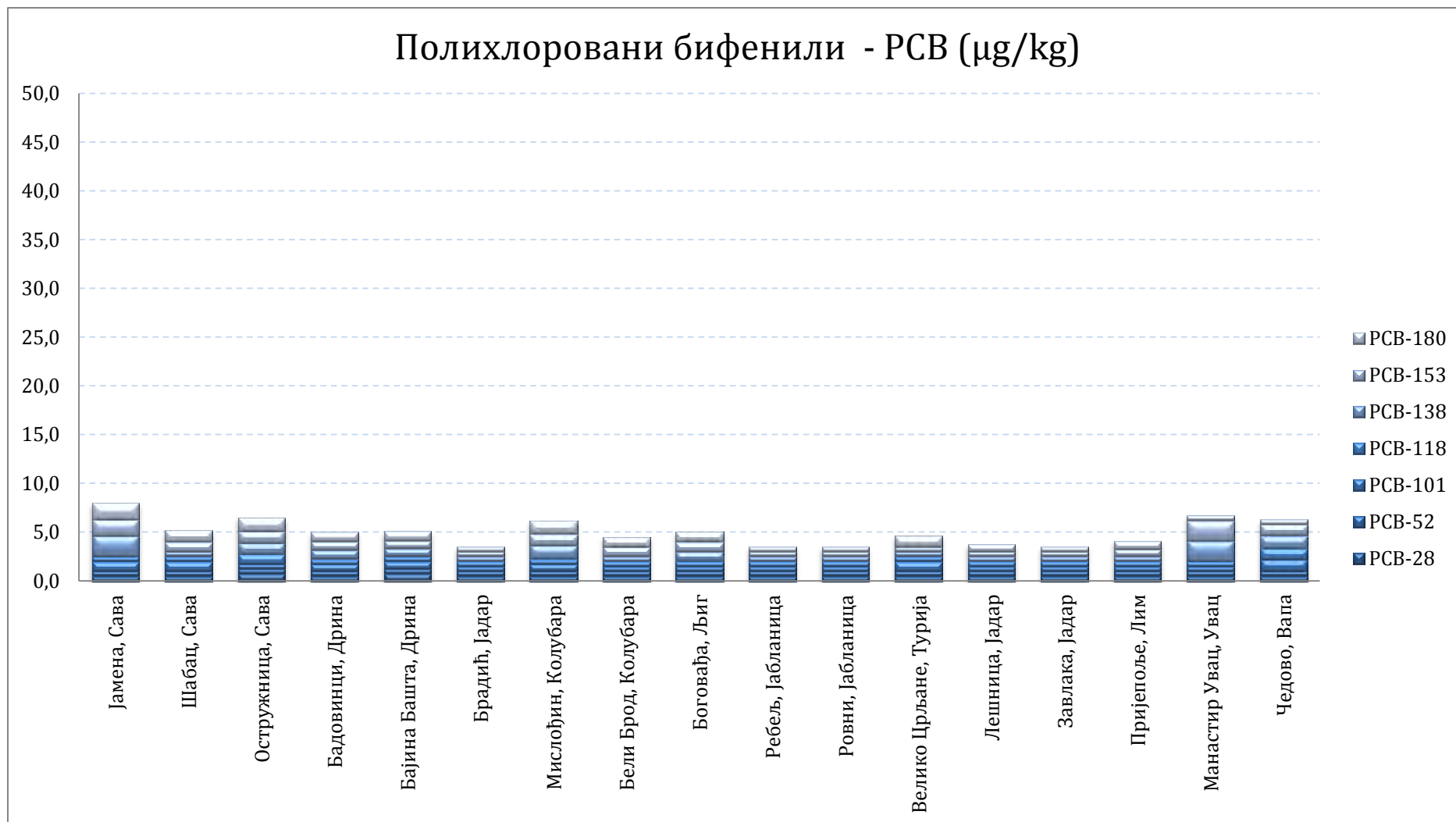


График 4.3.1.4.7. Садржај полихлорованих бифенила (РСВ) у седименту река у сливу Саве

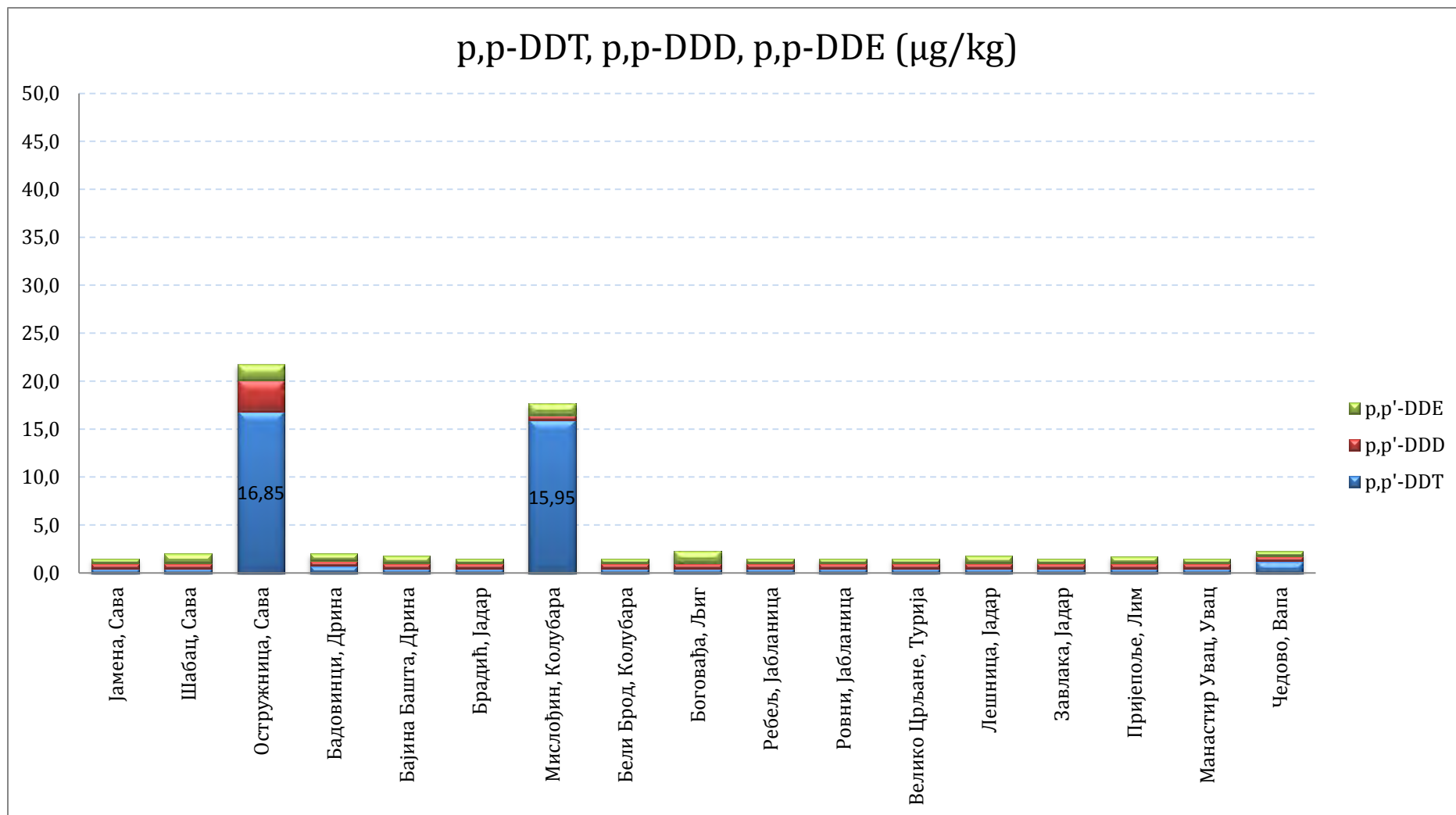


График 4.3.1.4.8. Садржај p,p-DDT, p,p-DDD, p,p-DDE у седименту река у сливу Саве

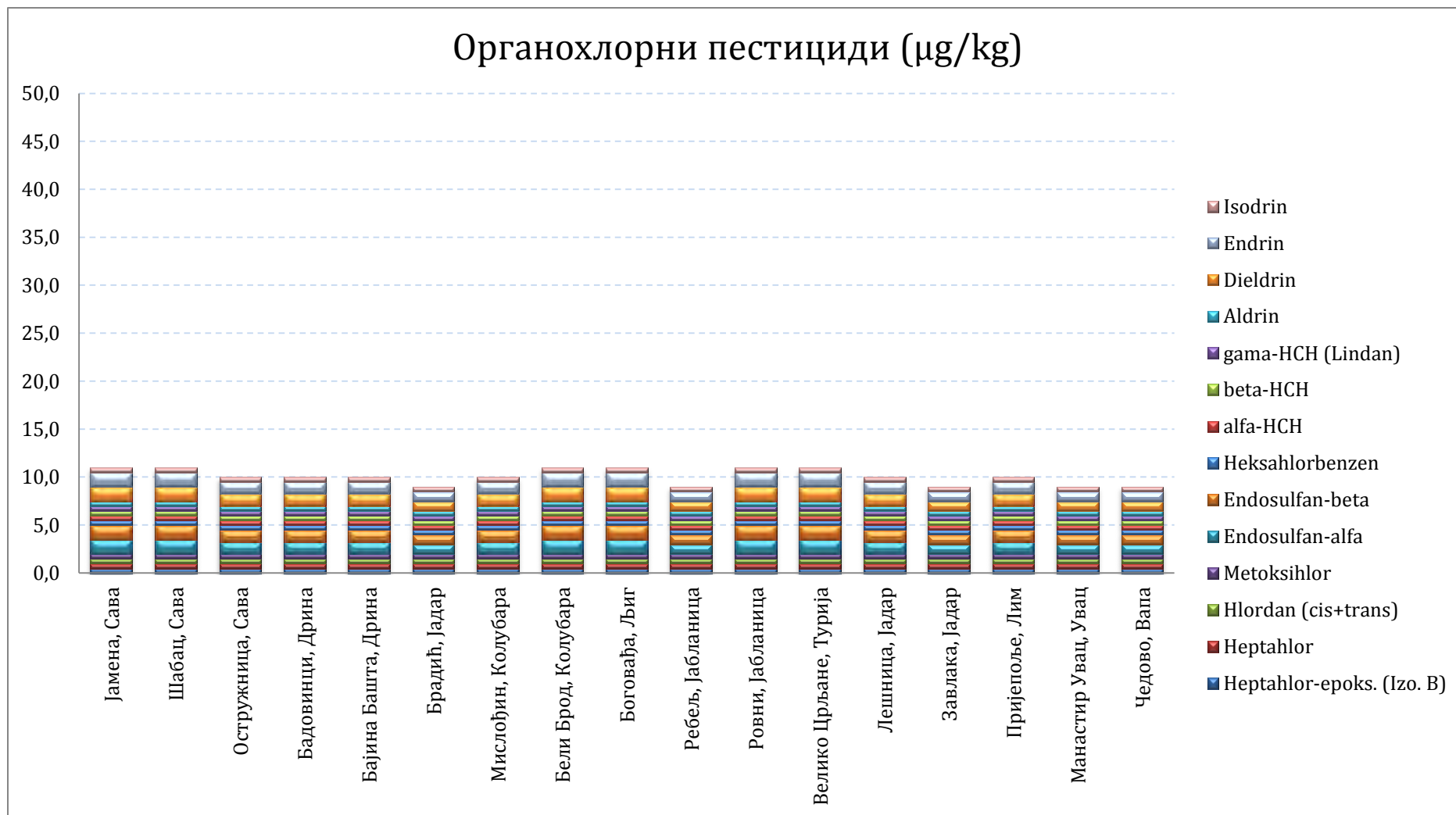
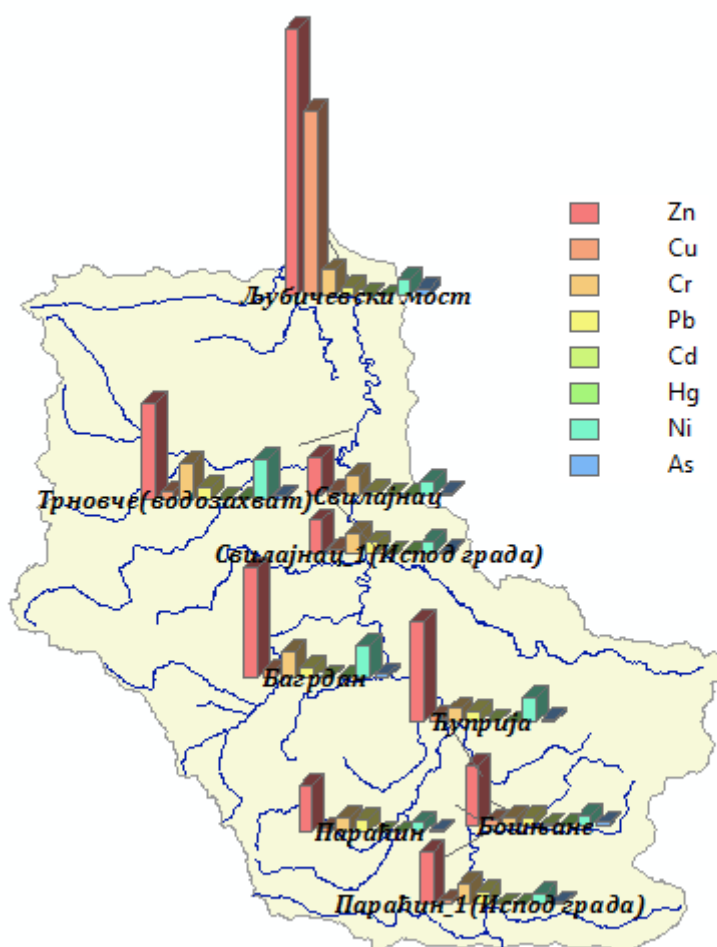


График 4.3.1.4.9. Садржај органохлорних пестицида у седименту река у сливу Саве

4.3.1.5. Реке слива Велике Мораве

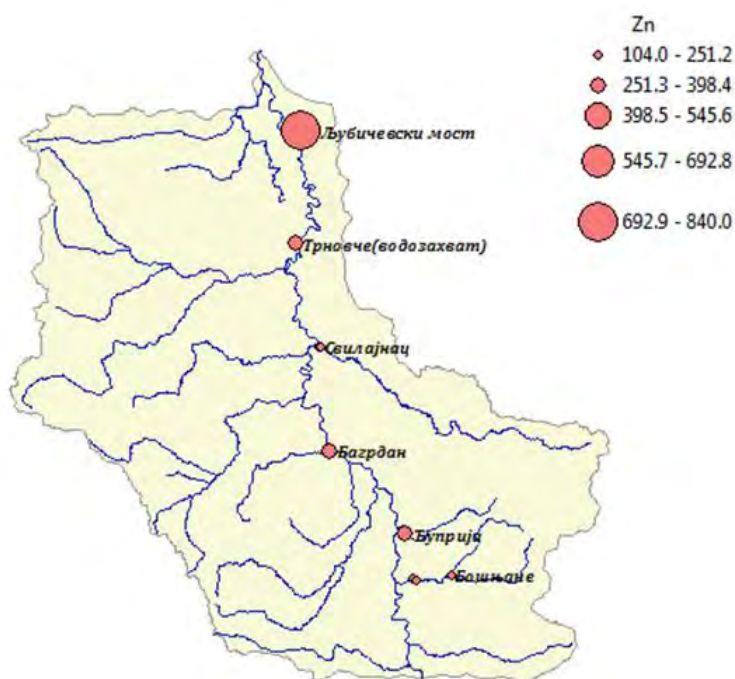
Садржај метала

Мониторинг квалитета седимента река у сливу Велике Мораве без значајнијих притока (Западне и Јужне Мораве) извршен је на 9 профила. Просторна расподела профила са хистограмским приказом садржаја метала приказана је на мапи (Слика 4.3.1.5.1.).



Слика 4.3.1.5.1. Просторни приказ положаја профила мониторинга седимента река у сливу Велике Мораве са хистограмским приказом садржаја метала

Измерене концентрације **цинка** у седименту река у делу слива Велике Мораве кретале су се у опсегу 104.0-840.0mg/kg. Највећа вредност цинка измерена је у узорку седимента реке Велике Мораве, узоркованог на профилу Љубичевски Мост (Слика 4.3.1.5.2.).



Слика 4.3.1.5.2. Просторна расподела садржаја цинка (Zn) у седименту река дела слива Велике Мораве

Садржај цинка у седименту река дела слива Велике Мораве по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта* (PEL), *средњи распон ефекта* (ERM), *ниво озбиљног ефекта* (SEL) и *праг токсичног ефекта* (TET). Ови критеријуми за граничне вредности указују на умерен, озбиљан и токсичан ефекат садржаја цинка на живи свет у води, график 4.3.1.5.1.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај цинка показала је да измерена концентрација у седименту реке Велике Мораве, на профилу Љубичевски мост (840.0mg/kg) превазилази дефинисане граничне вредности за SEL (Zn)=820mg/kg и TET (Zn)=540mg/kg, што указује на ниво *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај цинка, урађена је и на бази препорука ICPDR-а. На четири мерна профила садржај цинка био је већи од циљне граничне вредности (Quality target (Zn)=200mg/kg)(График 4.3.1.5.1.).

Измерене концентрације **бакра** у седименту река у делу слива Велике Мораве кретале су се у опсегу 13.0-582.0mg/kg. Највећа вредност бакра измерена је у узорку седимента реке Велике Мораве, узоркованог на профилу Љубичевски Мост.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај бакра показала је да измерена концентрација у седименту реке Велике Мораве, на профилу Љубичевски мост (582.0mg/kg) превазилази дефинисане граничне вредности за PEL (Cu)=197mg/kg, ERM (Cu)=390mg/kg, SEL (Cu)=110mg/kg и TET (Cu)=86mg/kg, што указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај бакра, урађена је и на бази препорука ICPDR-а (Quality target (Cu)=60mg/kg). На профилу Љубичевски мост садржај бакра био је већи од циљне граничне вредности.

Измерене концентрације **хрома** у седименту река у делу слива Велике Мораве кретале су се у опсегу 27.8-115.0mg/kg. Највећа вредност хрома регистрована је у узорку седимента Велике Мораве, узоркованог на профилу Трновче.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај хрома показала је да измерена концентрација у седименту реке Велике Мораве на профилу Трновче (115.0mg/kg) превазилази приказане дефинисане граничне вредности за PEL (Cr)=90mg/kg, SEL (Cr)=110 mg/kg и TET (Cr)=100mg/kg,, што указује на ниво *вероватног, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за хром у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cr)=100mg/kg) превазиђена је само на профилу Трновче.

Измерене концентрације **олова** у седименту река у делу слива Велике Мораве кретале су се у опсегу <20.0-42.0mg/kg и није регистровано прекорачење граничних вредности критеријума приказаних у табелама 4.2.2 и 4.2.3. Измерене концентрације **кадмијума** у седименту река у делу слива Велике Мораве кретале су се у опсегу 0.25-3.58mg/kg. Највећа вредност кадмијума регистрована је у узорку седимента реке Црнице, узоркованог на профилу Бошњане.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај кадмијума показала је да измерена концентрација у седименту реке Црнице, на профилу Бошњане (3.58mg/kg) превазилази дефинисане граничне вредности за PEL (Cd)=3.53mg/kg и TET (Cd)=3mg/kg и указује на ниво *вероватног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за кадмијум у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cd)=1.2mg/kg) превазиђена је на око 56% профила: Љубичевски мост (3.00mg/kg), Трновче (1.50mg/kg), Багрдан (1.80mg/kg), Ћуприја (2.80mg/kg) и Бошњане (3.58mg/kg).

Измерене концентрације **живе** у седименту реке Велике Мораве и појединих притока, кретале су се у опсегу <0.1-0.3mg/kg и није регистровано прекорачење граничних вредности критеријума приказаних у табелама 4.2.2 и 4.2.3.

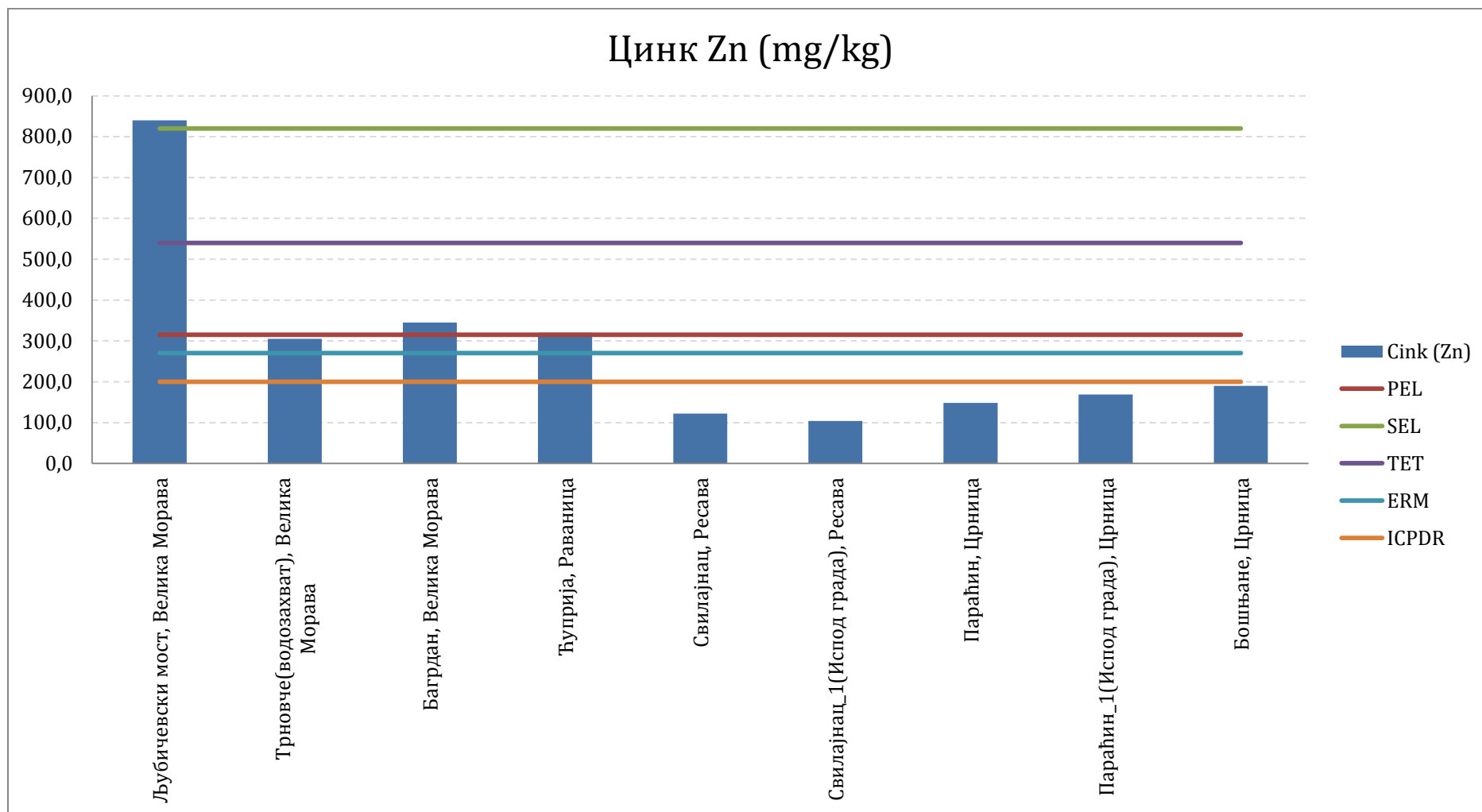
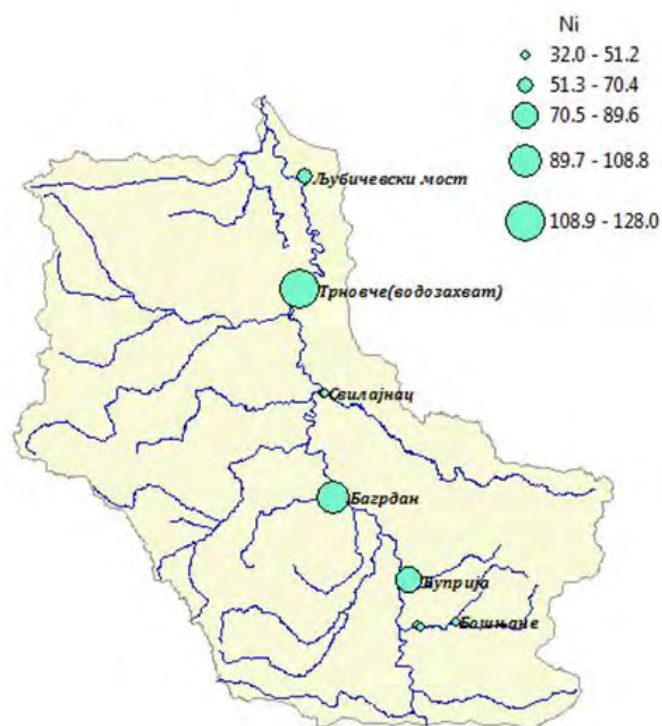


График 4.3.1.5.1. Садржај цинка у седименту река у непосредном сливу Велике Мораве у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **никла** у седименту река у делу слива Велике Мораве, кретале су се у опсегу 32.0-128.0mg/kg. Највећа вредност никла регистрована је у узорку седимента реке Велике Мораве, узоркованог на профилу Трновче (Слика 4.3.1.5.3.).



Слика 4.3.1.5.3. Просторна расподела садржаја никла (Ni) у седименту река дела слива Велике Мораве

Садржај никла у седименту река дела слива Велике Мораве по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта (PEL)*, *средњи распон ефекта (ERM)*, *ниво озбиљног ефекта (SEL)* и *праг токсичног ефекта (TET)*. Ови критеријуми за граничне вредности указују на умерен, озбиљан и токсичан ефекат садржаја никла на живи свет у води, график 4.3.1.5.2.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај никла показала је да измерене концентрације у седиментима река: Велике Мораве на профилима Трновче (128.0mg/kg) и Багрдан (102.0mg/kg); Раванице на профилу Ђуприја (80.0mg/kg), превазилазе приказане дефинисане граничне вредности за PEL (Ni)=36mg/kg, ERM (Ni)=50mg/kg, SEL (Ni)=75mg/kg и TET (Ni)=61mg/kg, што указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај никла, урађена је и на бази препорука ИCPDR-а. На око 44% мерних профила садржај никла био је већи од циљне граничне вредности (Quality target (Ni)=50mg/kg) (График 4.3.1.5.2.).

Измерене концентрације **арсена** у седименту река у делу слива Велике Мораве кретале су се у опсегу 6.0-22.0mg/kg. Највећа вредност арсена регистрована је у узорку седимента реке Великае Мораве, узоркованог на профилу Љубичевски мост.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај арсена показала је да измерена концентрација у седименту реке Велике Мораве, на профилу Љубичевски мост (22.0mg/kg) превазилази приказане дефинисане граничне вредности за PEL (As)=17mg/kg и TET (As)=17mg/kg, што указује на ниво *вероватног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за арсен у седименту, према препорукама ИCPDR-а (Quality target (As)=20mg/kg) превазиђена је на реци Великој Морави на профилу Љубичевски мост (22.0mg/kg).



Крагујевачка градска депонија у Јовановцу, у приобаљу реке Лепенице (притока Велике Мораве),2015.

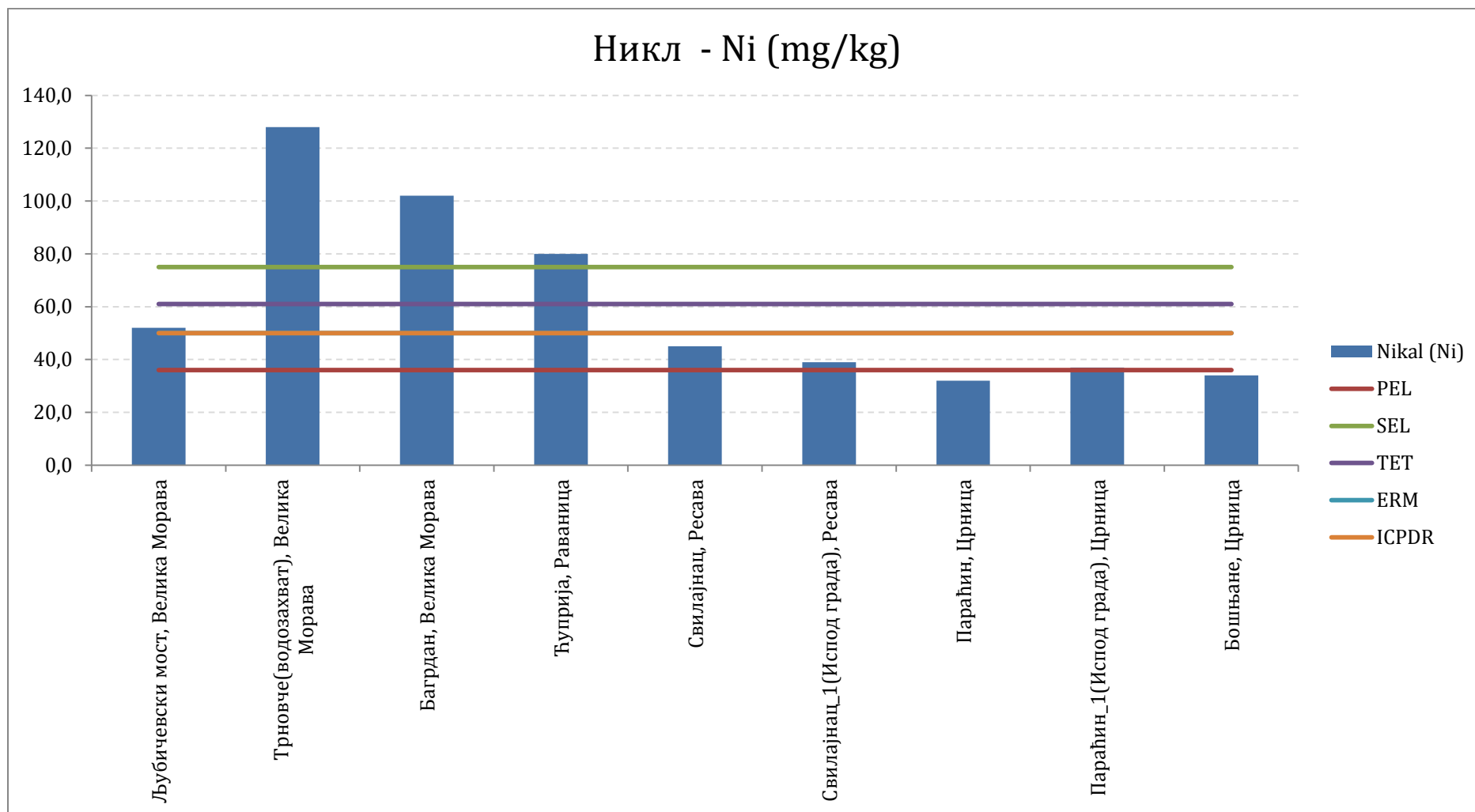


График 4.3.1.5.2. Садржај никла у седименту река у непосредном сливу Велике Мораве у односу на критеријуме квалитета

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (РАН), полихлоровани бифенили (РСВ), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина.

Полициклични ароматични угљоводоници (РАН) су детектовани у већини испитиваних узорака седимената водотока у сливу реке Саве, у концентрацијама значајно нижим од прописаних граничних вредности (График 4.3.1.5.3.). Одређене су суме детектованих РАН-ова у свим узорцима, сумарне вредности кретале су се у опсегу од око 4.5µg/kg до 278.0µg/kg. Највећа вредност суме РАН-ова забележена је на профилу Ђуприја (Раваница). Процена квалитета седимента, у односу на суму РАН-ова, указује да су сумарне концентрације у седиментима посматраних водотока/профила дела слива Велике Мораве, вишеструко ниже од дефинисаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (РАНs)= 8040µg/kg) и *средњи распон ефекта* (ERM (РАНs)=23580µg/kg)(График 4.3.1.5.3.).

Дијагностички однос IcdP/(IcdP + BghiP) за узорак Ђуприја-Раваница износи 0,55 и дискретно прелази границу од 0,5 која указује на пирогене изворе загађења на овом локалитету.

Садржај **полихлорованих бифенила** (сума РСВ) у узорцима седимента река у делу слива Велике Мораве кретао се у опсегу од око 3.5 µg/kg до 19.8µg/kg, што је знатно испод прописаних граничних вредности *ниво вероватног ефекта* (PEL (PCBs)=277µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (PCBs)=400µg/kg), *праг токсичног ефекта* (TET (PCBs)=1000 µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (PCBs)=5300µg/kg)(График 4.3.1.5.4.). У три узорка, Свилајнац-1(Испод града)-Ресава, Бошњане-Црница а посебно у седименту са локалитета Параћин-1(Испод града)-Црница, се уочава већи садржај високо хлорованих конгенера РСВ, што се може објаснити самом природом ових конгенера као и евентуалним загађењем које потиче од трансформаторских и кондензаторских уља.

Укупни **DDTs**, односно суме р,р-DDT, р,р-DDD и р,р-DDE у свим испитиваним узорцима су биле значајно испод прописаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (DDTs)=4500µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (DDTs)=350µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (DDTs)=120µg/kg)(График 4.3.1.5.5.).

Измерена вредност р,р-DDT у узорку седимента узоркованог на профилу Свилајнац_1 (31.0µg/kg) је већа од граничне вредности за *средњи распон ефекта* (ERM (DDT)=7.0µg/kg)(График 4.3.1.5.5.).

Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом (Сл.гласник РС бр. 50/2012), у односу на садржај р,р-DDT на профилу Свилајнац_1(Испод града)/ Ресава (31.0µg/kg) указује на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација

(МДК(p,p-DDT)=9µg/kg) је коригована у зависности од садржаја органске материје у посматраном узорку. Коригована гранична вредност, срачуната применом корекционе формуле, износила је за профил Свилајнац_1(Испод града) - ГВк =7.01µg/kg.

Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом (Сл.гласник РС бр. 50/2012), у односу на садржај p,p-DDE на профилу Свилајнац/Ресава (1.4µg/kg) указује на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК (p,p-DDE)=1µg/kg) је коригована у зависности од садржаја органске материје у посматраном узорку. Коригована гранична вредност, срачуната применом корекционе формуле, износила је за профил Свилајнац - ГВк =0.81µg/kg.

Јако велика концентрација p,p' DDT а самим тим и велики дијагностички однос DDT/(DDE+DDD), указује на скорије оптерећење седимента на поменутом локалитету овим органохлорним пестицидом. У узорку седимента Свилајнац-Ресава се уочава благо повећан садржај али ниске концентрације p,p' DDE у односу на остале изомере, што је показатељ загађења које се десило у прошлости.

Анализом појединачних **органохлорних пестицида** (График 4.3.1.5.6.) у узорцима седимента река у делу слива Велике Мораве измерене вредности биле су испод границе квантификације (LOQ), осим изодрина чија је измерена концентрација износила 17.5µg/kg. Детектована висока концентрација изодрина²¹ у узорку седимента узоркованог на локалитету Трновче (водозахват)-Велика Морава указује на вероватну употребу старих залиха овог пестицида.

Одређивања садржаја **пестицида на бази триазина** у узорцима седимента река у делу слива Велике Мораве, указују да су све измерене вредности биле испод граница квантификације (LOQ).

²¹ Изодрин је органохлорни инсектицид који је коришћен као алтернатива за p,p' DDT и у свету се првенствено користио за контролу маларичних комараца, са нус ефектом на здравље људи утичући на централни нервни систем. Он је изомер алдрина, склон је биоакумулацији, и у животној средини може проћи спору микробну трансформацију у ендрин. Због своје токсичности и потенцијала за биоакумулацију је забрањен и избачен из употребе већини земаља деведесетих година 20. Века (*Handbook of Environmental Fate and Exposure Data: For Organic Chemicals, Volume III, Pesticides*, P.H.Howard, 1991).

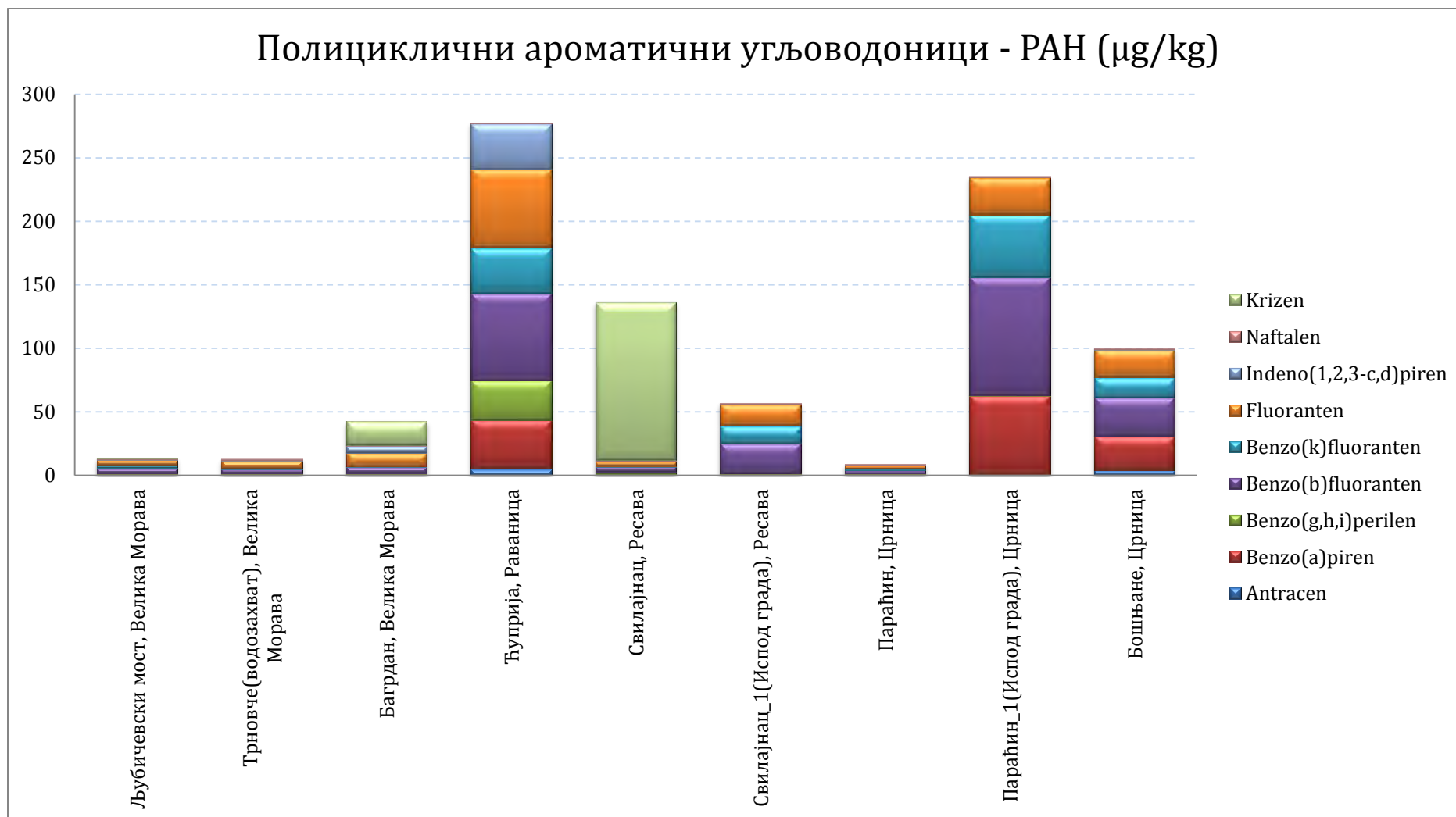


График 4.3.1.5.3. Садржај полицикличних ароматичних једињења (ПАХ) у непосредном сливу Велике Мораве

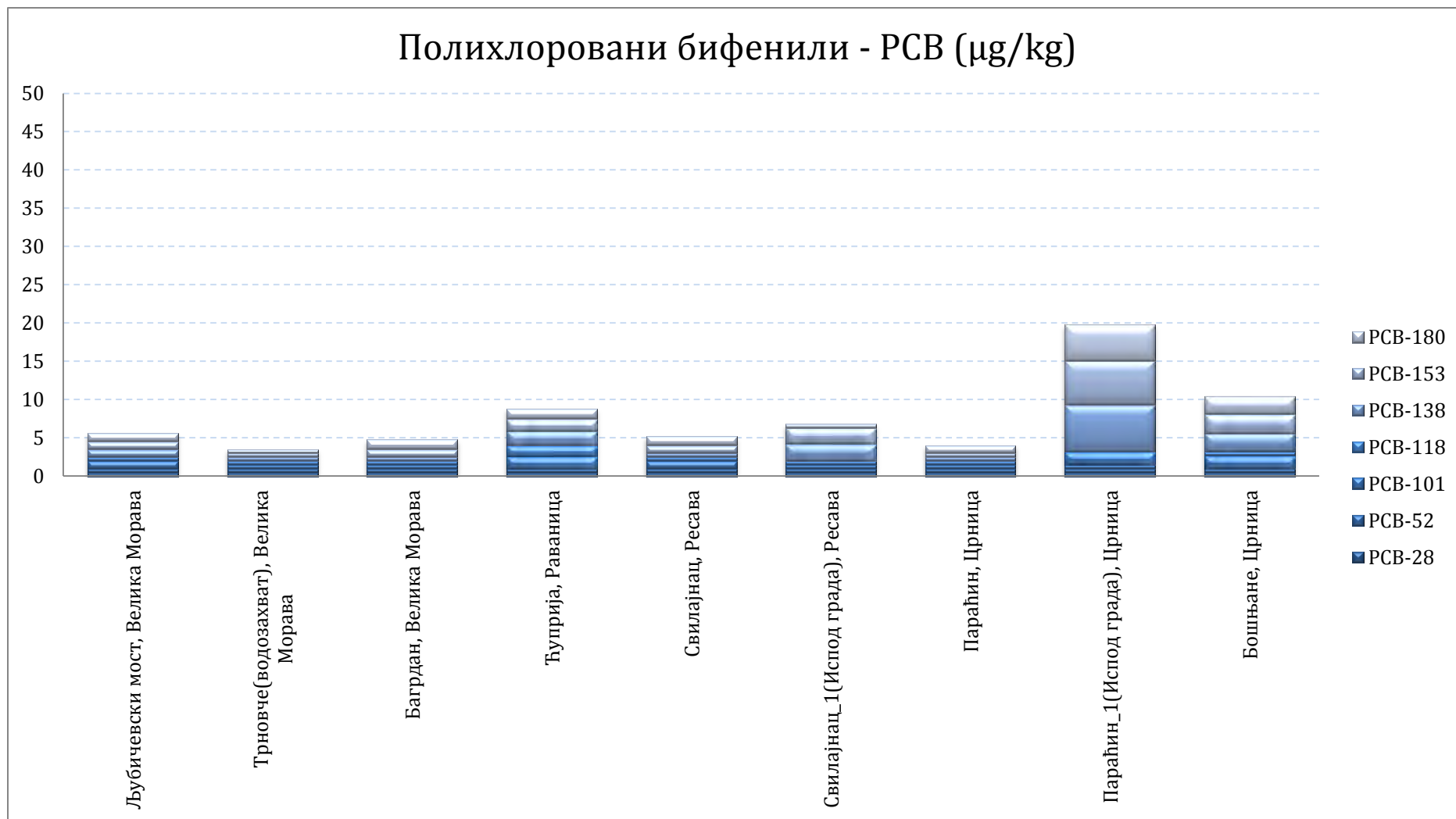


График 4.3.1.5.4. Садржај полихлорованих бифенила (РСВ) у непосредном сливу Велике Мораве

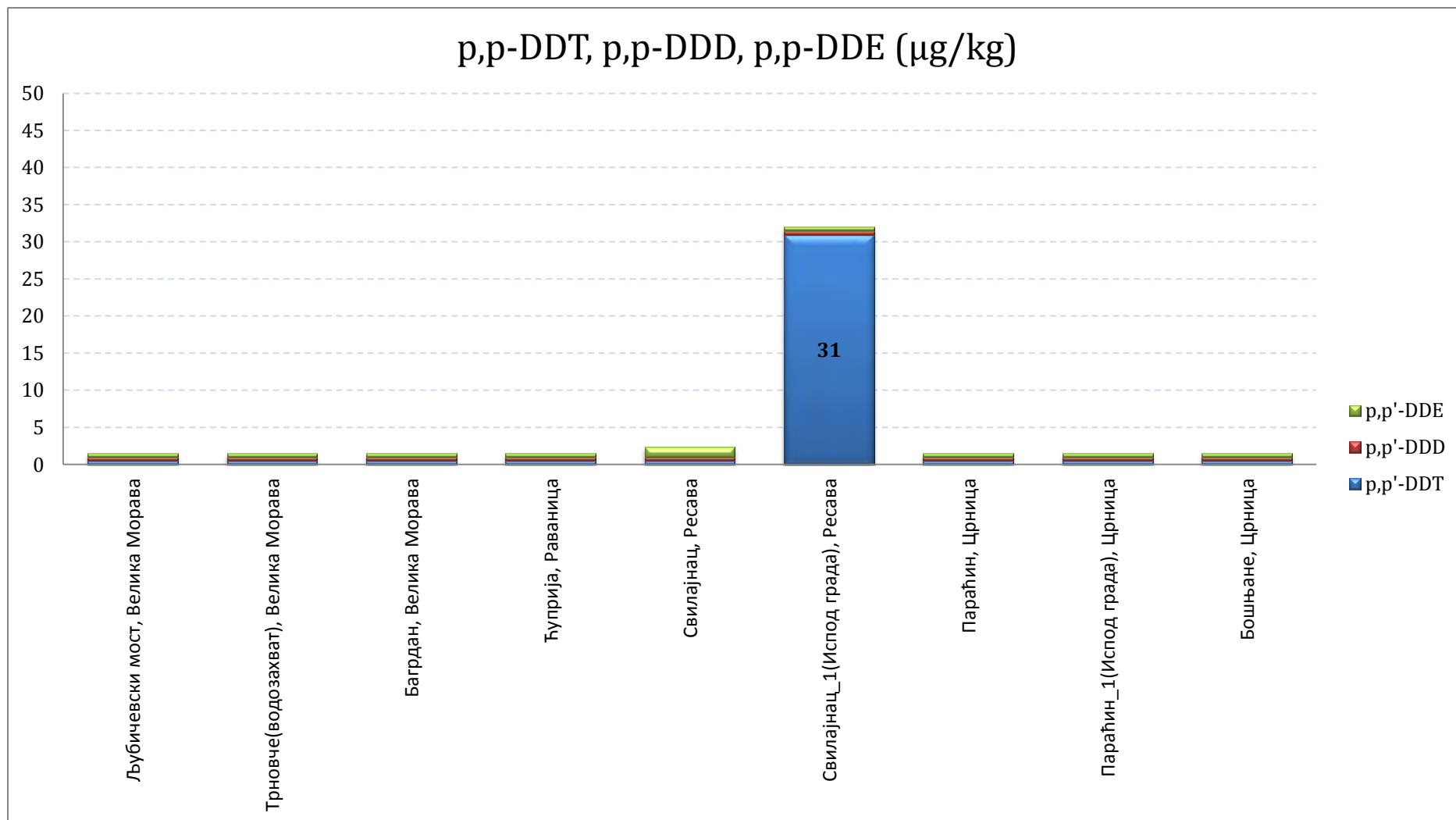


График 4.3.1.5.5. Садржај p,p-DDT, p,p-DDD, p,p-DDE у непосредном сливу Велике Мораве

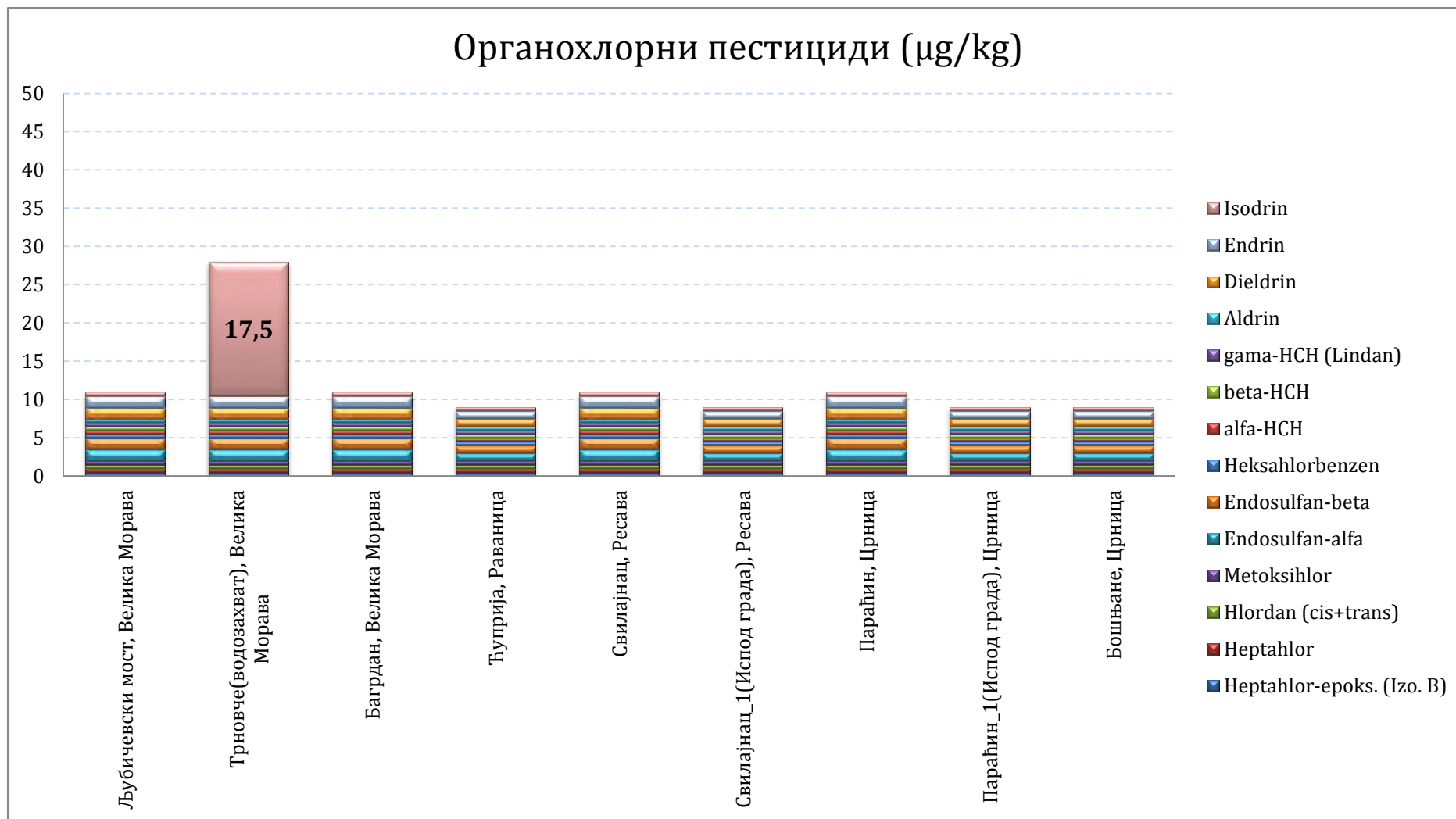
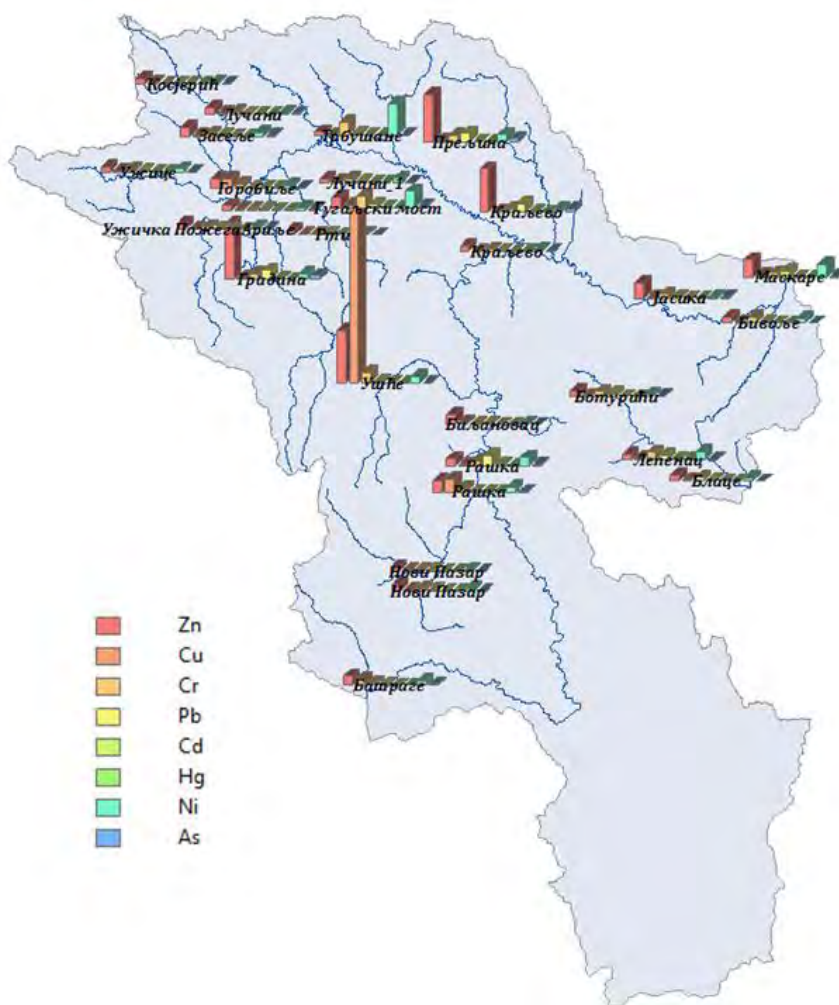


График 4.3.1.5.6. Садржај органохлорних пестицида у непосредном сливу Велике Мораве

4.3.1.6. Реке слива Западне Мораве

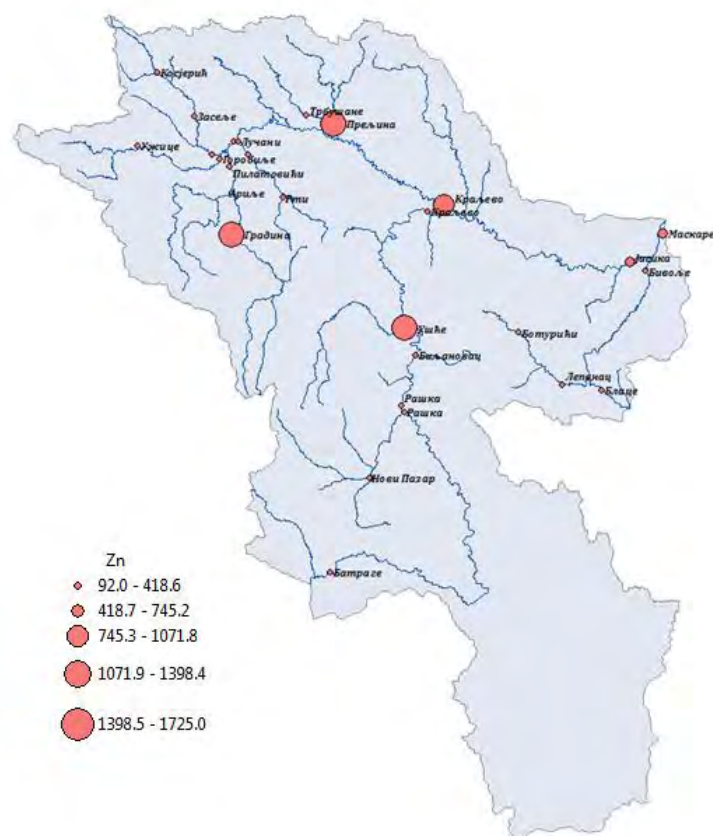
Садржај метала

Мониторинг квалитета седимента река у сливу Западне Мораве извршен је на 29 профила. Просторна расподела профила са хистограмским приказом садржаја метала приказана је на мапи (Слика 4.3.1.6.1.).



Слика 4.3.1.6.1. Просторни приказ положаја профила мониторинга седимента река у сливу Западне Мораве са хистограмским приказом садржаја метала

Измерене концентрације **цинка** у седименту река у сливу Западне Мораве кретале су се у опсегу 92.0-1725.0 mg/kg. Највећа вредност цинка измерена је у узорку седимента реке Моравице, узоркованог на профилу Градина (Слика 4.3.1.6.2.).



Слика 4.3.1.6.2. Просторна расподела садржаја цинка (Zn) у седименту река у сливу Западне Мораве

Садржај цинка у седименту река слива Западне Мораве по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта (PEL)*, *средњи распон ефекта (ERM)*, *ниво озбиљног ефекта (SEL)* и *праг токсичног ефекта (TET)*. Ови критеријуми за граничне вредности указују на *умерен, озбиљан и токсичан* ефекат садржаја цинка на живи свет у води, график 4.3.1.6.1.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај цинка показала је да измерена концентрација у седименту река: Западна Морава на профилу Краљево (1340.0mg/kg), Ибар на профилу Ушће (1635.0mg/kg), Моравица на профилу Градина (17255.0mg/kg) и Чемерница на профилу Прељина (1465.0mg/kg) превазилазе дефинисане граничне вредности за SEL (Zn)=820mg/kg и TET (Zn)=540mg/kg, што указује на *ниво озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај цинка, урађена је и на бази препорука ICPCR-a. На око 48% мерних профила садржај цинка био је већи од циљне граничне вредности (Quality target (Zn)=200mg/kg) (График 4.3.1.6.1.).

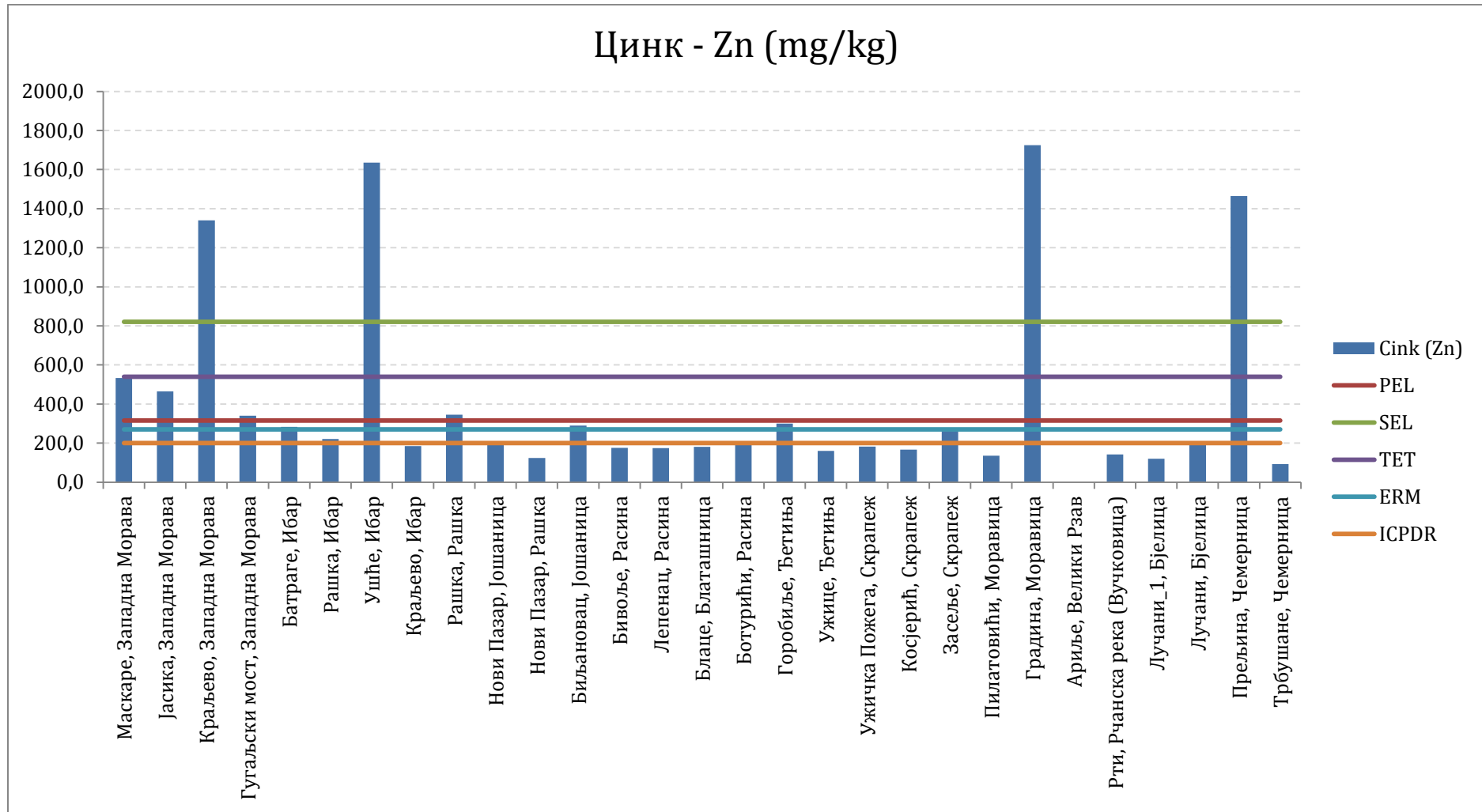


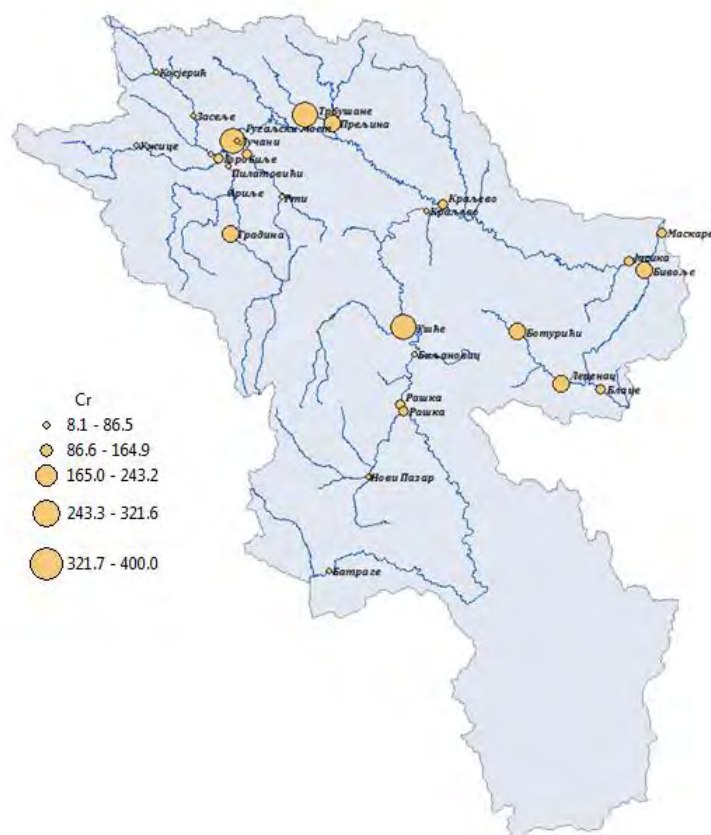
График 4.3.1.6.1. Садржај цинка у седименту река у сливу Западне Мораве у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **бабра** у седименту река у сливу Западне Мораве кретале су се у опсегу 12.5-5398.0 mg/kg. Највећа вредност бабра је измерена у узорку седимента реке Ибар, узоркованог на профилу Ушће.

Процена квалитета седимента у односу на садржај бабра показала је да измерене концентрације у седименту река: Ибар на профилима Ушће (5398.0mg/kg) и Батраге (194.6mg/kg), Рашка на профилу Рашка (390.0mg/kg) и Ђетиња на профилу Горобиље (298.0mg/kg) превазилазе дефинисане граничне вредности за SEL (Cu)=110mg/kg и ТЕТ (Cu)=86mg/kg, што указује на ниво *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај бабра, урађена је и на бази препорука ICPDR-а. На око 24% мерних профила (Маскаре (75.9mg/kg), Гугаљски мост (85.0mg/kg), Батраге (194.6mg/kg), Ушће (5398.0mg/kg), Рашка (390.0mg/kg), Биљановац (63.0mg/kg) и Горобиље (298.0mg/kg)) садржај бабра био је већи од циљне граничне вредности (Quality target (Cu)=60mg/kg).

Измерене концентрације **хрома** у седименту река слива Западне Мораве кретале су се у опсегу 8.0-400.0mg/kg. Највећа вредност хрома регистрована је у узорку седимента реке Чемернице, узоркованог на профилу Трбушане (Слика 4.3.1.6.3.).



Слика 4.3.1.6.3. Просторна расподела садржаја хрома (Cr) у седименту река у сливу Западне Мораве

Садржај хрома у седименту река слива Западне Мораве по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта (PEL), средњи распон ефекта (ERM), ниво озбиљног ефекта (SEL) и праг токсичног ефекта (TET)*. Ови критеријуми за граничне вредности указују на *умерен, озбиљан и токсичан* ефекат садржаја хрома на живи свет у води, график 4.3.1.6.2.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај хрома показала је да измерене концентрације у седиментима река: Западна Морава на профилима Гугаљски мост (365.0mg/kg), Ибар на профилима Рашка (163.7mg/kg) и Ушће (332.0mg/kg), Расина на профилима Бивоље (178.0mg/kg), Лепенац (243.0mg/kg) и Ботурићи (170.0mg/kg), Моравица на профилима Градина (180.0mg/kg), Чемерница на профилима Прељина (212.0mg/kg) и Трбушане (400.0mg/kg) превазилазе приказане дефинисане граничне вредности за PEL (Cr)=90mg/kg, ERM (Cr)=145mg/kg, SEL (Cr)=110 mg/kg и TET (Cr)=100mg/kg), што указује на *ниво вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај хрома, урађена је и према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cr)=100mg/kg). На око 52% мерних профила превазиђена је циљна вредност (График 4.3.1.6.2.).

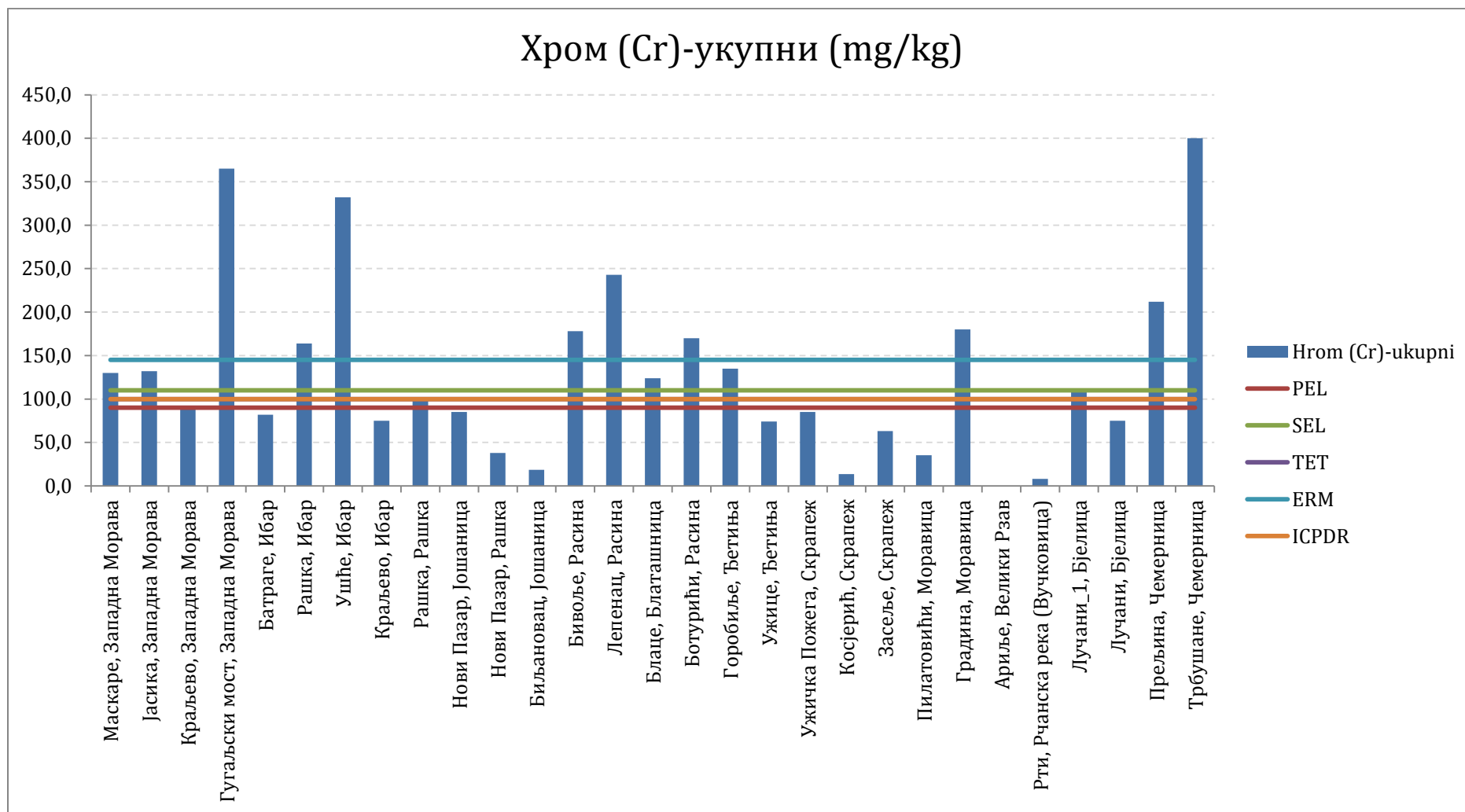
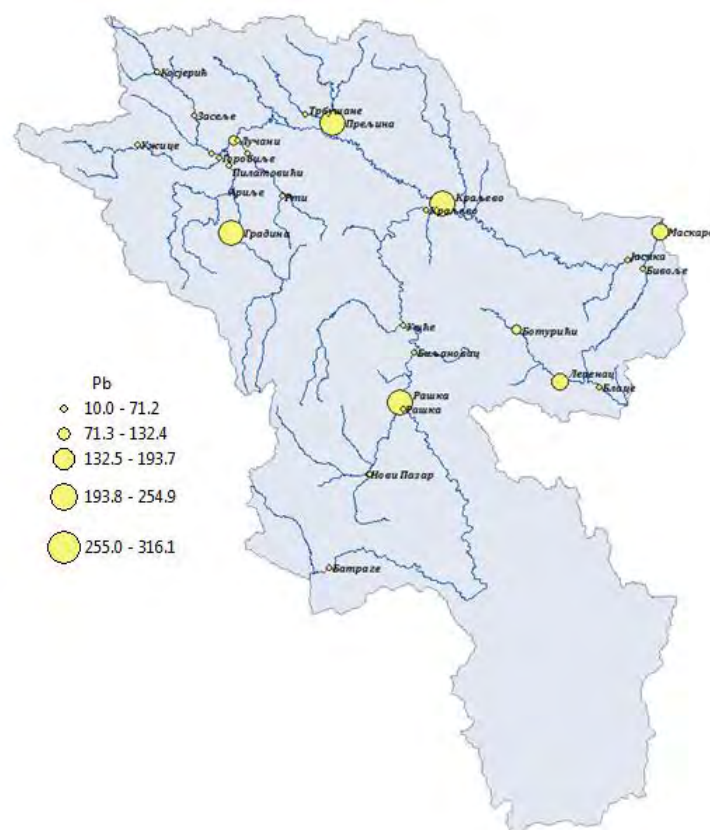


График 4.3.1.6.2. Садржај хрома у седименту река у сливу Западне Мораве у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **олова** у седименту река у сливу Западне Мораве кретале су се у опсегу $20.0-316.1\text{mg/kg}$. Највећа вредност олова регистрована је у узорку седимента реке Ибар, узоркованог на профилу Рашка (Слика 4.3.1.6.4.).



Слика 4.3.1.6.4. Просторна расподела садржаја олова (Pb) у седименту река у сливу Западне Мораве

Садржај олова у седименту река слива Западне Мораве по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта* (PEL), *средњи распон ефекта* (ERM), *ниво озбиљног ефекта* (SEL) и *праг токсичног ефекта* (TET). Ови критеријуми за граничне вредности указују на *умерен*, *озбиљан* и *токсичан* ефекат садржаја олова на живи свет у води, график 4.3.1.6.3.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај олова показала је да измерене концентрације у седиментима река: Западне Мораве на профилу Краљево (258.0mg/kg), Ибар на профилу Рашка (316.1mg/kg), Моравица на профилу Градина (278.0mg/kg) и Чемерница на профилу Прељина (272.0mg/kg) превазилазе дефинисане граничне вредности за SEL (Pb)=250mg/kg и TET (Pb)=170mg/kg, што указује на *ниво озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за олово у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cr)=100mg/kg превазиђена је на око 24% профила (График 4.3.1.6.3.).

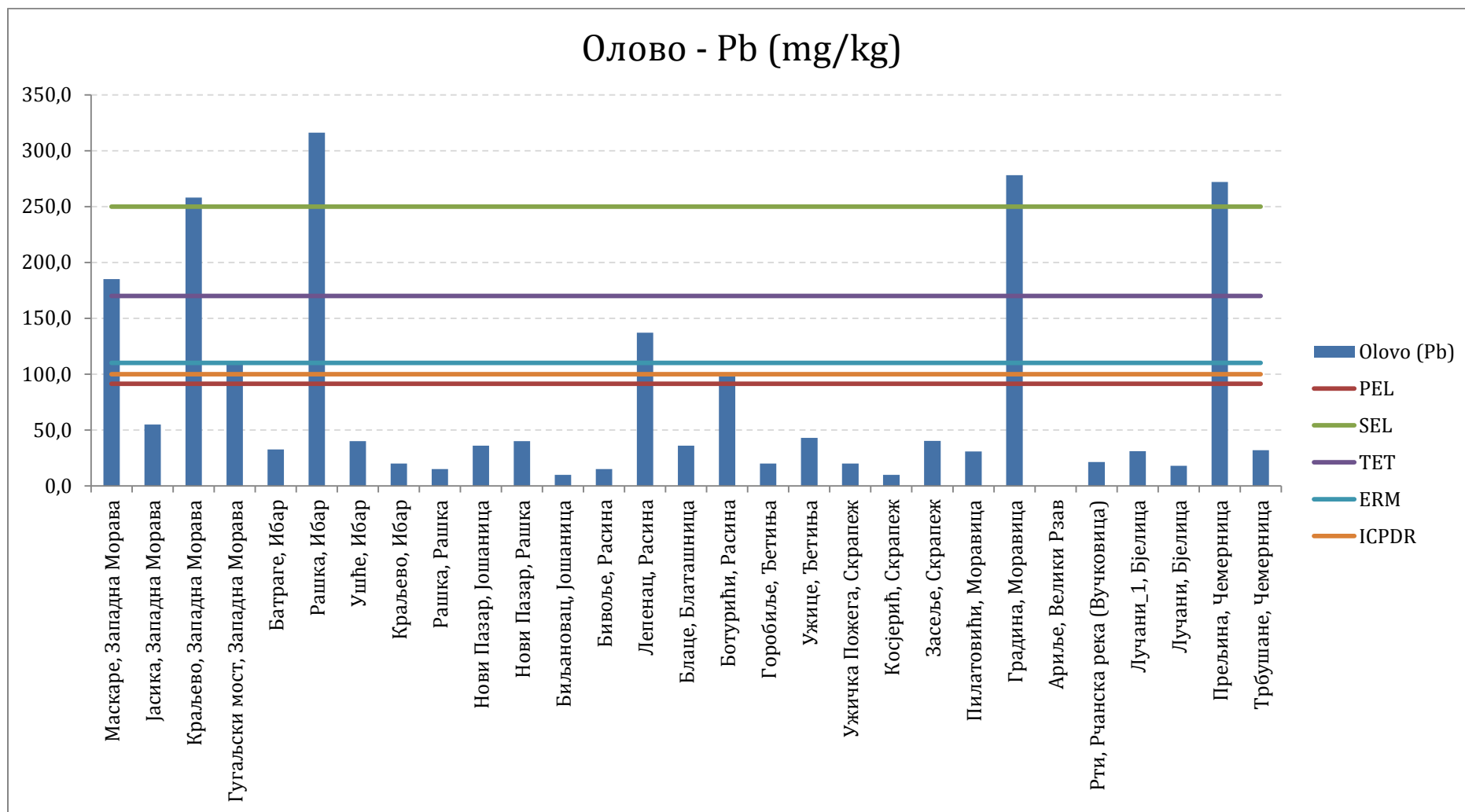
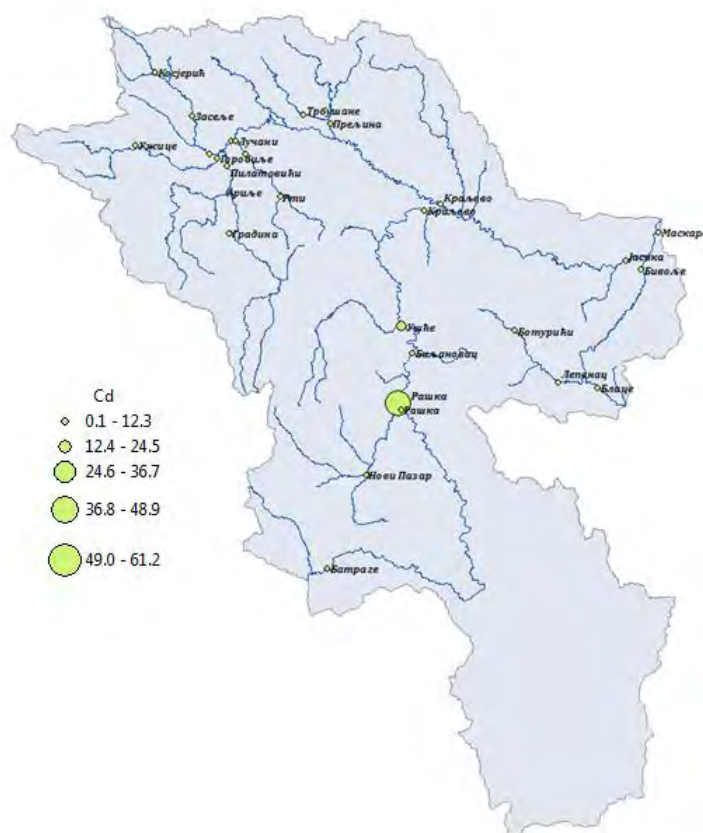


График 4.3.1.6.3. Садржај олова у седименту река у сливу Западне Мораве у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **кадмијума** у седименту река у сливу Западне Мораве кретале су се у опсегу $0.1-61.2\text{mg/kg}$. Највећа вредност кадмијума регистрована је у узорку седимента реке Ибар, узоркованог на профилу Рашка (Слика 4.3.1.6.5.)



Слика 4.3.1.6.5. Просторна расподела садржаја кадмијума (Cd) у седименту река у сливу Западне Мораве

Садржај кадмијума у седименту река слива Западне Мораве по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта (PEL)*, *средњи распон ефекта (ERM)*, *ниво озбиљног ефекта (SEL)* и *праг токсичног ефекта (TET)*. Ови критеријуми за граничне вредности указују на *умерен*, *озбиљан* и *токсичан* ефекат садржаја кадмијума на живи свет у води, график 4.3.1.6.4.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај кадмијума показала је да измерене концентрације у седиментима реке Ибар, на профилима Рашка (61.1mg/kg) и Ушће (13.0mg/kg) превазилазе дефинисане граничне вредности за PEL (Cd)=3.53mg/kg, ERM (Cd)=9mg/kg, SEL (Cd)=10mg/kg и TET (Cd)=3mg/kg, што указује на *ниво вероватног*, *средњег*, *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за кадмијум у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cd)=1.2mg/kg) превазиђена је на око 38% профила (График 4.3.1.6.4.).

Измерене концентрације **живе** у седименту река у сливу Западне Мораве кретале су се у опсегу $0.1-0.6\text{mg/kg}$. Измерена концентрација од (0.6mg/kg) у узорку седимента реке Моравице узоркованог на профилу Градина је већа од *нивоа вероватног ефекта* (PEL (Hg)= 0.486mg/kg), док код свих осталих узорковања није регистровано прекорачење граничних вредности критеријума приказаних у табелама 4.2.2 и 4.2.3.

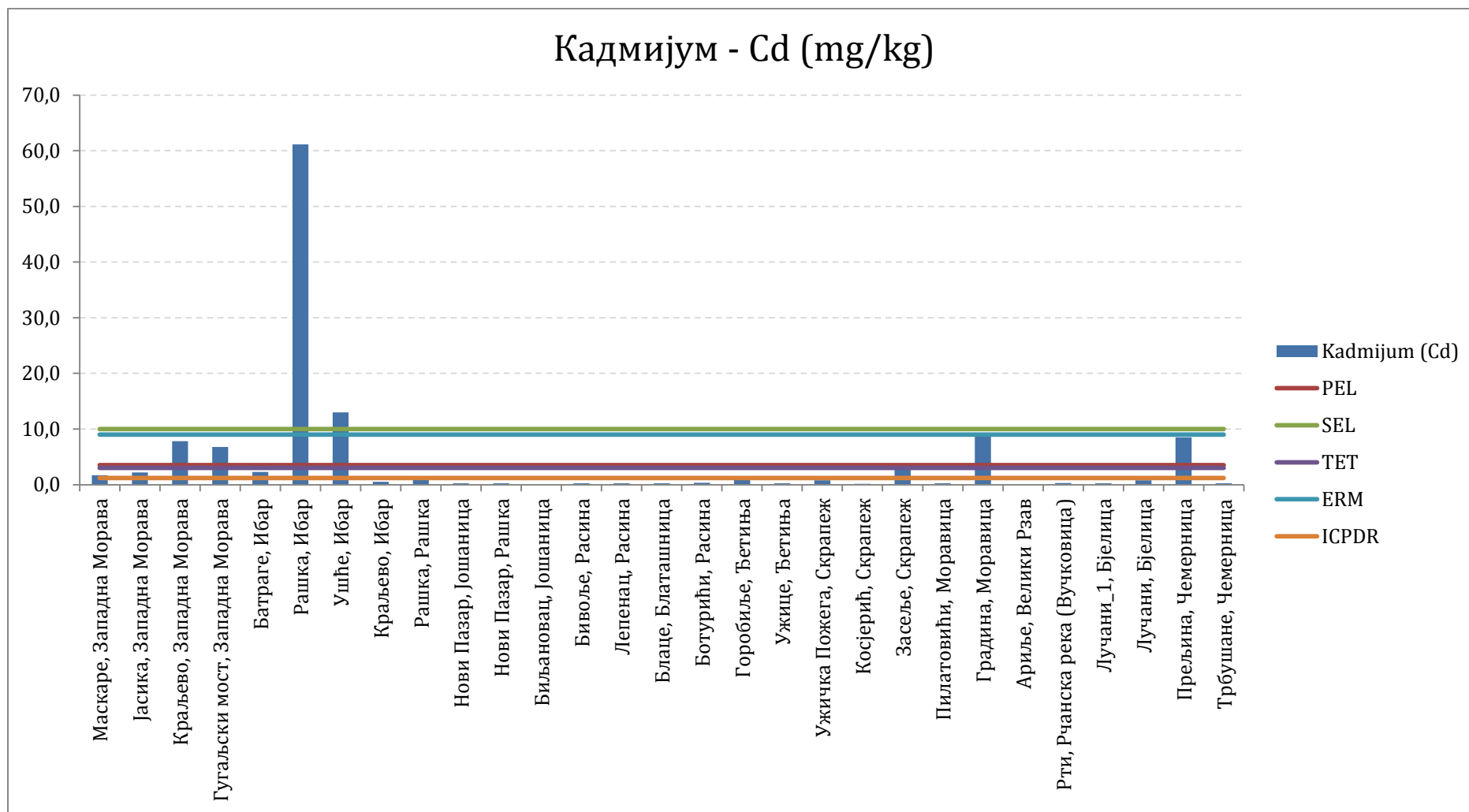
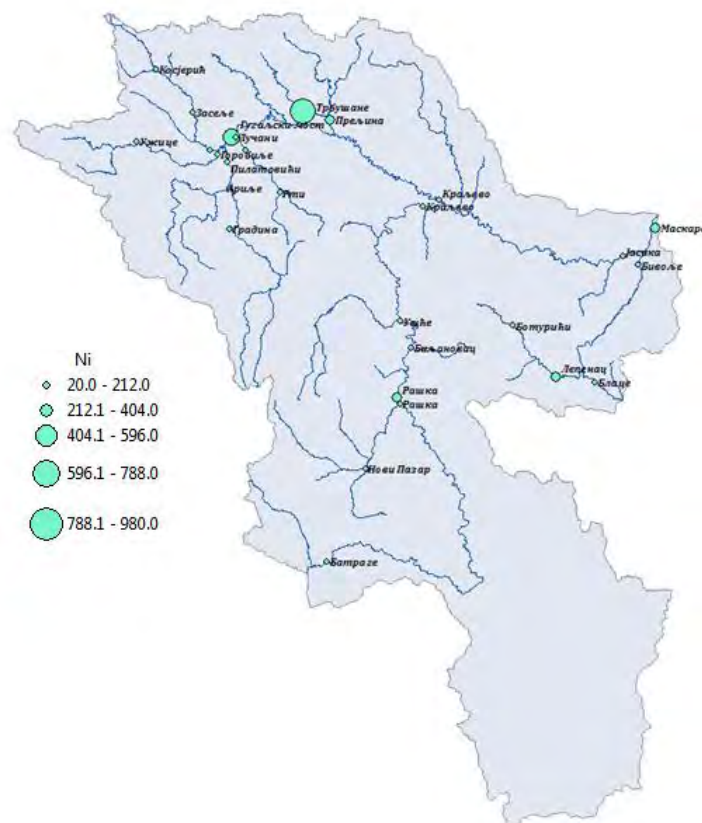


График 4.3.1.6.4. Садржај кадмијума у седименту река у сливу Западне Мораве у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **никла** у седименту река у сливу Западне Мораве кретале су се у опсегу 20.0-980.0mg/kg. Највећа вредност никла регистрована је у узорку седимента реке Чемернице, узоркованог на профилу Трбушане (Слика 4.3.1.6.6.).



Слика 4.3.1.6.6. Просторна расподела садржаја никла (Ni) у седименту река у сливу Западне Мораве

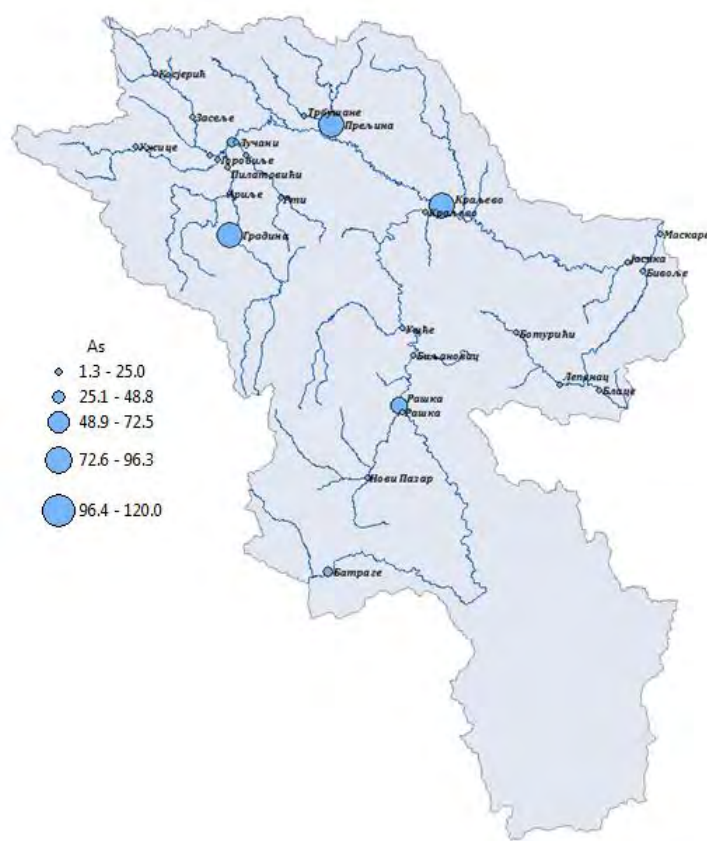
Садржај никла у седименту река слива Западне Мораве по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта* (PEL), *средњи распон ефекта* (ERM), *ниво озбиљног ефекта* (SEL) и *праг токсичног ефекта* (TET). Ови критеријуми за граничне вредности указују на *умерен*, *озбиљан* и *токсичан* ефекат садржаја никла на живи свет у води, график 4.3.1.6.5.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај никла показала је да измерене концентрације у седиментима река: Западне Мораве на профилима Маскаре (400.0mg/kg), Краљево (100.0mg/kg), Гугаљски мост (515.0mg/kg), Ибар на профилима Батраге (127.0mg/kg), Рашка (263.5.0mg/kg) и Ушће (202.0mg/kg), Рашке на профилу Рашка (145.0mg/kg), Расина на профилима Бивоље (155.0mg/kg), Лепенац (248.0mg/kg) и Ботурић (90.0mg/kg), Блаташнице на профилу Блаце (93.0mg/kg), Ђетиње на профилима Горобиље (90.0mg/kg) и Ужице (98.0mg/kg), Скрапеж на профилу Засеље (97.8mg/kg), Моравица на профилу Градина (188.0mg/kg), Бјелица на профилу Лучани_1 (148.0mg/kg) и

Чемернице на профилима Прељина (230.0mg/kg) и Трбушане (980.0mg/kg) превазилазе приказане дефинисане граничне вредности за PEL (Ni)=36mg/kg, ERM (Ni)=50mg/kg, SEL (Ni)=75mg/kg и ТЕТ (Ni)=61mg/kg, што указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај никла, урађена је и на бази препорука ICSPDR-а. На око 79% мерних профила садржај никла био је већи од циљне граничне вредности (Quality target (Ni)=50mg/kg) (График 4.3.1.6.5.).

Измерене концентрације **арсена** у седименту река у сливу Западне Мораве кретале су се у опсегу <2.0-120.0mg/kg. Највећа вредност арсена регистрована је у узорку седимента реке Моравице, узоркованог на профилу Градина (Слика 4.3.1.6.7.).



Слика 4.3.1.6.7. Просторна расподела садржаја арсена (As) у седименту река у сливу Западне Мораве

Садржај арсена у седименту река слива Западне Мораве по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта (PEL), средњи распон ефекта (ERM), ниво озбиљног ефекта (SEL) и праг токсичног ефекта (TET)*. Ови критеријуми за граничне вредности указују на *умерен, озбиљан и токсичан* ефекат садржаја арсена на живи свет у води, график 4.3.1.6.6.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај арсена показала је да измерена концентрација у седименту река: Западне Мораве на профилу Краљево (102.0mg/kg), Моравица на профилу Градина (120.0mg/kg) и Чемернице на профилу Прељина (102.0mg/kg) превазилазе приказане дефинисане граничне вредности за PEL (As)=17mg/kg, ERM (As)=85mg/kg, SEL (As)= 33mg/kg и TET (As)=17mg/kg, што указује на *ниво вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за арсен у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (As)=20mg/kg) превазиђена је на око 31% профила (График 4.3.1.6.6.).



Река Ђетиња на потезу од Турице до Злакусе, Ужице, 2016.

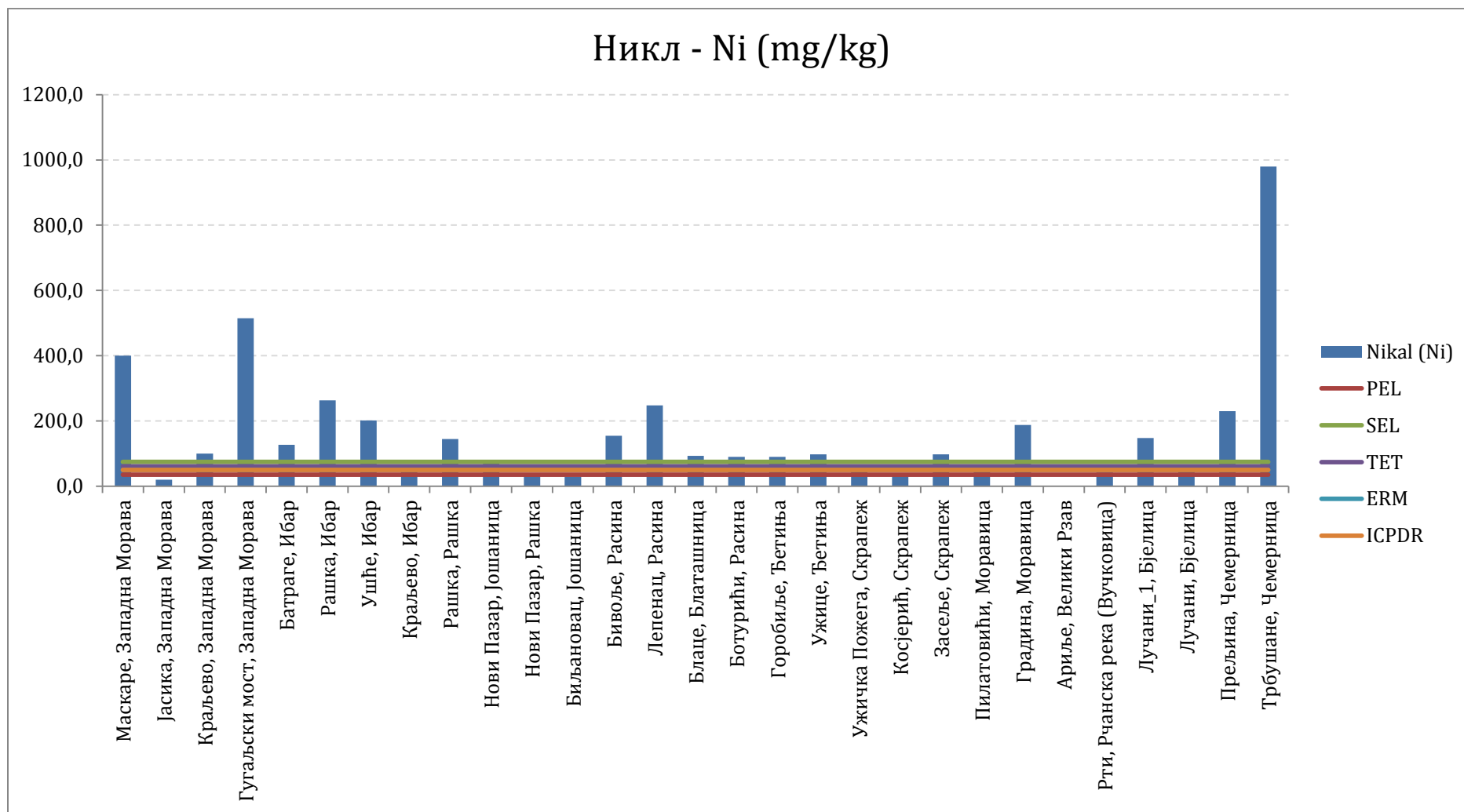


График 4.3.1.6.5. Садржај никла у седименту река у сливу Западне Мораве у односу на критеријуме квалитета

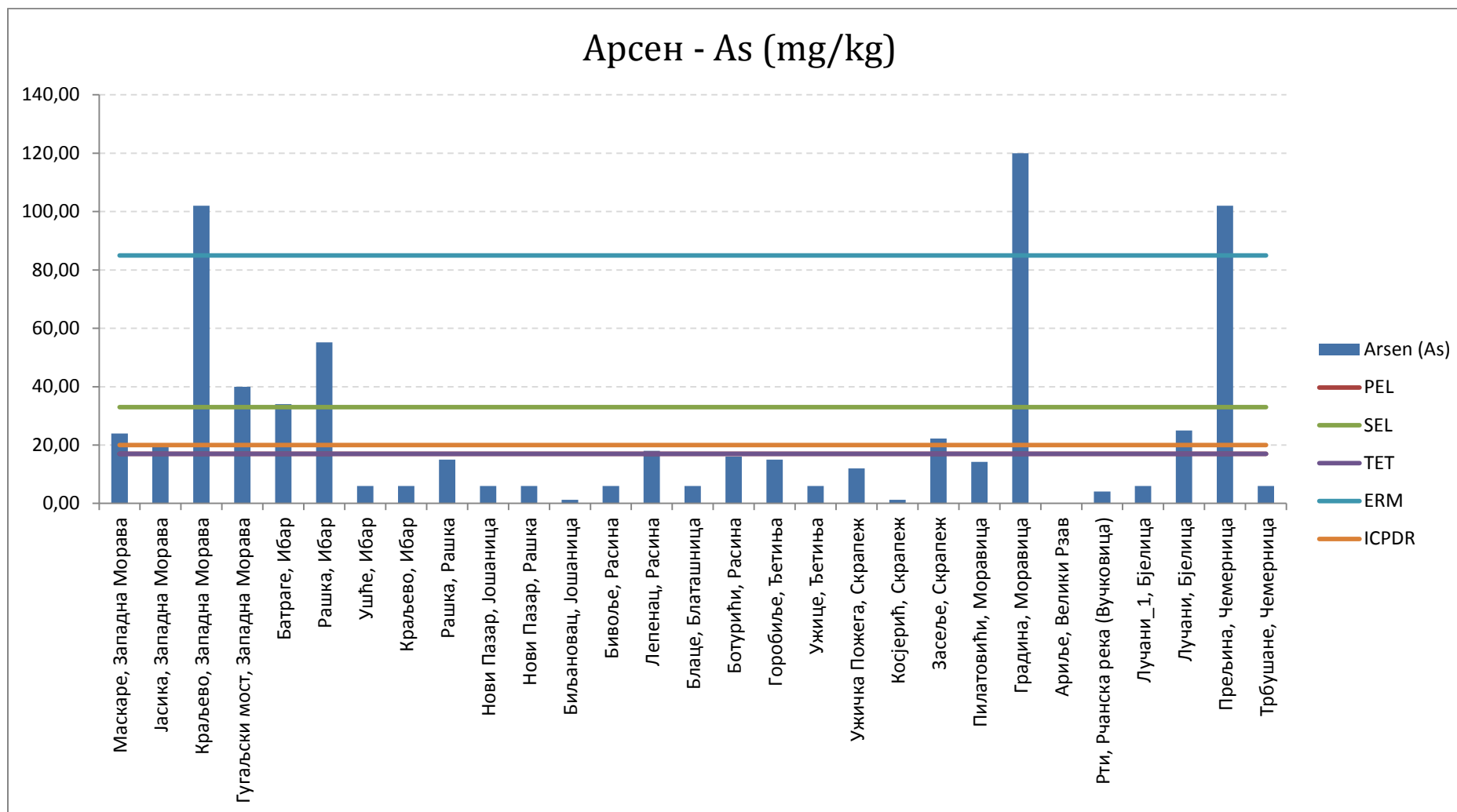


График 4.3.1.6.6. Садржај арсена у седименту река у сливу Западне Мораве у односу на критеријуме квалитета

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (РАН), полихлоровани бифенили (РСВ), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина.

Полициклични ароматични угљоводоници (РАН) су детектовани у већини испитиваних узорака седимента водотока у сливу реке Западне Мораве, у концентрацијама значајно нижим од прописаних граничних вредности. (График 4.3.1.6.7.). Одређене су суме детектованих РАН-ова у свим узорцима, сумарне вредности кретале су се у опсегу од око 4.5µg/kg до 260.6µg/kg. Највећа вредност суме РАН-ова забележена је на профилу Ужице (Ђетиња). Процена квалитета седимента, у односу на суму РАН-ова, указује да су сумарне концентрације у седиментима посматраних река/профила у сливу Западне Мораве, вишеструко ниже од дефинисаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (РАНs)= 8040µg/kg) и *средњи распон ефекта* (ERM (РАНs)=23580µg/kg)(График 4.3.1.6.7.).

Садржај **полихлорованих бифенила** (сума РСВ) у узорцима седимента река у сливу Западне Мораве кретао се у опсегу од око 3.5µg/kg до 22.8 µg/kg, што је знатно испод прописаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (РСВs)=277µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (РСВs)=400µg/kg), *праг токсичног ефекта* (TET (РСВs)=1000µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (РСВs)=5300µg/kg)(График 4.3.1.6.8.).

У узорку седимента са локације Градина-Моравица, детектована је знатна засуљеност РСВ конгенера РСВ 28 који има мали број супституисаних атома хлора у свом молекулу. Извори ових РСВ конгенера су различити од извора конгенера са већим бројем супституисаних атома хлора (најчешће потичу од трансформаторских или кондензаторских уља) и према (Manz *et al.*, 2001) могу бити фабрике за сагоревање „домаћег“/комуналног отпада, депоније смећа, фабрике за прераду/пречишћавање индустријских вода, фабрике за сагоревање уља као отпада, као и широка употреба у пољопривреди (канализација, муљ).

Укупни **DDTs**, односно суме p,p-DDT, p,p-DDD и p,p-DDE у свим испитиваним узорцима су биле испод прописаних граничних вредности *ниво вероватног ефекта* (PEL (DDTs)=4500µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (DDTs)=350µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (DDTs)=120µg/kg)(График 4.3.1.6.9.).

Измерене вредности p,p-DDT у узорцима седимента узоркованих на профилима Маскаре (56.7µg/kg), Нови Пазар-Јошаница (83.2µg/kg), Нови Пазар-Рашка (23.0 µg/kg), Лепенац (81.5µg/kg), Блаце (42.0µg/kg), Ботурићи (30.8µg/kg), Ужице (56.2 µg/kg), Рти (19.6µg/kg), Трбушане (32.0µg/kg) су веће од граничне вредности за *средњи распон ефекта* (ERM (DDT)=7.0µg/kg) (График 4.3.1.6.9.).

Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом (Сл.гласник РС бр. 50/2012), у односу на садржај р,р-DDT на профилима: Маскаре/ Западна Морава (56.7µg/kg), Нови Пазар/Јошаница (83.2µg/kg), Нови Пазар/Рашка (23.0µg/kg), Лепенац/Расина (81.5µg/kg), Блаце/Блаташница (42.0µg/kg), Ботурићи/Расина (30.8µg/kg), Ужице/Ђетиња (56.2µg/kg), Рти/Рчанска река (Вучковица) (19.6µg/kg) и Трбушане/Чемерница (32.0µg/kg) указује на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК (р,р-DDT)=9µg/kg) је коригована у зависности од садржаја органске материје у посматраним узорцима. Кориговане граничне вредности, срачунате применом корекционе формуле, износиле су за профиле: Маскаре - ГВк =14.94µg/kg, Нови Пазар/Јошаница - ГВк =7.39µg/kg, Нови Пазар/Рашка - ГВк =7.39µg/kg, Лепенац - ГВк =13.0µg/kg, Блаце - ГВк =12.69µg/kg, Ботурићи - ГВк =14.31µg/kg, Ужице - ГВк =12.16µg/kg, Рти - ГВк =7.70µg/kg и Трбушане - ГВк =10.48µg/kg.

Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом (Сл.гласник РС бр. 50/2012), у односу на садржај р,р-DDD на профилима Лепенац/Расина (8.1µg/kg) и Рти/Рчанска река (Вучковица) (16.9µg/kg) указује на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК (р,р-DDD)=2µg/kg) је коригована у зависности од садржаја органске материје у посматраним узорцима. Кориговане граничне вредности, срачунате применом корекционе формуле, износиле су за профиле: Лепенац- ГВк =2.89µg/kg и Рти- ГВк =1.71µg/kg.

Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом (Сл.гласник РС бр. 50/2012), у односу на садржај р,р-DDE на профилима: Маскаре/ Западна Морава (3.3µg/kg), Бивоље/ Расина(3.2µg/kg), Лепенац/Расина (9.0µg/kg), Рти/Рчанска река (Вучковица) (5.9µg/kg) и Трбушане/Чемерница (3.0µg/kg) указује на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК(р,р-DDE)=1µg/kg) је коригована у зависности од садржаја органске материје у посматраним узорцима. Кориговане граничне вредности, срачунате применом корекционе формуле, износиле су за профилиле: Маскаре- ГВк =1.66µg/kg, Бивоље- ГВк =0.97µg/kg, Лепенац- ГВк =1.44µg/kg, Рти- ГВк =0.86µg/kg и Трбушане- ГВк =1.16µg/kg.

Овако велики број узорака са високим садржајем р,р' DDT у односу на његове деградационе производе, као и изузетно високи дијагностички односи DDT/(DDE+DDD) наводи на закључак да је у области слива Западне Мораве у новије/скорије време у пољопривредној пракси чешће примењиван овај органохлорни пестицид (коришћење старих залиха). Нешто нижи однос, због веће заступљености деградационог производа р,р' DDD, детектован је у узорку седимента са локације Рти-Рчанска река (Вучковица) које може указивати на већу „старост“ загађења у односу на остале поменуте локације.

Анализом појединачних **органохлорних пестицида** (График 4.3.1.6.1.0) у узорцима седимента река у сливу Западне Мораве измерене су повишене концентрације: изодрина 144.2.µg/kg (Ужице/Ђетиња) и β-НСН 12.9.µg/kg(Ботурићи/Расина). Измерена концентрације γНСН²² 14.9µg/kg у узорку седимента реке Расине узоркованог на профилу Лепенац превазилазила је граничне вредности *праг токсичног ефекта* (ТЕТ (Lindan)= 9µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (Lindan)=10µg/kg). Висока концентрација γНСН у седименту Лепенац-Расина указује на вероватну употребу „Линдана“.

Одређивања садржаја **пестицида на бази триазина** у узорцима седимента река у сливу Западне Мораве, указују да су све измерене вредности биле испод граница квантификације (LOQ), осим вредности ацетохлора²³ (50.5µg/kg) идентификованог у узорку седимента узоркованог на профилу Нови Пазар (Јошаница)(График 4.3.1.6.11.).

²² Хексахлороциклохексан (НСН) је органохлорни пестицид који се јавља у четири изомерна облика- α НСН, β НСН, γ НСН и δ 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% α НСН, 5-12% β НСН, 10-15% γ НСН, 6'-10% δ НСН. „Линдан“ садржи преко 90% γ НСН. Од свих НСН изомера, β облик је најмање растворан у води и има нијнији притисак паре, што га чини најстабилнијим и релативно отпорним на микробиолошку деградацију. Такође, у животној средини је енергетски много повољнија изомеризација α облика у β, као и γ облика (преко α облика) у стабилан β облик. На тај начин се може установити старост загађења неког седимента овим ОСРовима – уколико је доминантан β облик у седименту, то значи да није било скоријих загађења овим пестицидима. То је случај са узорком седимента Ботурђин-Расина.

²³ Ацетохлор припада групи ацетанилидних хербицида. У ЕУ је забрањена је употреба овог хербицида, али је у широкој употреби у другим деловима света. Умерено је растворан у води и врло испарљив. Може бити врло перзистентан у акватичним системима, под одређеним условима. Има велику токсичност за сисаре али и низак потенцијал за биоакумулацију. Поседује мутагена својства - може изазвати нежељене ефекте приликом репродукције и развоја. (PPDB: Pesticides Properties DataBase, University of Hertfordshire

<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/12.htm>)

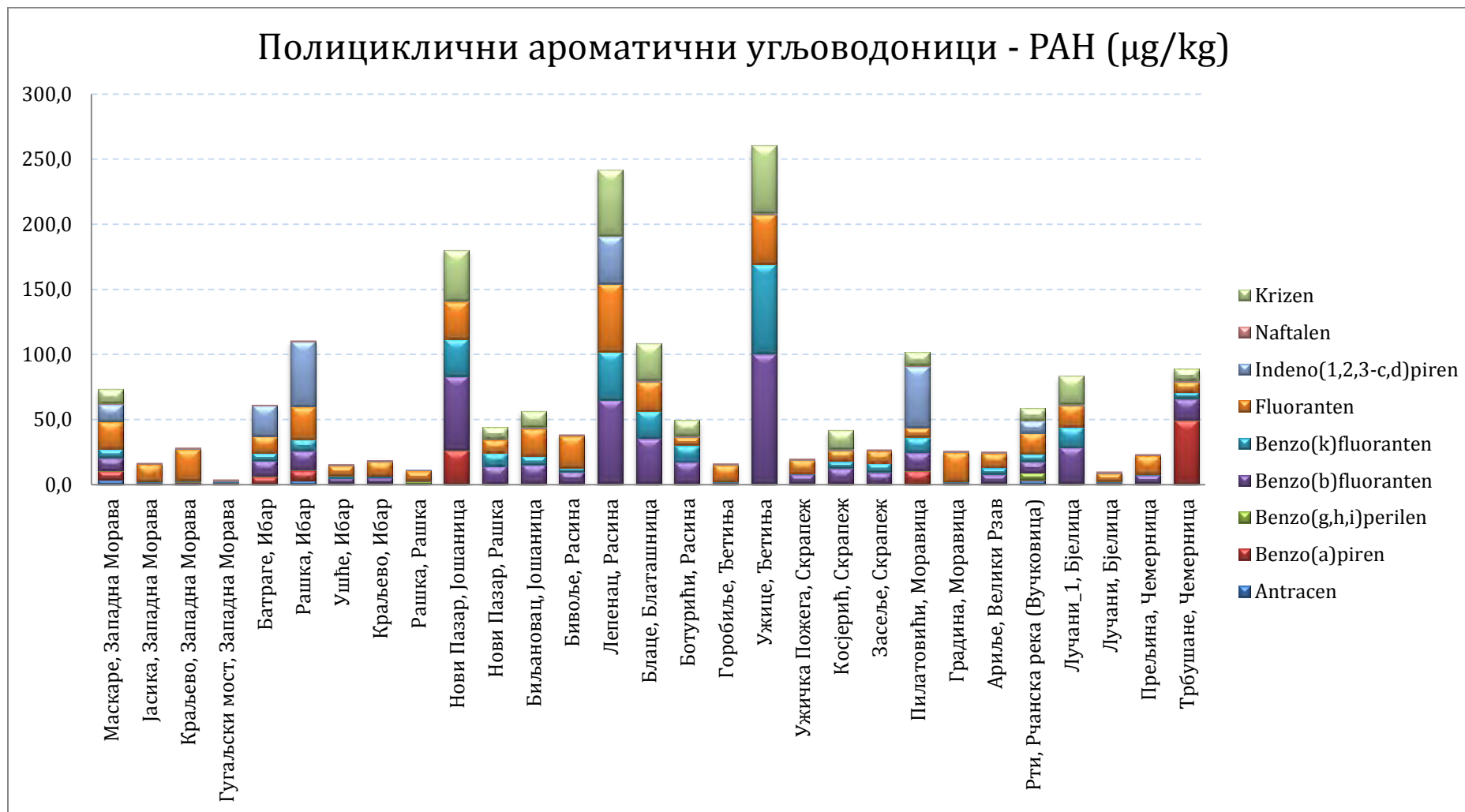


График 4.3.1.6.7. Садржај полицикличних ароматичних једињења (ПАХ) у седименту река у сливу Западне Мораве

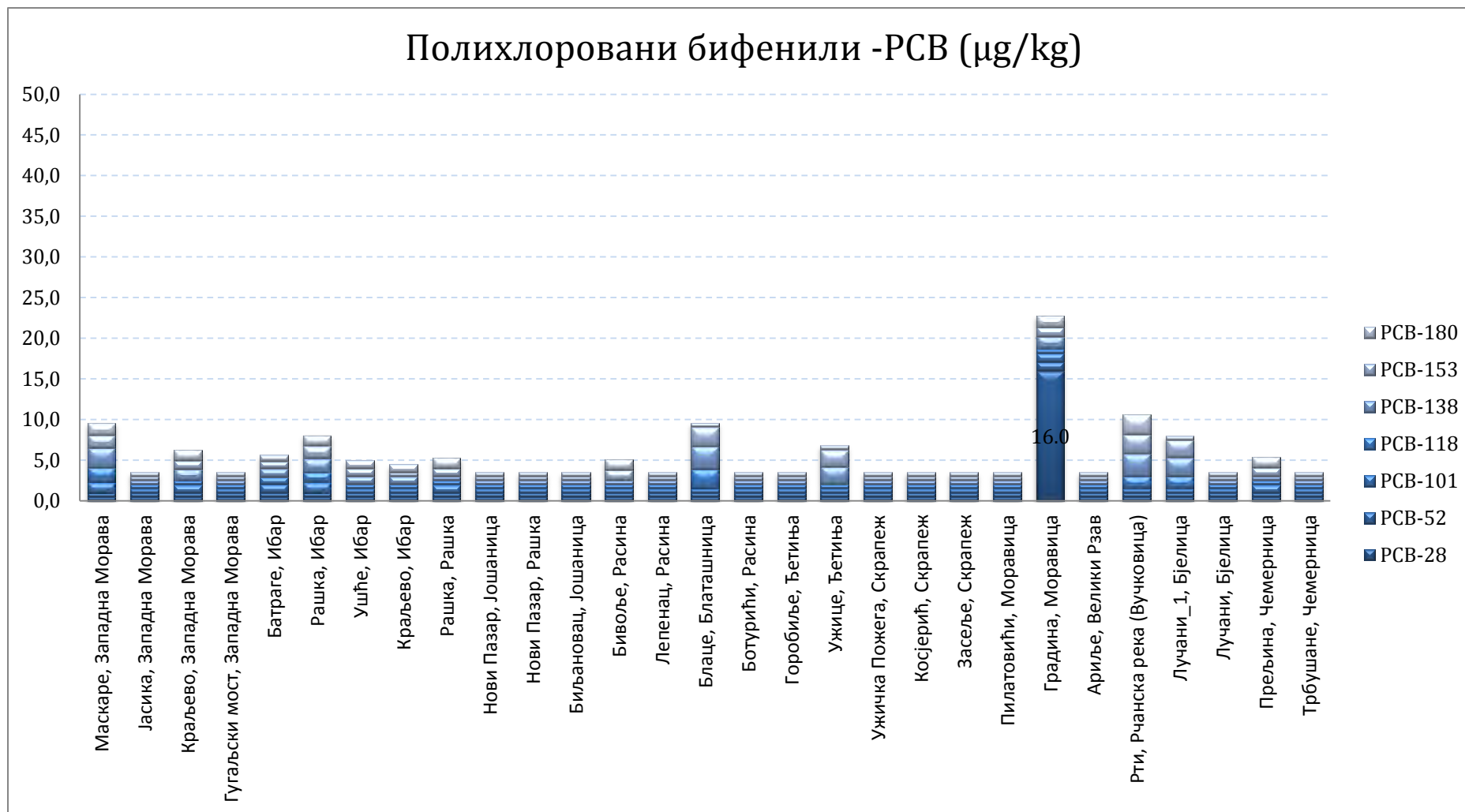


График 4.3.1.6.8. Садржај полихлорованих бифенила (PCB) у седименту река у сливу Западне Мораве

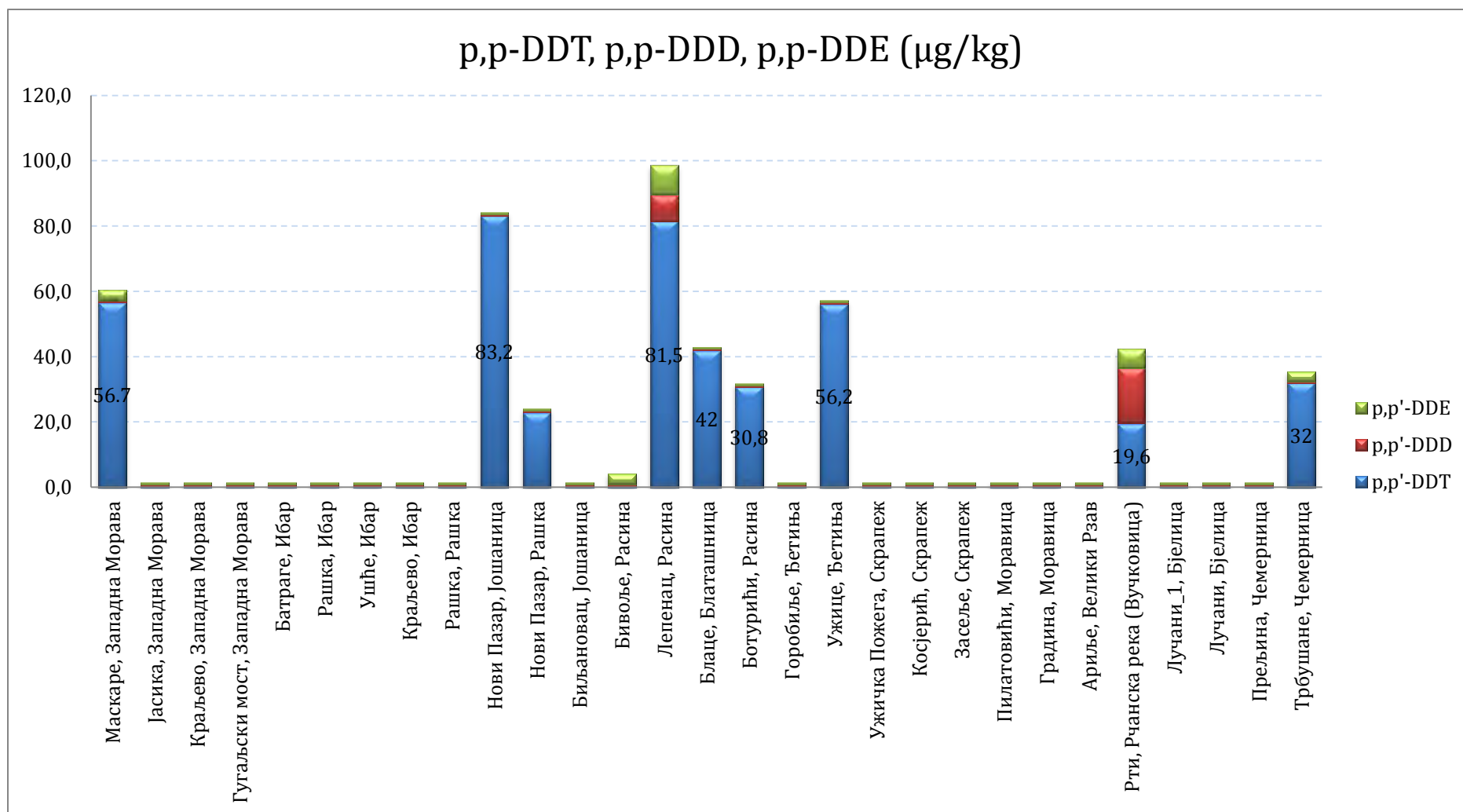


График 4.3.1.6.9. Садржај p,p-DDT, p,p-DDD, p,p-DDE у седименту река у сливу Западне Мораве

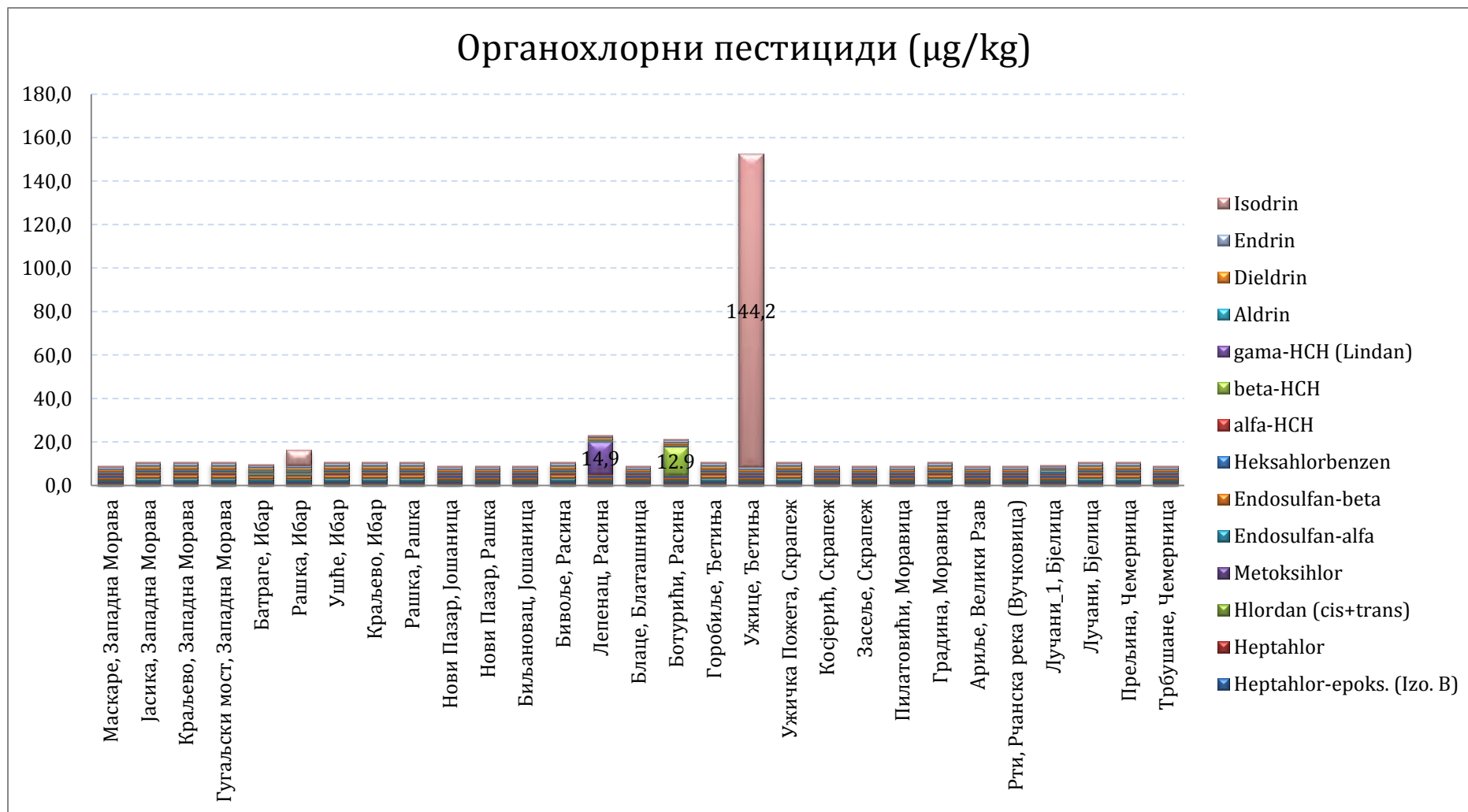


График 4.3.1.6.10. Садржај органохлорних пестицида у седименту река у сливу Западне Мораве

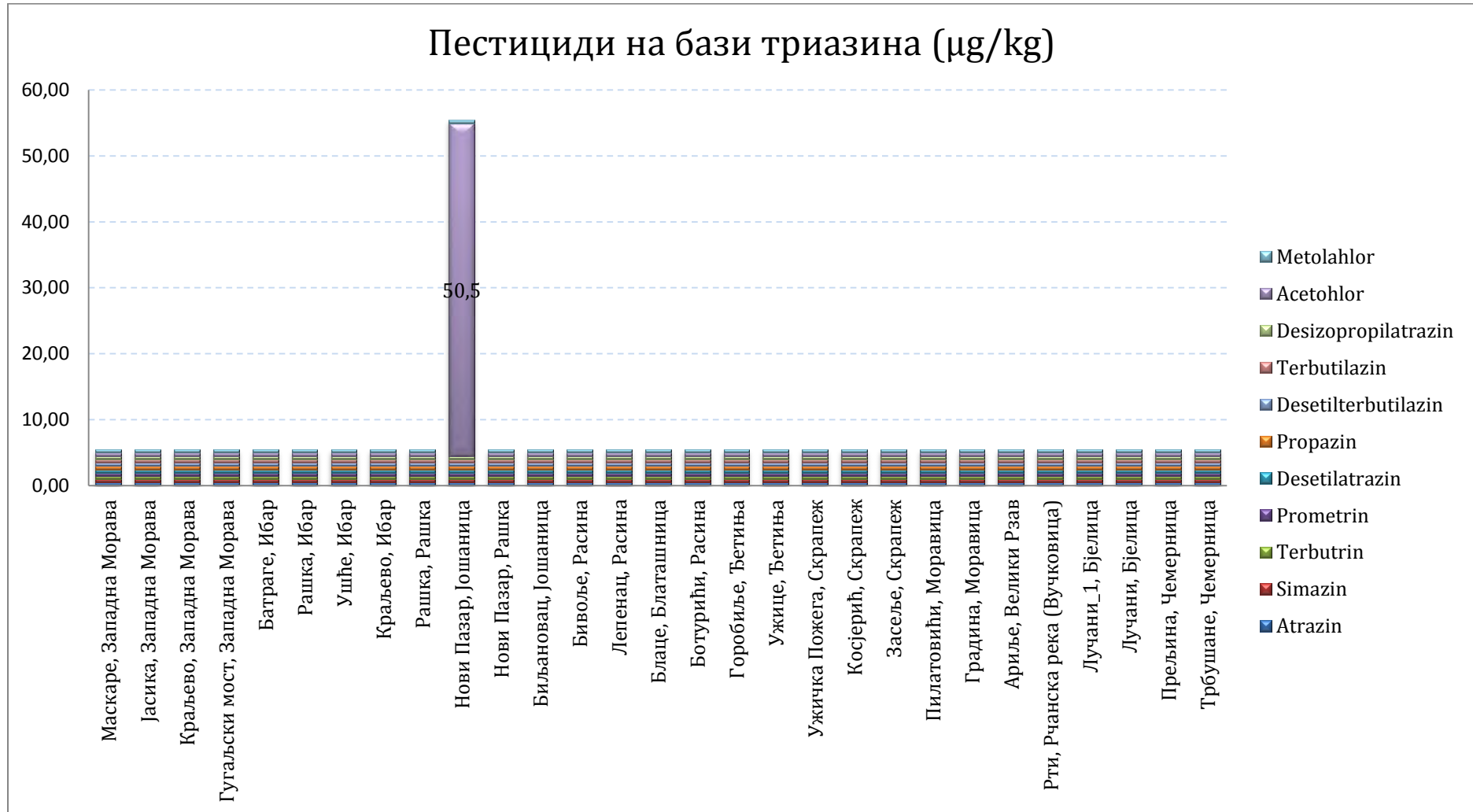
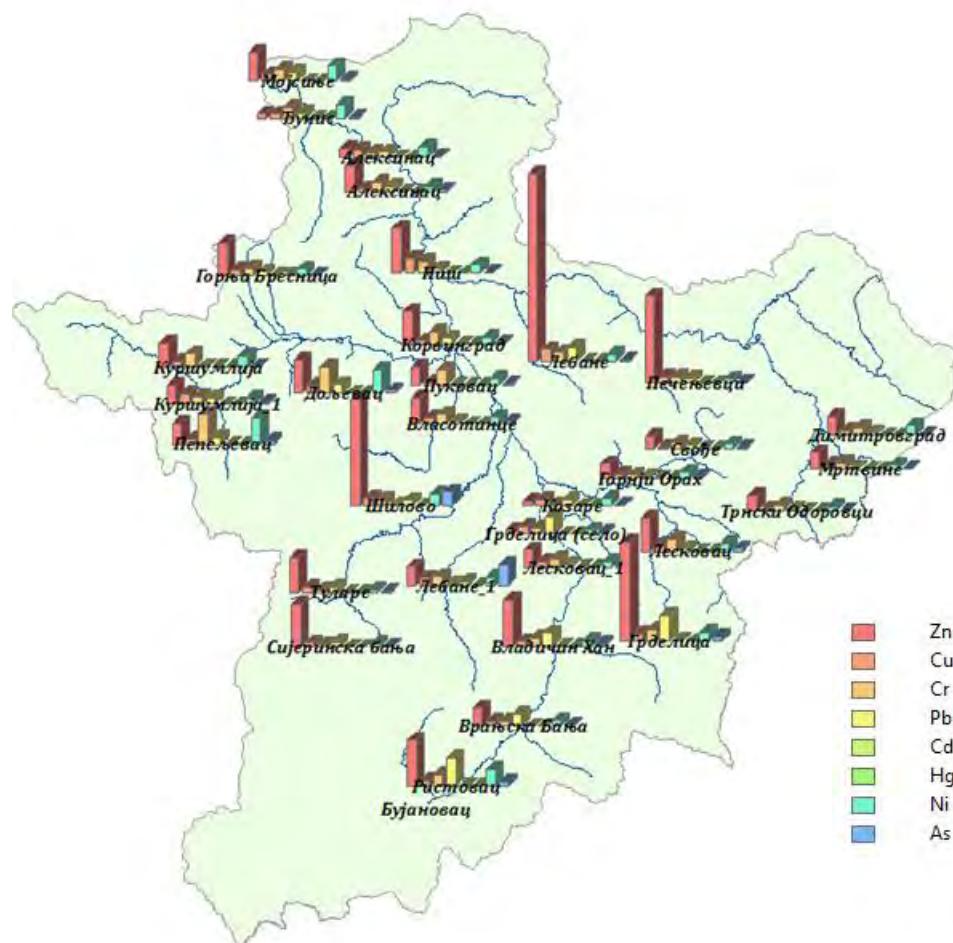


График 4.3.1.6.11. Садржај пестицида на бази триазина у седименту река у сливу Западне Мораве

4.3.1.7. Реке слива Јужне Мораве

Садржај метала

Мониторинг квалитета седимента река у сливу Јужне Мораве извршен је на 33 профила. Просторна расподела профила са хистограмским приказом садржаја метала приказана је на мапи (Слика 4.3.1.7.1.).



Слика 4.3.1.7.1. Просторни приказ положаја профила мониторинга седимента у сливу Јужне Мораве са хистограмским приказом садржаја метала

Измерене концентрације **цинка** у седименту река у сливу Јужне Мораве кретале су се у опсегу 30.0-1356.0mg/kg. Највећа вредност цинка измерена је у узорку седимента реке Јабланице, узоркованог на профилу Лебана (Слика 4.3.1.7.2.)

Садржај цинка у седименту река слива Јужне Мораве по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта (PEL), средњи распон ефекта (ERM), ниво озбиљног ефекта (SEL) и праг токсичног ефекта (TET)*. Ови критеријуми за граничне

вредности указују на умерен, озбиљан и токсичан ефекат садржаја цинка на живи свет у води, график 4.3.1.7.1.



Слика 4.3.1.7.2. Просторна расподела садржаја цинка (Zn) у седменту река у сливу Јужне Мораве

Процена квалитета седимента, у односу на садржај цинка показала је да измерена концентрација у седменту реке Јабланице, на профилу Лебане (1356.0mg/kg), превазилази дефинисане граничне вредности за SEL (Zn)=820mg/kg и ТЕТ (Zn)=540mg/kg, што указује на ниво *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај цинка, урађена је и на бази препорука ICPDR-а. На око 46% мерних профила садржај цинка био већи од циљне граничне вредности (Quality target (Zn)=200mg/kg) (График 4.3.1.7.1.)

Измерене концентрације **бакра** у седменту река у сливу Јужне Мораве, кретале су се у опсегу 13.0-110.0mg/kg. Највећа вредност бакра је измерена у узорку седимента реке Нишаве, узоркованог на профилу Ниш.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај бакра показала је да су измерене концентрације у седменту реке Нишаве на профилу Ниш (110.0mg/kg) и реке Јабланице на профилу Лебане (87.0mg/kg), превазилазе дефинисане граничне вредности за ТЕТ (Cu)=86mg/kg и указује на *токсични* ефекат на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај бакра, урађена је и на бази препорука ИСПДР-а. На три мерна профила (Ниш, Куршумлија_1 и Лебане) садржај бакра био је већи од циљне граничне вредности (Quality target (Cu)=60mg/kg).



Чишћење корита Градашничке реке, Пирот, 2017.

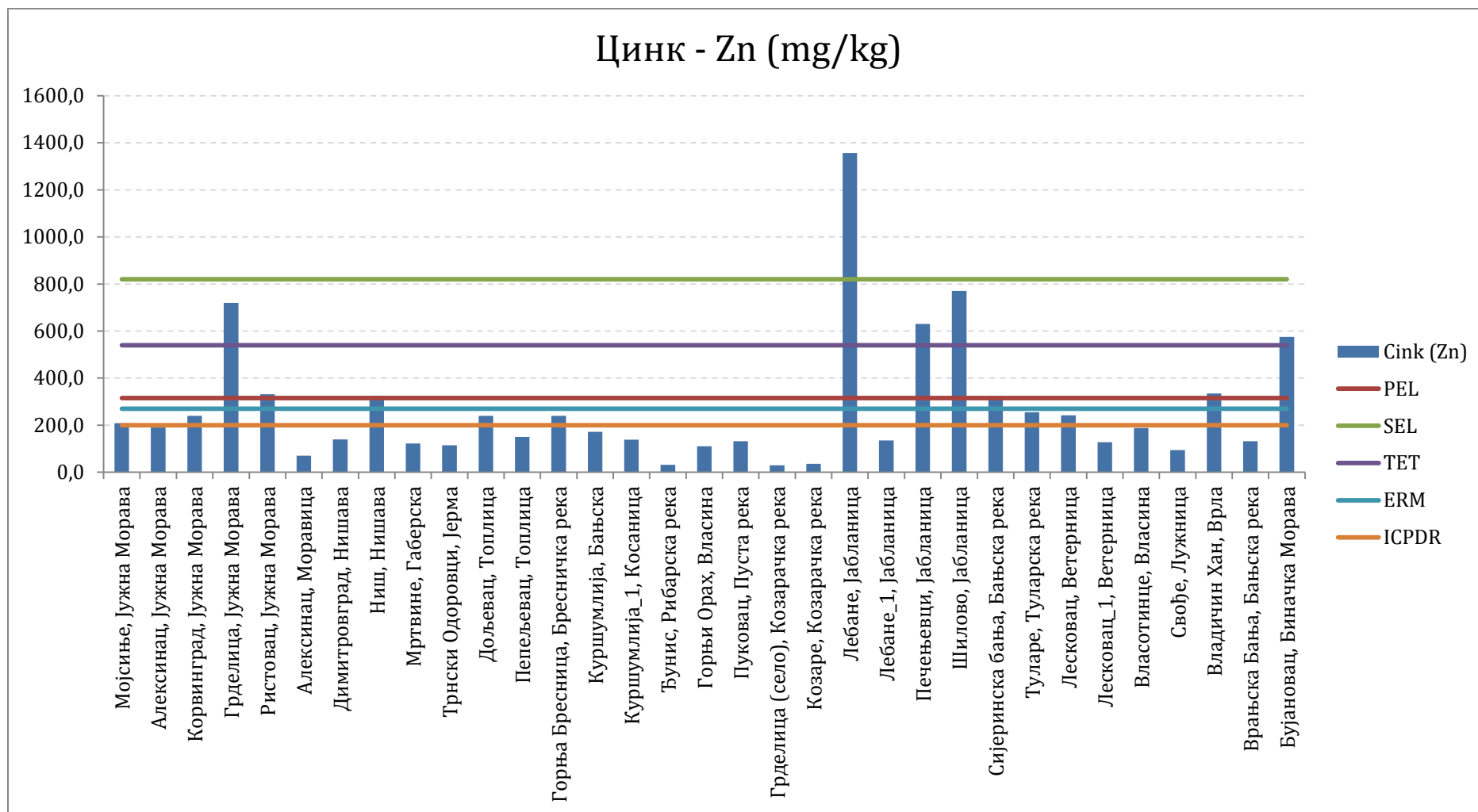


График 4.3.1.7.1. Садржај цинка у седименту река у сливу Јужне Мораве у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **хрома** у седименту река у сливу Јужне Мораве кретале су се у опсегу 7.0-215.0mg/kg. Највећа вредност хрома регистрована је у узорку седимента реке Топлице, узоркованог на профилу Пепељевац (Слика 4.3.1.7.3.).



Слика 4.3.1.7.3. Просторна расподела садржаја хрома (Cr) у седименту у река у сливу Јужне Мораве

Садржај хрома у седименту река слива Јужне Мораве по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта (PEL), средњи распон ефекта (ERM), ниво озбиљног ефекта (SEL) и праг токсичног ефекта (TET)*. Ови критеријуми за граничне вредности указују на *умерен, озбиљан и токсичан* ефекат садржаја хрома на живи свет у води, график 4.3.1.7.2.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај хрома показала је да измерене концентрације у седиментима реке Топлице на профилима Дољевац (190.0mg/kg) и Пепељевац (215.0mg/kg), превазилазе приказане дефинисане граничне вредности за PEL (Cr)=90mg/kg, ERM (Cr)=145mg/kg, SEL (Cr)= 110mg/kg и TET (Cr)=100mg/kg, што указује на *ниво вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за хром у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cr)=100mg/kg) превазиђена је на три мерна профила (Дољевац, Пепељевац и Пуковац)(График 4.3.1.7.2).

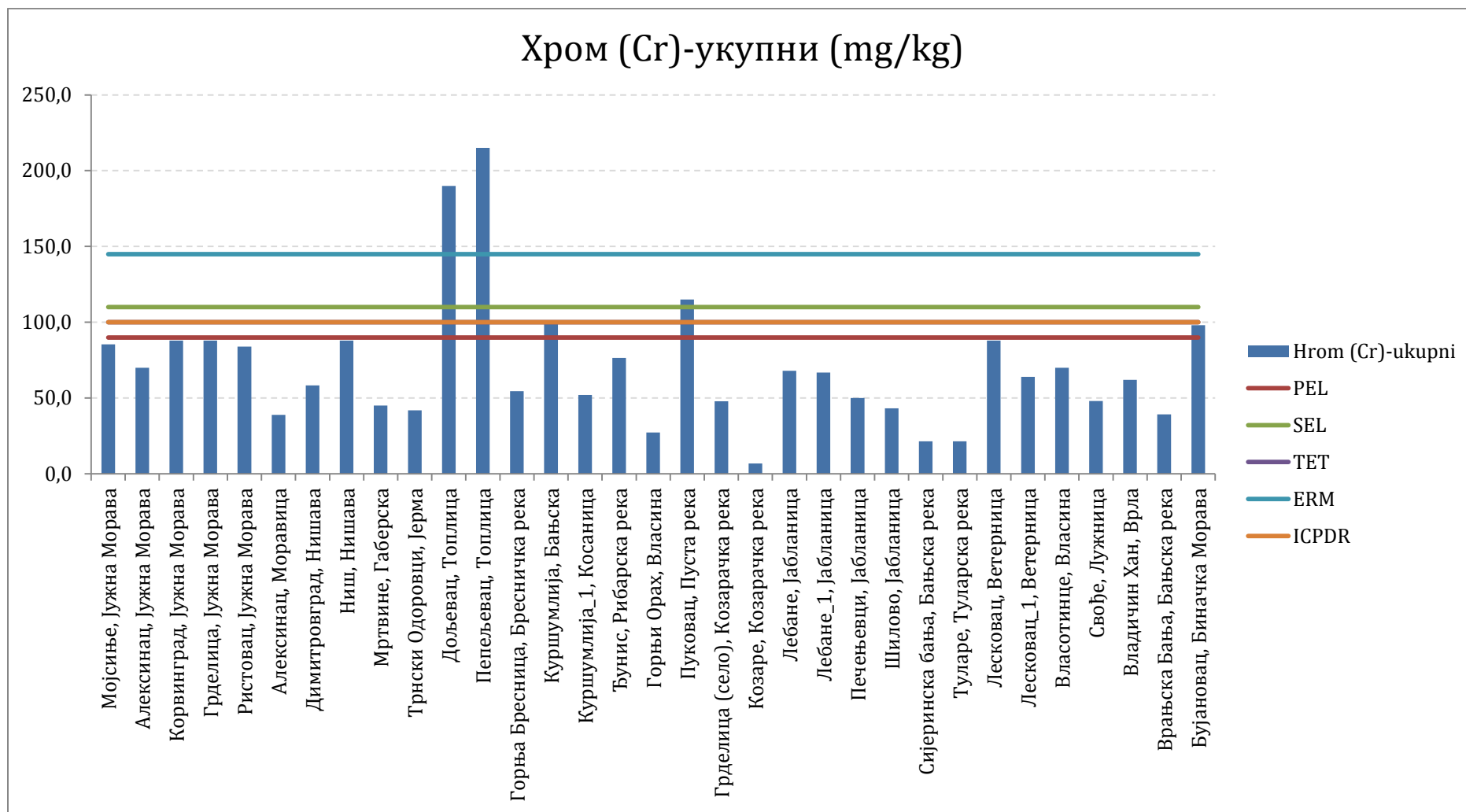


График 4.3.1.7.2. Садржај хрома у седименту река у сливу Јужне Мораве у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **олова** у седименту река у сливу Јужне Мораве кретале су се у опсегу $20.0-202.5\text{mg/kg}$. Највећа вредност олова регистрована је у узорку седимента реке Јужне Мораве, узоркованог на профилу Ристовац.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај олова показала је да су измерене концентрације у седименту реке Јужне Мораве, на профилима Грделица (188.0mg/kg) и Ристовац (202.5mg/kg) превазилази дефинисану граничну вредност за ТЕТ (Pb)=170mg/kg и указују на ниво *токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за олово у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cr)=100mg/kg) превазиђена је на пет профила: Грделица (188.0mg/kg), Ристовац (202.5mg/kg), Грделица(село) (126.0mg/kg), Лебане (102.0mg/kg) и Бујановац (140.0mg/kg).

Измерене концентрације **кадмијума** у седименту река у сливу Јужне Мораве кретале су се у опсегу 0.20-41.30mg/kg. Највећа вредност кадмијума регистрована је у узорку седимента реке Јабланице, узоркованог на профилу Шилово (Слика 4.3.1.7.4.)



Слика 4.3.1.7.4. Просторна расподела садржаја кадмијума (Cd) у седименту река у сливу Јужне Мораве

Садржај кадмијума у седименту река слива Јужне Мораве по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта* (PEL), *средњи распон ефекта* (ERM), *ниво озбиљног ефекта* (SEL) и *праг токсичног ефекта* (TET). Ови критеријуми за граничне вредности указују на *умерен, озбиљан и токсичан* ефекат садржаја кадмијума на живи свет у води, график 4.3.1.7.3.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај кадмијума показала је да су измерене концентрације у седименту реке Јабланице на профилима Лебане_1 (31.50mg/kg) и Шилово (41.30mg/kg) превазилазе дефинисане граничне вредности за PEL (Cd)=3.53mg/kg, ERM (Cd)=9mg/kg, SEL (Cd)=10mg/kg и TET (Cd)=3mg/kg, што указује на *ниво вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за кадмијум у седименту, према препорукама ICPDR-a (Quality target (Cd)=1.2mg/kg) превазиђена је на око 33% профила (График 4.3.1.7.3.).

Измерене концентрације **живе** у седименту река у сливу Јужне Мораве кретале су се у опсегу <0.1-0.7mg/kg. Измерена концентрација од 0.7mg/kg у узорку седимента реке Нишаве узоркованог на профилима Ниш и 0.5mg/kg у узорку седимента реке Јабланице на профилима Лебане су веће од дефинисане граничне вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (Hg)=0.486mg/kg), док код свих осталих узорака није регистровано прекорачење граничних вредности критеријума приказаних у табелама 4.2.2 и 4.2.3.

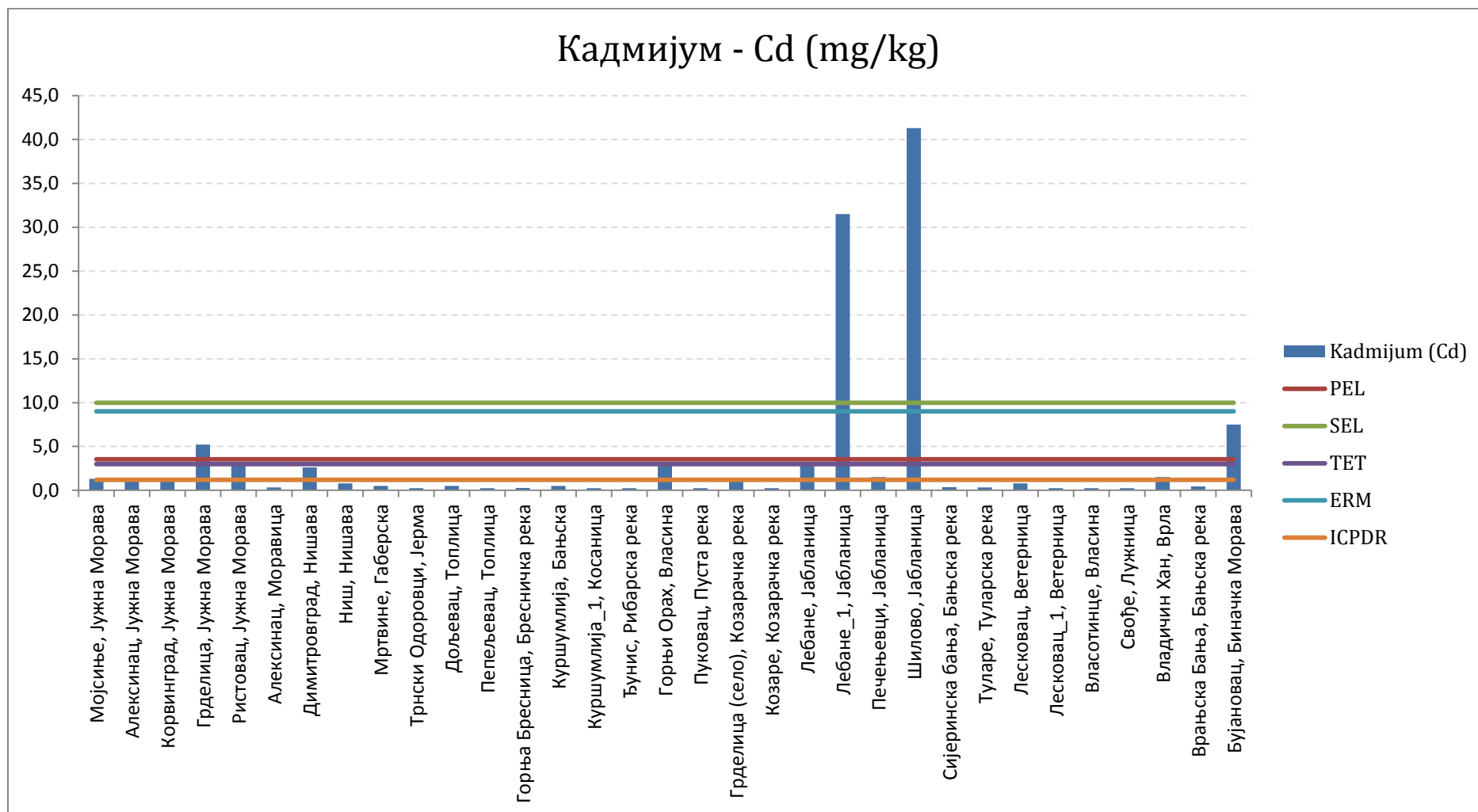


График 4.3.1.7.3. Садржај кадмијума у седименту река у сливу Јужне Мораве у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **никла** у седименту река у сливу Јужне Мораве кретале су се у опсегу 21.4-188.0mg/kg. Највећа вредност никла регистрована је у узорку седимента реке Топлице, узоркованог на профилу Пепељевац (Слика 4.3.1.7.5.).



Слика 4.3.1.7.5. Просторна расподела садржаја никла (Ni) у седименту река у сливу Јужне Мораве

Садржај никла у седименту река слива Јужне Мораве по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта (PEL), средњи распон ефекта (ERM), ниво озбиљног ефекта (SEL) и праг токсичног ефекта (TET)*. Ови критеријуми за граничне вредности указују на *умерен, озбиљан и токсичан* ефекат садржаја никла на живи свет у води, график 4.3.1.7.4.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај никла показала је да су измерене концентрације у седиментима реке Јужне Мораве на профилима Мојсиње (111.0mg/kg) и Ристовац (124.0mg/kg), реке Моравице на профилу Алексинац (78.0mg/kg), реке Топлице на профилима Дољевац (170.0mg/kg) и Пепељевац (188.0mg/kg), реке Бањске на профилу Куршумлија (85.0.0mg/kg), Рибарске реке на профилу Буџис (99.2.0mg/kg) и реке Јабланице на профилу Шилово (85.0mg/kg), превазилазиле приказане граничне вредности за PEL (Ni)=36mg/kg, ERM (Ni)=50mg/kg, SEL (Ni)=75mg/kg и TET (Ni)=61mg/kg, што указује на *ниво вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај никла, урађена је и на бази препорука ИСПДР-а. На око 48% мерних профила садржај никла био је већи од циљне граничне вредности (Quality target (Ni)=50mg/kg)(График 4.3.1.7.4.).



Једва успели да се извуку из смећа на Јужној Морави, Фото Клуб „Екстрим“, 2018.

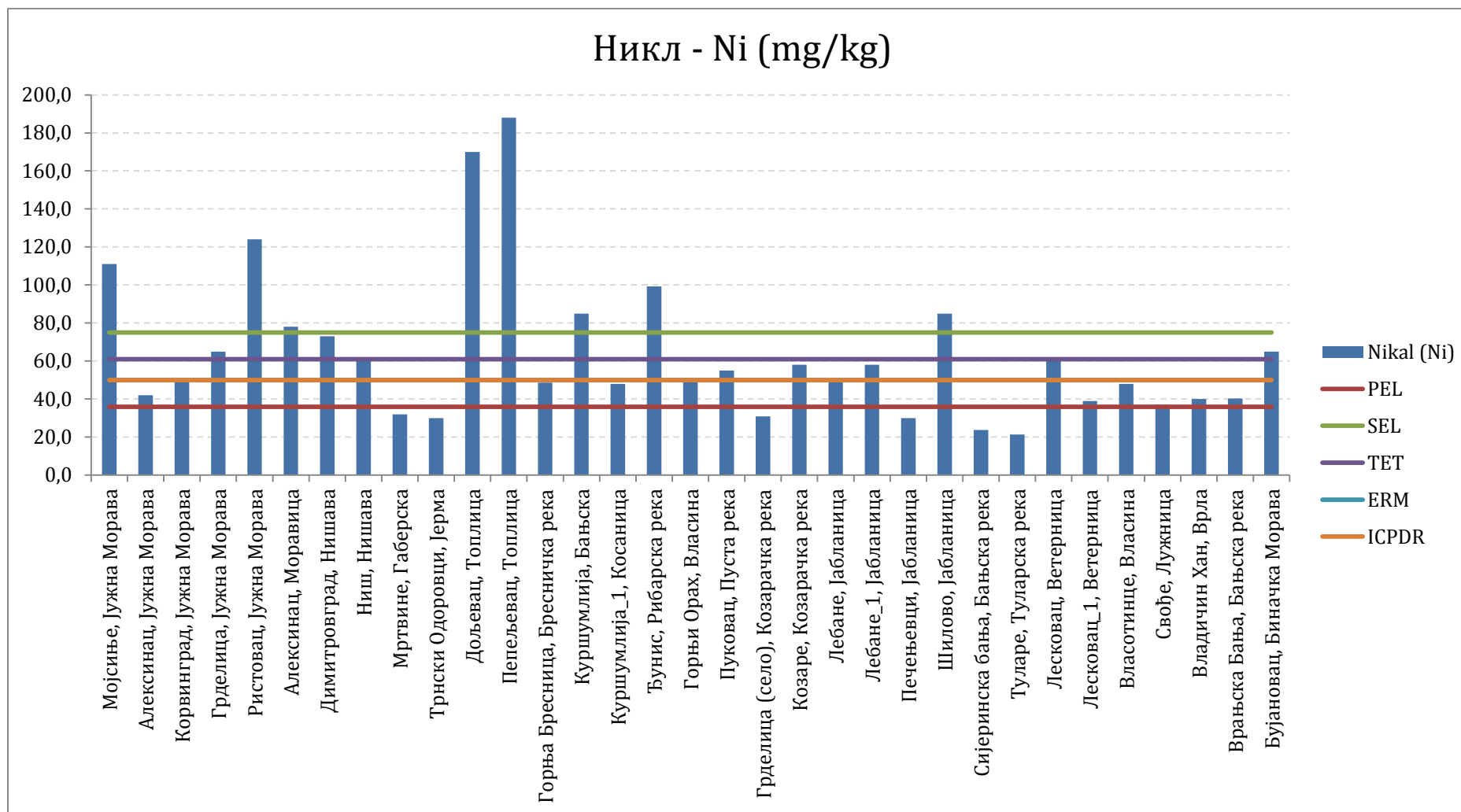


График 4.3.1.7.4. Садржај никла у седменту река у сливу Јужне Мораве у односу на критеријуме квалитета

Измерене концентрације **арсена** у седименту река у сливу Јужне Мораве кретале су се у опсегу 4.1-154.8mg/kg. Највећа вредност арсена регистрована је у узорку седимента реке Јабланице, узоркованог на профилу Лебане_1 (Слика 4.3.1.7.6.).



Слика 4.3.1.7.6. Просторна расподела садржаја арсена (As) у седименту у рекама слива Јужне Мораве

Садржај арсена у седименту река слива Јужне Мораве по контролним профилима, оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3), и то: *ниво вероватног ефекта (PEL), средњи распон ефекта (ERM), ниво озбиљног ефекта (SEL) и праг токсичног ефекта (TET)*. Ови критеријуми за граничне вредности указују на *умерен, озбиљан и токсичан* ефекат садржаја арсена на живи свет у води, график 4.3.1.7.5.

Процена квалитета седимента, у односу на садржај арсена показала је да су измерене концентрације у седименту реке Јабланице на профилима Лебане_1 (154.8mg/kg) и Шилово (102.2mg/kg) превазилазиле приказане граничне вредности за PEL (As)=17mg/kg, ERM (As)=85mg/kg, SEL (As)=33mg/kg и TET (As)=17mg/kg, што указује на *ниво вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за арсен у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (As)=20mg/kg) превазиђена је на око 27% профила (График 4.3.1.7.5.).

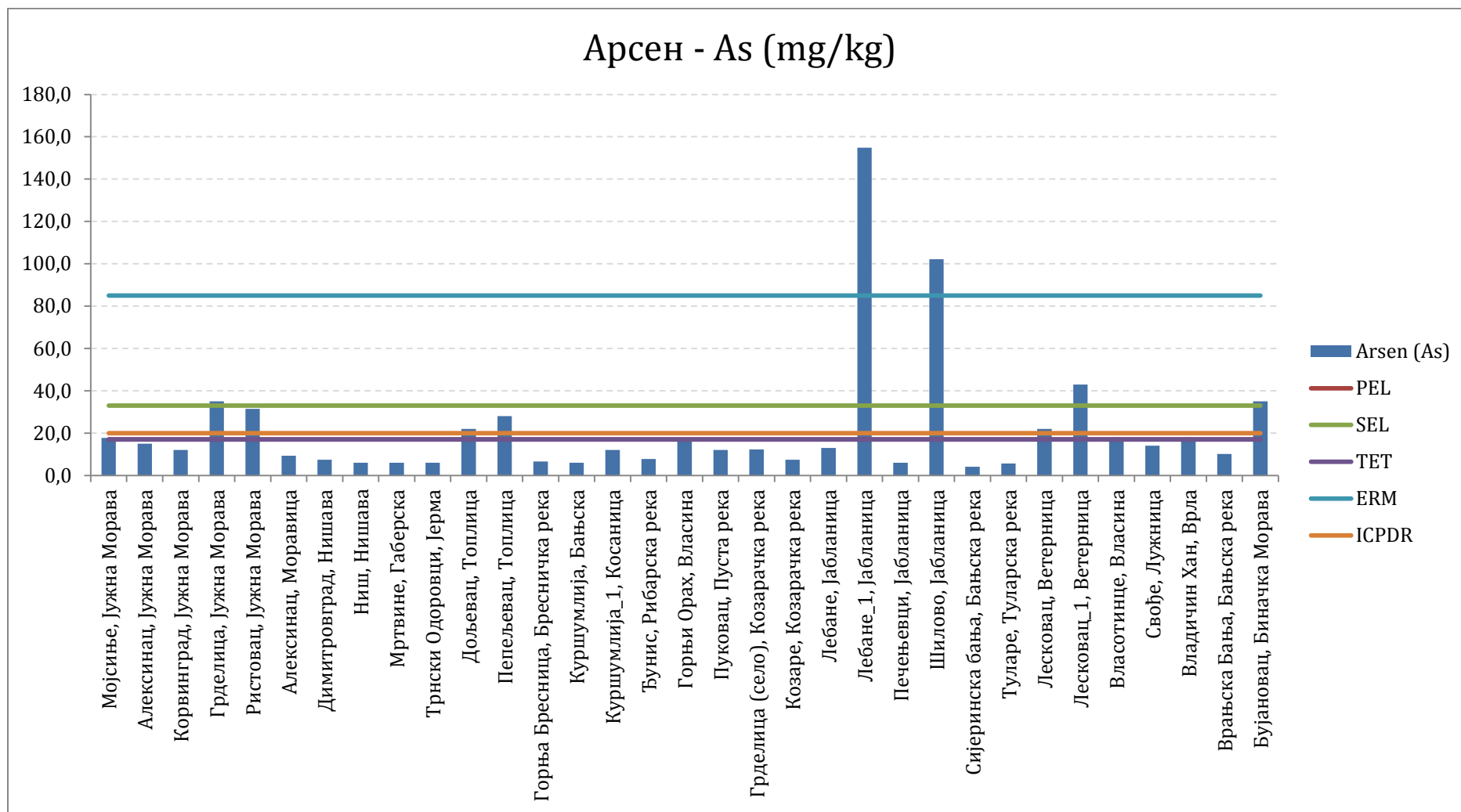


График 4.3.1.7.5. Садржај арсена у седименту река у сливу Јужне Мораве у односу на критеријуме квалитета

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (РАН), полихлоровани бифенили (РСВ), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина.

Полициклични ароматични угљоводоници (РАН) су детектовани у већини испитиваних узорака седимената река у сливу Јужне Мораве, у концентрацијама значајно нижим од прописаних граничних вредности (График 4.3.1.7.6.). Одређене су суме детектованих РАН-ова у свим узорцима, сумарне вредности кретале су се у опсегу од око 4.5µg/kg до 428.5µg/kg. Највећа вредност суме РАН-ова забележена је на профилу Врањска Бања (Бањска река). Процена квалитета седимента, у односу на суму РАН-ова, указује да су сумарне концентрације у седиментима посматраних река/профила у сливу Јужне Мораве, вишеструко ниже од дефинисаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* PEL (РАНs)= 8040µg/kg и *средњи распон ефекта* (ERM (РАНs)=23580µg/kg) (График 4.3.1.7.6.).

Диагностички однос IcdP/(IcdP + BghiP) за узорке Димитровград-Нишава (0,7), Ђунис-Рибарска река (0,6), Грделица (село)-Козарачка река (0,7) и Врањска Бања-Бањска река (0,9) указује на пирогене изворе загађења на овим локалитетима.

Садржај **полихлорованих бифенила** (сума РСВ) у узорцима седимента река у сливу Јужне Мораве кретао се у опсегу од око 3.5µg/kg до 21.2 µg/kg, што је знатно испод прописаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (PCBs)=277µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (PCBs)=400µg/kg), *праг токсичног ефекта* (TET (PCBs)=1000µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (PCBs)=5300µg/kg) (График.4.3.1.7.7.).

Укупни **DDTs**, односно суме p,p-DDT, p,p-DDD и p,p-DDE у свим испитиваним узорцима су биле испод прописаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (DDTs)=4500µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (DDTs)=350µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (DDTs)=120µg/kg) (График 4.3.1.7.8.).

Измерене вредности p,p-DDT у узорцима седимента узоркованих на профилима Мојсиње (23.0µg/kg), Ристовац (25.8µg/kg), Димитровград (20.5µg/kg), и Куршумлија_1 (27.0 µg/kg) су веће од граничне вредности за *средњи распон ефекта* (ERM(DDT)=7.0µg/kg) (График 4.3.1.7.8.).

Измерене вредности p,p-DDE у узорцима седимента узоркованих на профилима Печењевци (6.9µg/kg) и Лесковац (6.9µg/kg) су незнатно веће од граничне вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (DDT)=6.8µg/kg) (График 4.3.1.7.8.).

Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом (Сл.гласник РС бр. 50/2012), у односу на садржај p,p-DDT на профилима: Мојсиње/Јужна Морава (23.05µg/kg), Ристовац/Јужна Морава (25.8µg/kg), Димитровград/Нишава (20.53µg/kg) и Куршумлија_1/ Косаница (27.0µg/kg)

указује на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК (p,p-DDT)=9 $\mu\text{g}/\text{kg}$) је коригована у зависности од садржаја органске материје у посматраним узорцима. Кориговане граничне вредности, срачунате применом корекционе формуле, износиле су за профиле: Мојсиње - ГВк =7.02 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Ристовац - ГВк =7.07 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Димитровград - ГВк =10.56 $\mu\text{g}/\text{kg}$ и Куршумлија_1 - ГВк =12.07 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом (Сл.гласник РС бр. 50/2012), у односу на садржај p,p-DDD на профили Ристовац/Јужна Морава (2.35 $\mu\text{g}/\text{kg}$) указује на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК(p,p-DDD)=2 $\mu\text{g}/\text{kg}$) је коригована у зависности од садржаја органске материје у посматраном узорку. Коригована гранична вредност, срачуната применом корекционе формуле, износила је за профил Ристовац - ГВк =1.57 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом (Сл.гласник РС бр. 50/2012), у односу на садржај p,p-DDE на профилима: Мојсиње/Јужна Морава (4.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Алексинац/Јужна Морава (5.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Корвинград/Јужна Морава(2.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Грделица/Јужна Морава (4.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Ристовац/Јужна Морава (2.95 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Мртвине/ Габерска(2.80 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Трнски Одоровци/Јерма (2.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Дољевац/Топлица(2.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Горња Бресница/Бресничка река (4.60 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Ђунис/Рибарска река(1.10 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Пуковац/Пуста река (2.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Печењевци/ Јабланица(6.9 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Лесковац/Ветерница (6.9 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Свође/Лужница (1.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и Врањска Бања/Бањска река(4.30 $\mu\text{g}/\text{kg}$) указује на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК(p,p-DDE)=1 $\mu\text{g}/\text{kg}$) је коригована у зависности од садржаја органске материје у посматраним узорцима. Кориговане граничне вредности, срачунате применом корекционе формуле, износиле су за профили: Мојсињ - ГВк =0.78 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Алексинац - ГВк =0.87 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Корвинград - ГВк =0.75 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Грделица - ГВк = 1.20 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Ристовац - ГВк =0.79 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Мртвине - ГВк =1.47 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Трнски Одоровци - ГВк =1.17 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Дољевац - ГВк =0.95 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Горња Бресница - ГВк =0.74 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Ђунис - ГВк =0.83 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Пуковац - ГВк =0.65 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Печењевци - ГВк =1.35 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Лесковац - ГВк =0.91 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Свође - ГВк =0.91 $\mu\text{g}/\text{kg}$ и Врањска Бања - ГВк =1.15 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

У већини узорака седимента овог речног слива детектована је нешто већа заступљеност p,p' DDE - деградационог производа p,p' DDT, што указује да на тим локацијама није било скоријег загађења овим пестицидом. У узорцима Мојсиње-Јужна Морава, Ристовац-Јужна Морава, Димитровград-Нишава и Куршумлија-1-Косаница детектовани су изузетно високи дијагностички односи DDT/(DDE+DDD), од 4,6-27,0, што значи да је p,p' DDT коришћен у скорије време на овим локацијама.

Анализом појединачних **органохлорних пестицида** (График 4.3.1.7.9) у узорцима седимента река у сливу Јужне Мораве, детектовано је присуство диелдрин²⁴ у седименту реке Нишаве на профилу Димитровград (5.33µg/kg) и α-НСН у седименту Јужне Мораве на профилу Ристовац (2.0µg/kg), док су остале вредности биле мање од граница квантификације (LOQ). Одређивања садржаја **пестицида на бази триазина** у узорцима седимента река у сливу Јужне Мораве, указују да су све измерене вредности биле испод или једнаке границама квантификације (LOQ).

Детектоване високе концентрације пестицида у узорцима седимената више речних сливова указује на њихову континуалну употребу и има своју потврду у резултатима мониторинга р,р' DDT, диелдрин и других POPs у водотоцима Србије спроведеног још 2012. године. Посебно је забрињавајућа висока концентрација γ НСН у седименту Лепенац-Расина, што указује на вероватну употребу овог пестицида који има комерцијални назив „Линдан“ и садржи око 90% γ НСН, (видети слике 4.1.2 – 4.1.4).

²⁴ Диелдрин је синтетички органохлорни инсектицид и основни продукт распадања другог органохлорног пестицида – алдрин. Намена му је била да замени ДДТ али је током времена установљена његова перзистентност у животној средини као и тенденција „био-увећања“ током проласка кроз ланац исхране. Токсичан је за многе живе организме и због тога је забрањен у већини земаља. Као и већина осталих пестицида, он доспева у акватични систем првенствено преко отицања са третираних површина, као и преко примарне депозиције након чега је долази до испаравања и транспорта путем ваздуха.

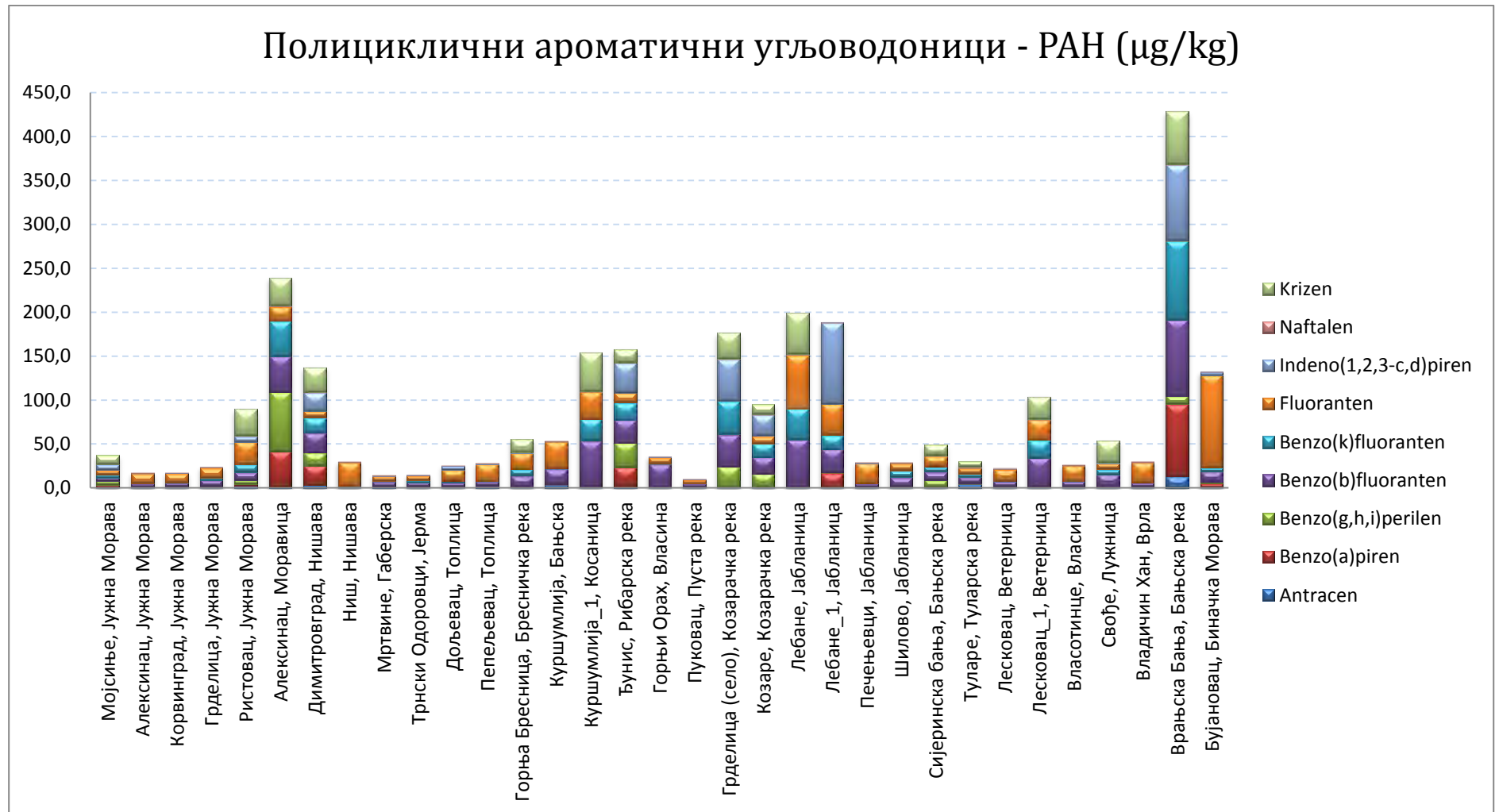


График 4.3.1.7.6. Садржај полицикличних ароматичних једињења (ПАХ) у седименту река у сливу Јужне Мораве

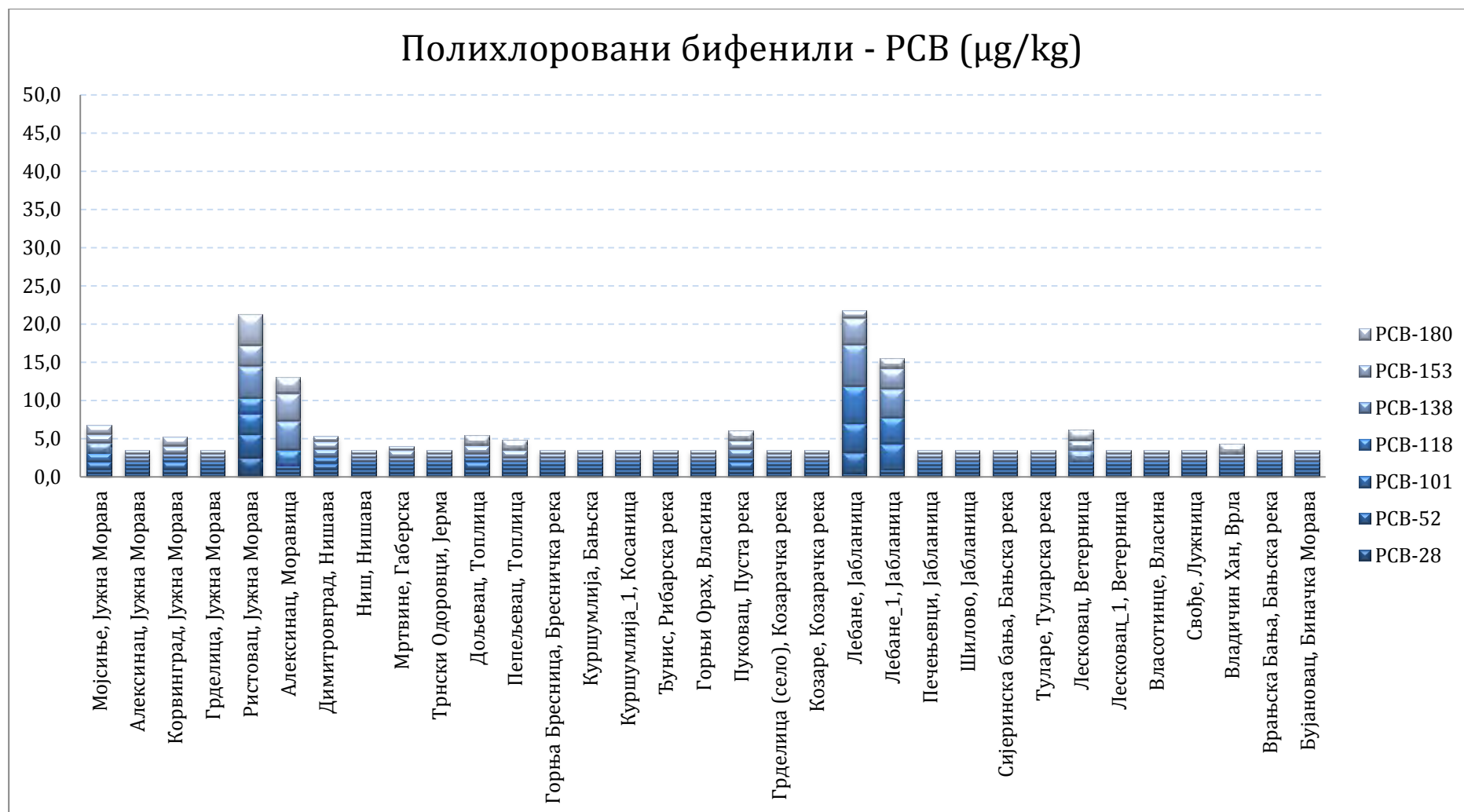


График 4.3.1.7.7. Садржај полихлорованих бифенила (PCB) у седименту река у сливу Јужне Мораве

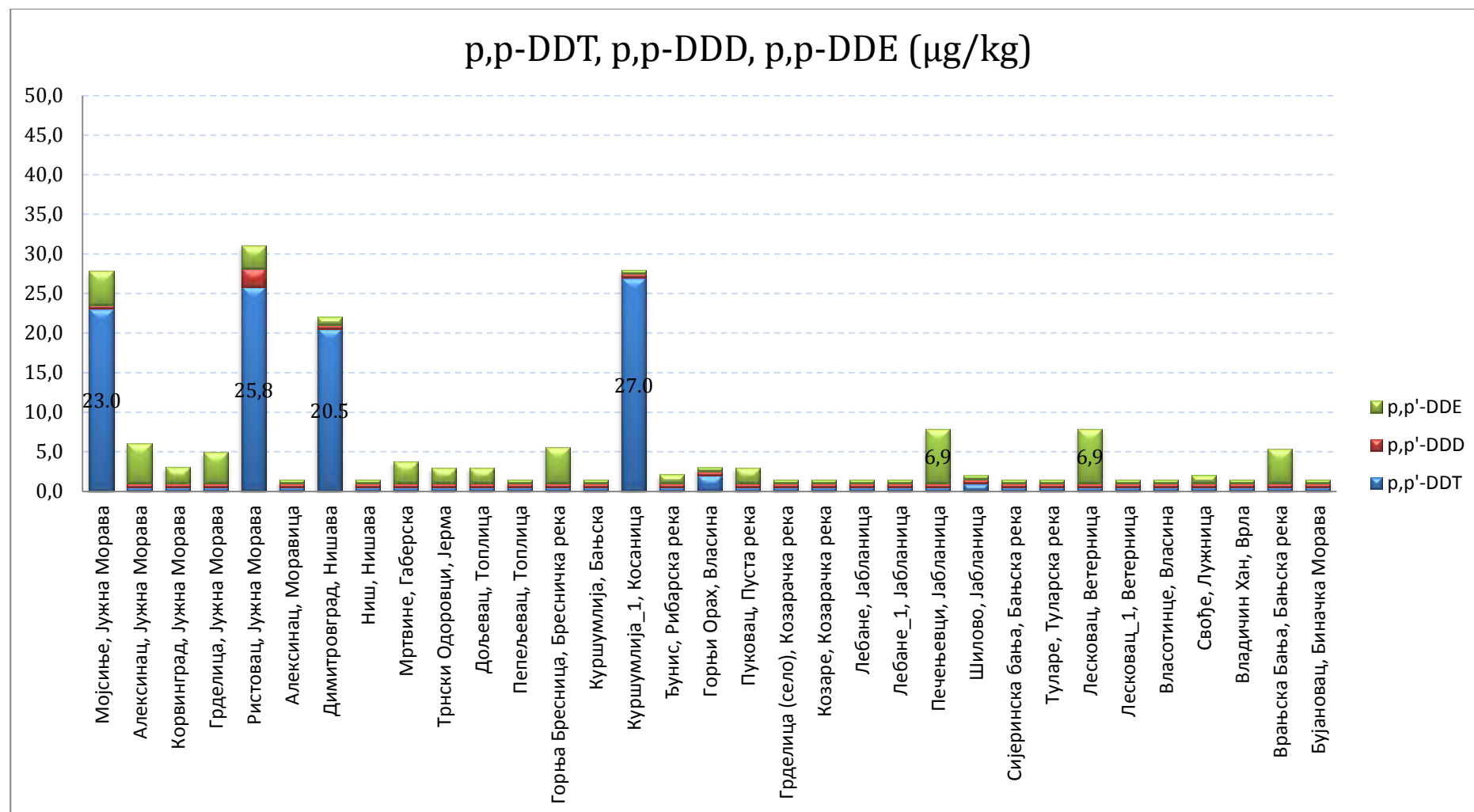


График 4.3.1.7.8. Садржај p,p-DDT, p,p-DDD, p,p-DDE у седименту река у сливу Јужне Мораве

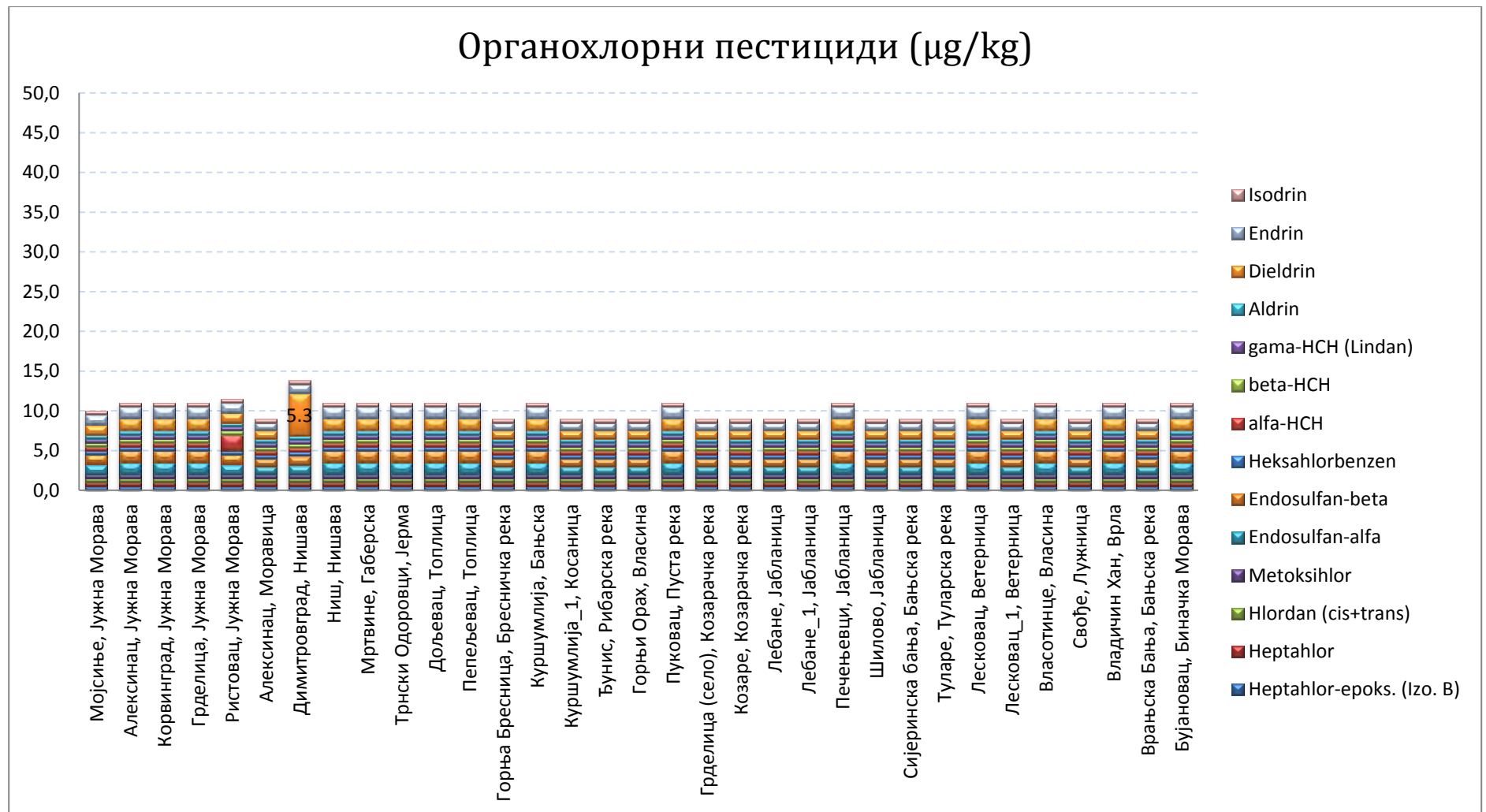


График 4.3.1.7.9. Садржај органохлорних пестицида у седименту река у сливу Јужне Мораве

4.3.2. Оцена квалитета седимента акумулација

Мониторинг квалитета седимента акумулација, који је извршен у периоду 2012.-2017.године обухватио је укупно 17 акумулација/језера и то на сливним подручјима: Тисе (акумулација Зобнатица и језеро Лудаш), Великог Тимока (акумулација Грлиште), Саве (четири акумулације: Букуља, Гараши, Радоиња и Сјеница), Велике Мораве (акумулација Нова Грошница), Западне Мораве (три акумулације: Ђелије, Гружа и Врутци) и Јужне Мораве (шест акумулација: Барје, Бован, Бресница, Придворица и Првонек)(Слика 4.3.2.1.).



Слика 4.3.2.1. Акумулације обухваће мониторингом квалитета седимента у периоду 2012.-2017.година

Садржај метала у седименту оцењен је према критеријумима за граничне вредности (Табела), и то: *ниво вероватног ефекта* (PEL), *средњи распон ефекта* (ERM), *ниво озбиљног ефекта* (SEL) и *праг токсичног ефекта* (TET). Ови критеријуми за граничне вредности указују на умерен, озбиљан и токсичан ефекат садржаја метала на живи свет у води.

4.3.2.1. Акумулација Зобнатица

Измерене концентрације метала и свих органских микрополутаната обухваћених мониторингом, нису прелазиле препоручене граничне вредности (Табела 3 и 4).

4.3.2.2. Језеро Лудаш

Садржај метала

Процена квалитета седимента у односу на садржај **цинка**, показала је да измерена концентрација у седименту језера Лудаш (460mg/kg) превазилази граничне вредности за SEL (Zn)=820mg/kg и TET (Zn)=540mg/kg, што указује на ниво *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет. Измерена концентрација цинка у седименту језера Лудаш била је већа од препоручене граничне вредности ICPDR-а (Quality target (Zn)=200mg/kg).

Процена квалитета седимента у односу на садржај **бабра** показала је да је измерена концентрација у седименту језера Лудаш (65mg/kg) била већа од циљне граничне вредности (Quality target (Cu)=60mg/kg) препоручене од ICPDR-а.

Процена квалитета седимента у односу на садржај **хрома** показала је да измерена концентрација у седименту језера Лудаш (235mg/kg) превазилази граничне вредности за PEL (Cr)=90mg/kg, ERM (Cr)=145mg/kg, SEL(Cr)=110mg/kg и TET (Cr)=100mg/kg, што указује на ниво *вероватног*, *средњег*, *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет. Измерена концентрација хрома у седименту језера Лудаш била је већа од препоручене граничне вредности ICPDR-а (Quality target (Cr)=100mg/kg).

Процена квалитета седимента у односу на садржај **никла** показала је да измерена концентрација у седименту језера Лудаш (100mg/kg) превазилази прописане граничне вредности за PEL (Ni)=36mg/kg, ERM (Ni)=50mg/kg, SEL (Ni)=75mg/kg и TET (Ni)=61mg/kg, што указује на ниво *вероватног*, *средњег*, *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет. Измерена концентрација никла у седименту језера Лудаш била је већа од препоручене граничне вредности ICPDR-а (Quality target (Ni)=50mg/kg).

Процена квалитета седимента у односу на садржај **арсена** показала је да измерена концентрација у седименту језера Лудаш (120.0mg/kg) превазилази прописане дефинисане граничне вредности за PEL (As)=17mg/kg, ERM (As)=85mg/kg, SEL (As)=33mg/kg и ТЕТ (As)=17mg/kg, што указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет. Измерена концентрација арсена у седименту језера Лудаш била је већа од препоручене граничне вредности ICPDR-а (Quality target (As)=20mg/kg).

Садржај органских полутаната

У посматраном периоду нису извршена испитивања садржаја органских полутаната у седименту језера Лудаш.

4.3.2.3. Акумулација Грлиште

Садржај метала

Измерене концентрације **бакра** у седименту акумулације Грлиште кретале су се у опсегу 46.5-94.0mg/kg. Највећа вредност бакра измерена је у узорку седимента узоркованом у тачки Б1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај бакра показала је да измерене концентрације у узорцима седимента акумулације Грлиште узорковане у тачкама Б (94.0mg/kg) и Ц (87.0mg/kg) превазилазе граничне вредности за ТЕТ (Cu)=86mg/kg, што указује на ниво *токсичног* ефекта на акватични живи свет (График 4.3.2.1.).

Процена квалитета седимента у односу на садржај бакра урађена је и на бази препорука ICPDR-а. Садржај бакра у узорцима Б (94.0mg/kg) и Ц (87.0mg/kg) био је већи од циљне граничне вредности (Quality target (Cu)=60mg/kg)(График 4.3.2.1).

Измерене концентрације **никла** у седименту акумулације Грлиште кретале су се у опсегу 78.0-81.0mg/kg. Највећа вредност никла регистрована је у узорку седимента узоркованом у тачки Б (График 4.3.2.2.).

Процена квалитета седимента у односу на садржај никла показала је да измерене концентрације у узорцима седимента акумулације Грлиште узорковане у тачкама А (79.0mg/kg), Б (81.0mg/kg) и Ц (78mg/kg) превазилазе приказане граничне вредности за PEL (Ni)=36mg/kg, ERM (Ni)=50mg/kg, SEL (Ni)=75mg/kg и ТЕТ (Ni)=61mg/kg, што указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Процена квалитета седимента у односу на садржај никла урађена је и на бази препорука ICPDR-а. Садржај никла у узорцима А (79.0mg/kg), Б (81.0mg/kg) и Ц

(78mg/kg) био је већи од циљне граничне вредности (Quality target (Ni)=50mg/kg) (График 4.3.2.2.).

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (РАН), полихлоровани бифенили (РСВ), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина.

Поједини **полициклични ароматични угљоводоници** (РАН) су детектовани у свим испитиваним узорцима седимента акумулације Грлиште у концентрацијама значајно нижим од прописаних граничних вредности. Одређене су суме детектованих РАН-ова у свим узорцима. Сумарне вредности кретале су се у опсегу од око 15.9µg/kg до 21.30µg/kg. Највећа вредност суме РАН-ова регистрована је у узорку седимента узоркованог у тачки Б1. Процена квалитета седимента у односу на суму РАН-ова, показала је да су сумарне концентрације у узорцима седимента акумулације Грлиште вишеструко ниже од дефинисаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (РАНs)=8040µg/kg) и *средњи распон ефекта* (ERM (РАНs)=23580 µg/kg)(График 4.3.2.3.).

Садржај **полихлорованих бифенила** (сума РСВ) у узорцима седимента акумулације Грлиште кретао се у опсегу од око 3.5µg/kg до 4.90µg/kg, што је знатно испод прописаних граничних вредности *ниво вероватног ефекта* (PEL (РСВs)=277µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (РСВs)=400µg/kg), *праг токсичног ефекта* (ТЕТ (РСВs)=1000µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (РСВs)=5300µg/kg) (График 4.3.2.4.).

Укупни **DDTs**, односно суме р,р-DDT, р,р-DDD и р,р-DDE у свим испитиваним узорцима су биле значајно испод прописане вредности *ниво вероватног ефекта* (PEL (DDTs)=4500µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (DDTs)=350µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (DDTs)=120µg/kg)(График 4.3.2.5.). Процена квалитета седимента у односу на садржај р,р-DDT указује да су просечне концентрације (одређене из два мерења) у узорцима седимента акумулације Грлиште у тачки А (16.8µg/kg), Б (34.4µg/kg) и Ц (39.9µg/kg) превазилазе дефинисан критеријум за ERM (р,р-DDT)=7.0µg/kg, што указује на средњи ниво ефекта на акватични живи свет (График 4.3.2.5.).

Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом („Сл.гласник РС“, бр. 50/2012), у односу на садржај р,р-DDT у тачкама А (16.8µg/kg), Б (34.4µg/kg) и Ц (39.9µg/kg) указују на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК (р,р-DDT)=9µg/kg) је коригована у зависности од просечног садржаја органске материје у посматраним узорцима. Кориговане граничне вредности срачунате применом корекционе формуле износиле су у тачкама: А - ГВк =8.53 µg/kg, Б - ГВк =11.15µg/kg и Ц - ГВк =10.29 µg/kg. Процена квалитета седимента на

основу критеријума дефинисаних Уредбом („Сл.гласник РС“, бр. 50/2012) у односу на садржај р,р-DDE у тачкама А (1.15µg/kg), Б (1.90µg/kg) и Ц (2.65µg/kg) указују на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК (р,р-DDE)=1µg/kg) је коригована у зависности од просечног садржаја органске материје у посматраним узорцима. Кориговане граничне вредности срачунате применом корекционе формуле износиле су у тачкама: А - ГВк =0.95 µg/kg, Б - ГВк =1.24 µg/kg и Ц - ГВк =1.14 µg/kg.

Измерене концентрације осталих **органохлорних пестицида** у узорцима седимента акумулације Грлиште биле су испод вредности границе квантификације (LOQ)(График 4.3.2.6.).

Измерене концентрације **пестицида на бази триазина** у узорцима седимента акумулације Грлиште биле су испод вредности границе квантификације (LOQ) (График 4.3.2.7.).

Оваква слика загађености наведених узорака седимента, где је детектована већа заступљеност р,р' DDT у односу на његове деградационе производе, р,р' DDE и р,р' DDD, за последицу има изузетно високе дијагностичке односе DDT/(DDE+DDD) - 12.67, 14.35 и 10.18 што говори да су на овим локацијама у скорије време вероватно коришћене старе залихе овог забрањеног органохлорног пестицида.

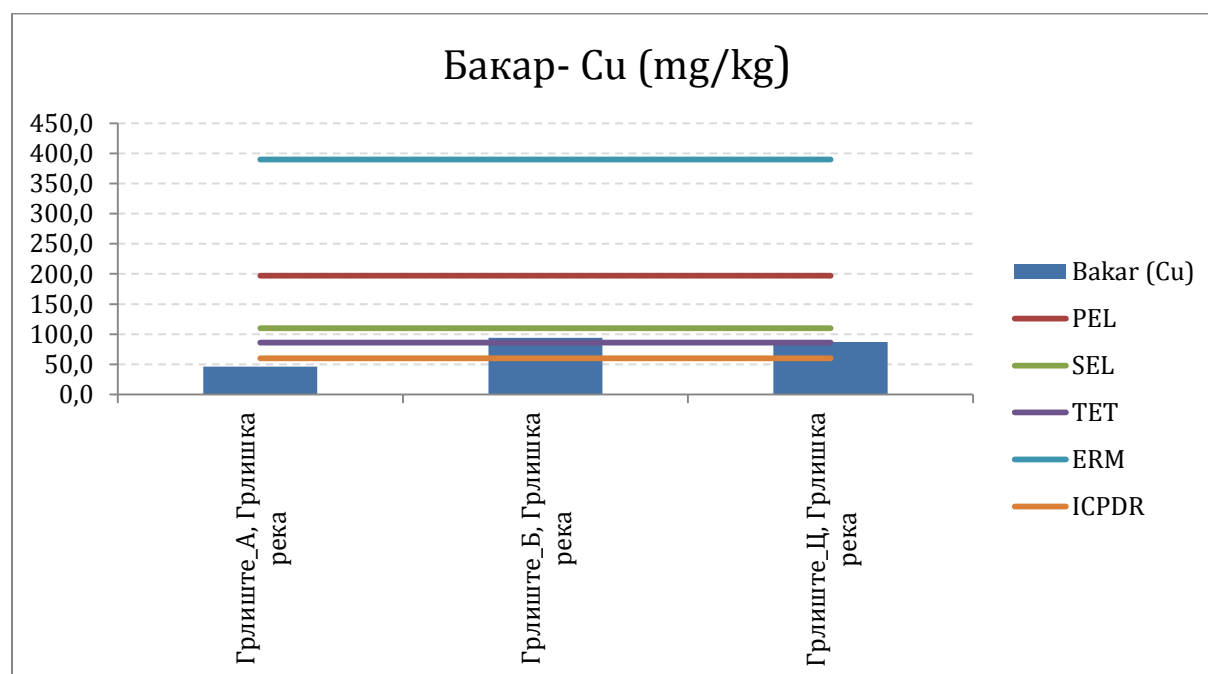


График 4.3.2.1. Садржај бакра (Cu) у седименту акумулације Грлиште (слив реке Тимок) у односу на критеријуме квалитета

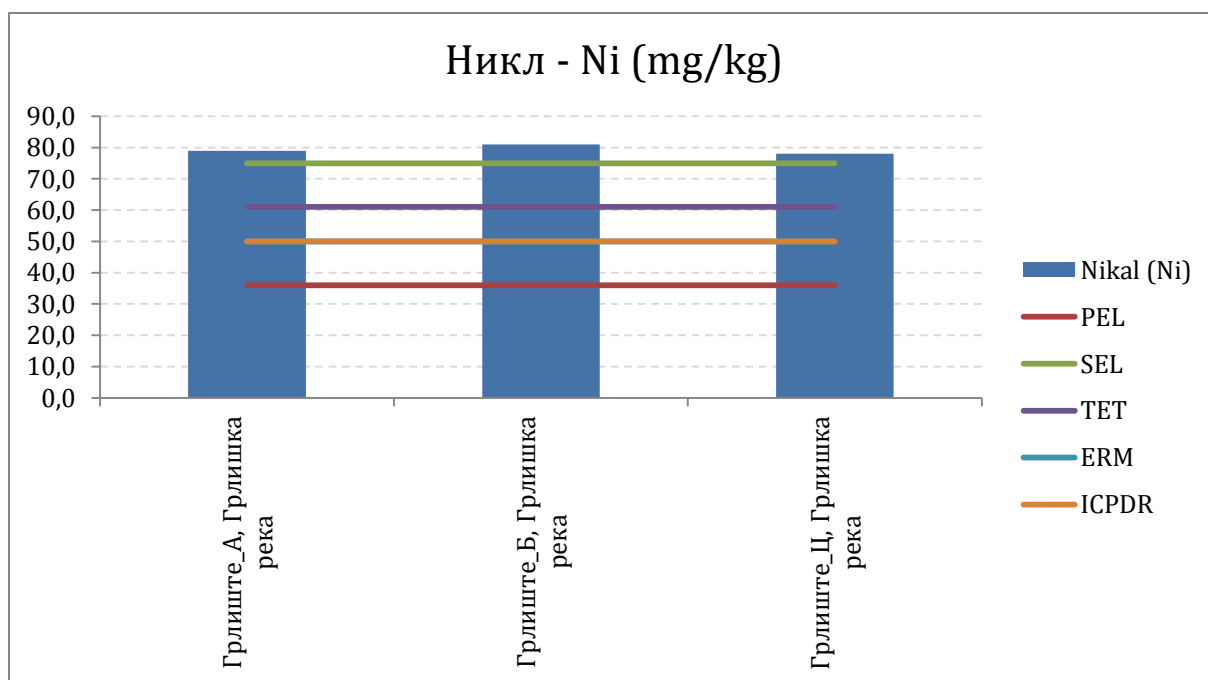


График 4.3.2.2. Садржај никла (Ni) у седименту акумулације Грлиште (слив реке Тимок) у односу на критеријуме квалитета

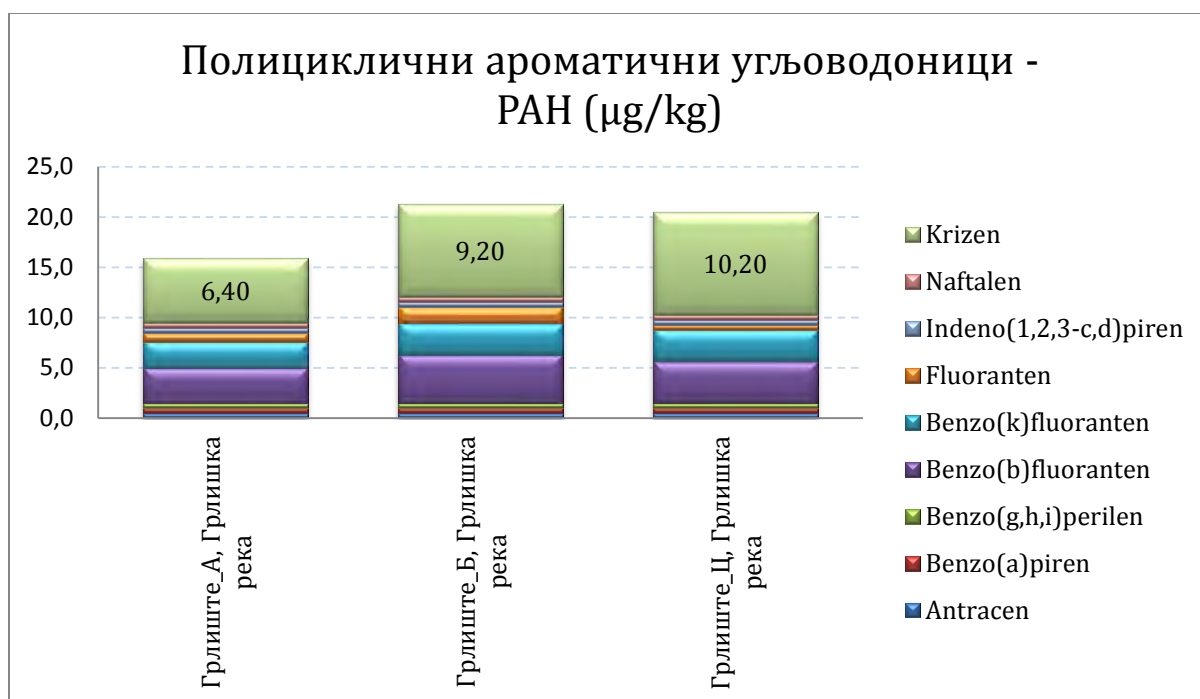


График 4.3.2.3. Садржај полицикличних ароматичних једињења (РАН) у седименту акумулације Грлиште (слив реке Тимок)

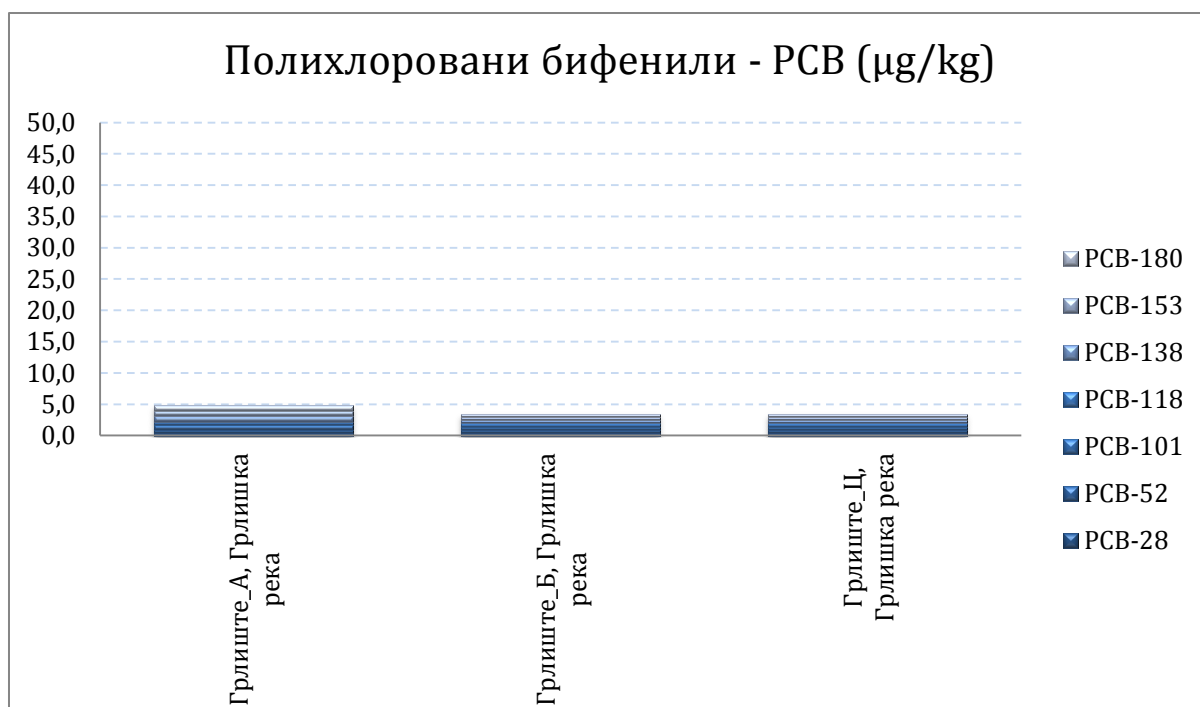


График 4.3.2.4. Садржај полихлорованих бифенила (РСВ) у седименту акумулације Грлиште (слив реке Тимок)

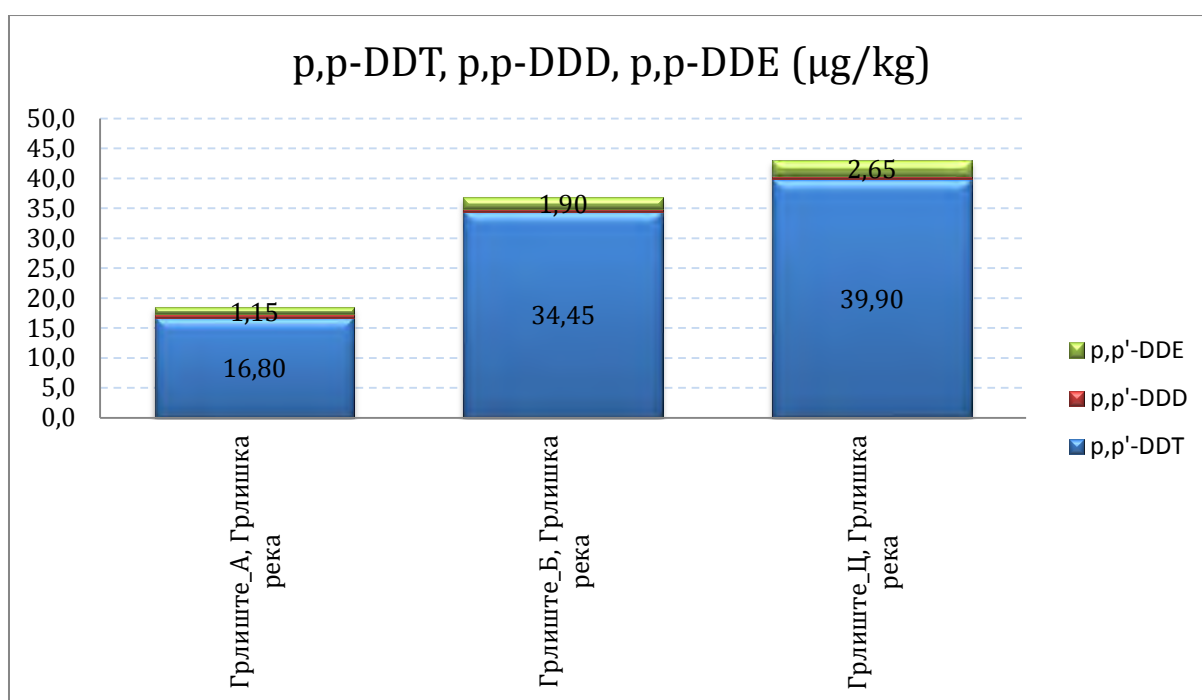


График 4.3.2.5. Садржај p,p-DDT, p,p-DDD, p,p-DDE у седименту акумулације Грлиште (слив реке Тимок)

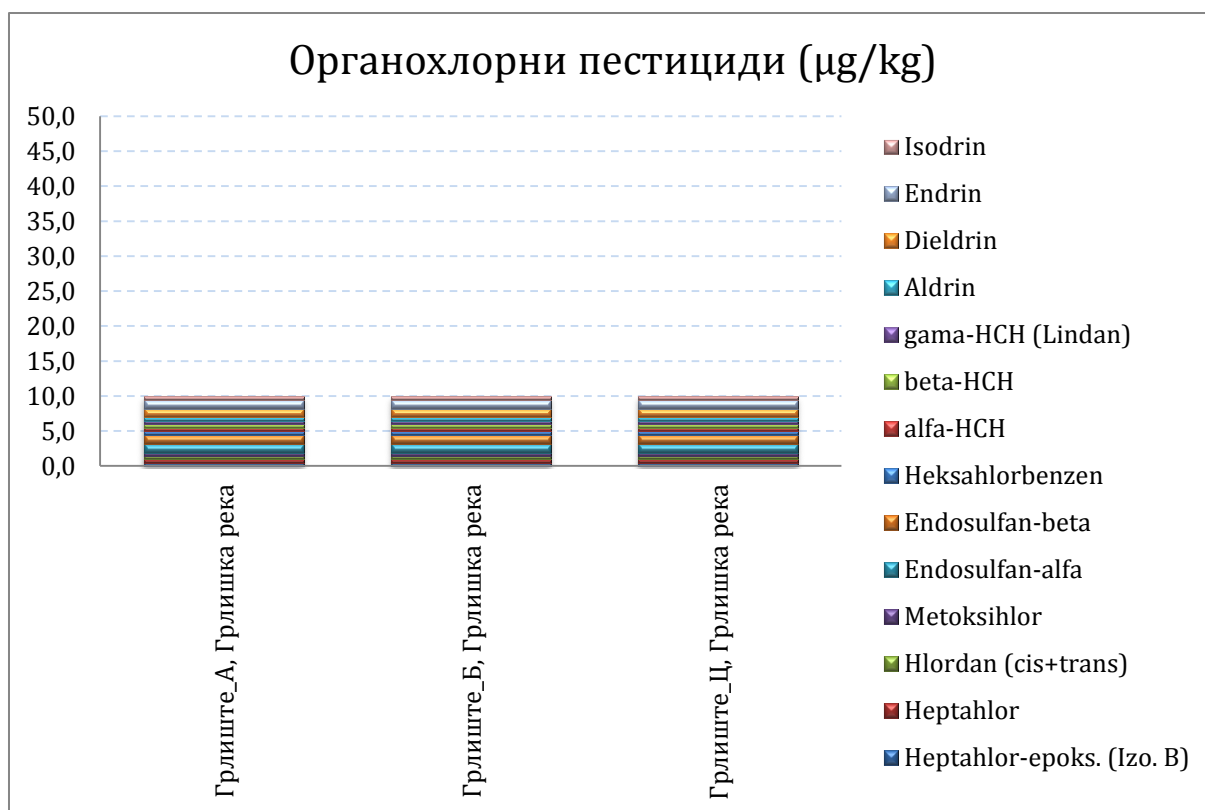


График 4.3.2.6. Садржај органохлорних пестицида у седименту акумулације Грлиште (слив реке Тимок)

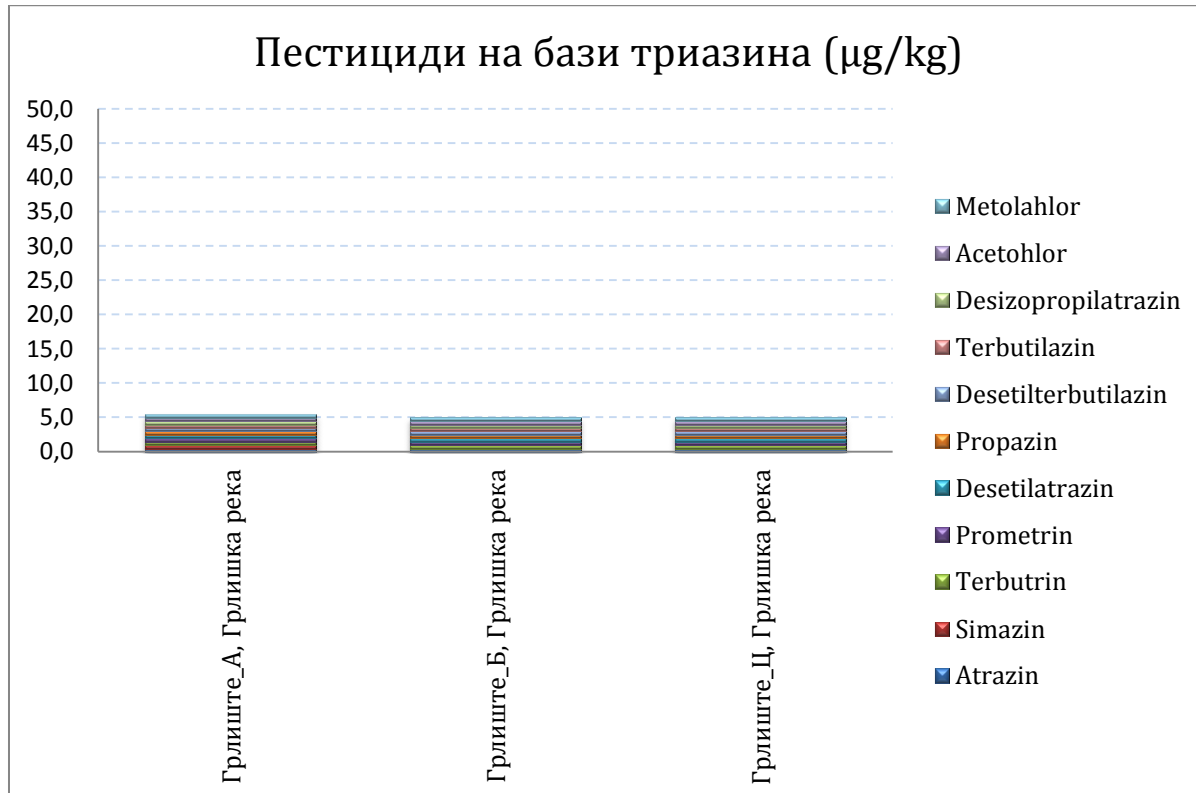


График 4.3.2.7. Садржај пестицида на бази триазина у седименту акумулације Грлиште (слив реке Тимок)

4.3.2.4. Акумулација Букуља

Садржај метала

Процена квалитета седимента у односу на садржај **арсена** показала је да измерена концентрација у седименту акумулације Букуља (21.2mg/kg) превазилази дефинисане граничне вредности за PEL (As)=17mg/kg и ТЕТ (As)=17mg/kg, што указује на ниво *вероватног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет. Измерена концентрација арсена у седименту акумулације Букуља била је већа од препоручене граничне вредности ICPDR-а (Quality target (As)=20mg/kg)(График 4.3.2.11.).

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната у седименту акумулације Букуља одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (ПАН), полихлоровани бифенили (PCB), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина. Све измерене концентрације биле су мање од препоручених граничних вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3).

Укупни **DDTs**, односно суме р,р-DDT, р,р-DDD и р,р-DDE у свим испитиваним узорцима су биле значајно испод прописане вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (DDTs)=4500µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (DDTs)=350µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (DDTs)=120µg/kg)(График 4.3.2.14.).

На основу критеријума дефинисаних Уредбом („Сл.гласник РС“, бр. 50/2012), констатовано је да измерена концентрација р,р-DDE у тачки А1 (1.1µg/kg) прекорачује максимално дозвољену концентрацију. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК=1µg/kg) је коригована у зависности од садржаја органске материје у узорку. Коригована гранична вредност, срачуната применом корекционе формуле износи ГВк =1.03µg/kg.

У наведеном узорку висока концентрација р,р' DDE и концентрација р,р' DDT испод границе квантификације, указује на значајну деградацију р,р' DDT што значи да је загађење „старо“, тј. да седимент није оптерећен скоријим загађењима р,р' DDT.

4.3.2.5. Акумулација Гараши

Садржај метала

Процена квалитета седимента у односу на садржај **арсена** показала је да измерена концентрација у седименту акумулације Гараши (19.5mg/kg) превазилази

дефинисане граничне вредности за PEL (As)=17mg/kg и ТЕТ (As)=17mg/kg, што указује на ниво *вероватног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната у седименту акумулације Гараши одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (ПАН), полихлоровани бифенили (РСВ), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина. Све измерене концентрације биле су мање од препоручених граничних вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3).

4.3.2.6. Акумулација Радоиња

Садржај метала

Процена квалитета седимента у односу на садржај **кадмијума** показала је да измерене концентрације у узорцима седимента акумулације Радоиња узорковане у тачкама А1 (5.2mg/kg) и Ц1 (4.66mg/kg) превазилазе дефинисане граничне вредности за PEL (Cd)=3.53mg/kg и ТЕТ (Cd)=3mg/kg, што указује на ниво *вероватног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет (График 4.3.2.9.).

Циљна гранична вредност за кадмијум у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cd)=1.2mg/kg) превазиђена је у узорцима седимента акумулације Радоиња узоркованих у тачкама А1 (5.2mg/kg), Б1 (1.52mg/kg) и Ц1 (4.66mg/kg) (График 4.3.2.9.).

Процена квалитета седимента у односу на садржај **никла** показала је да измерене концентрације у узорцима седимента акумулације Радоиња, узорковане у тачкама А1 (292.0mg/kg) и Б1 (126.0mg/kg) превазилазе дефинисане граничне вредности за PEL (Ni)=36mg/kg, ERM (Ni)= 50mg/kg, SEL (Ni)=75mg/kg и ТЕТ (Ni)=61mg/kg, што указује на ниво *вероватног*, *средњег*, *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет (График 4.3.2.10.).

Циљна гранична вредност за никл у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (Ni)=50mg/kg) превазиђена је у узорцима седимента акумулације Радоиња узоркованих у тачкама А1 (292.0mg/kg), Б1 (126.0mg/kg) и Ц1 (74.0mg/kg) (График 4.3.2.10.).

Процена квалитета седимента у односу на садржај **арсена** показала је да измерене концентрације у узорцима седимента акумулације Радоиња, узоркованих у тачкама А1 (40.7mg/kg), Б1 (42.1mg/kg) и Ц1 (42.0mg/kg) превазилазе дефинисане граничне вредности за PEL (As)=17mg/kg, SEL (As)=33mg/kg и ТЕТ (As)=17mg/kg, што указује на ниво *вероватног*, *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет. Измерене концентрације арсена у

узорцима седимента акумулације Радоиња биле су веће од препоручене граничне вредности ICPDR-а (Quality target (As)=20mg/kg)(График 4.3.2.11.).

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната у седименту акумулације Радоиња одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (ПАН), полихлоровани бифенили (РСВ), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина. Све измерене концентрације биле су мање од препоручених граничних вредности (Табела 4.2.2 и 4.2.3. И поред детектованих ниских концентрација, занимљиви су дијагностички односи IcdP/(IcdP + BghiP) за узорке седимента А1, Б1 и Ц1 ове акумулације који износе 0,46, 0,44 и 0,42 што указује на загађење седимента првенствено сагоревањем бензина.

Анализом графика се уочава да су у испитиваним узорацим седимента А1, Б1 и посебно Ц1, без обзира на њихове врло ниске концентрације, више заступљени РСВ конгенери са већим степеном хлорованости, што се може двоструко тумачити: трансформаторска и кондензаторска уља, која су основни извор загађења РСВ компонентама углавном садрже РСВ конгенере са високим садржајем атома хлора док са друге стране РСВ конгенери са више атома хлора имају већи потенцијал за акумулацију у седименту па је тако већа могућност њиховог детектовања у овом матриксу.

4.3.2.7. Акумулација Сјеница

Садржај метала

Процена квалитета седимента у односу на садржај **хрома** показала је да измерене концентрације у узорцима седимента акумулације Сјеница, узоркованих у тачкама А1 (126.0mg/kg), Б1 (100.0mg/kg), Ц1 (108.0mg/kg) и Д1 (149.0mg/kg) превазилазе дефинисане граничне вредности за PEL (Cr)=90mg/kg, ERM (Cr)= 145mg/kg, SEL (Cr)=110mg/kg и ТЕТ (Cr)=100mg/kg, што указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет (График 4.3.2.8.).

Циљна гранична вредност за хром у седименту, према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cr)=100mg/kg) превазиђена је у тачкама А1 (126.0mg/kg), Б1 (100.0mg/kg), Ц1 (108.0mg/kg) и Д1 (149.0mg/kg)(График 4.3.2.8.).

Процена квалитета седимента у односу на садржај **никла** показала је да измерене концентрације у узорцима седимента акумулације Сјеница, узоркованих у тачкама А1 (200.0mg/kg), Б1 (154.0mg/kg), Ц1 (155.0mg/kg) и Д1 (217.0mg/kg), превазилазе дефинисане граничне вредности за PEL (Ni)=36mg/kg, ERM (Ni)= 50mg/kg, SEL (Ni)=75mg/kg и ТЕТ (Ni)=61mg/kg, што указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет (График 4.3.2.10).

Циљна гранична вредност за никл у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (Ni)=50mg/kg) превазиђена је у узорцима седимента акумулације Сјеница, узоркованих у тачкама А1 (200.0mg/kg), Б1 (154.0mg/kg), Ц1 (155.0mg/kg) и Д1 (217.0mg/kg)(График 4.3.2.10).

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (РАН), полихлоровани бифенили (РСВ), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина.

Полициклични ароматични угљоводоници (РАН) су детектовани у већини испитиваних узорка седимента акумулације Сјеница (График 4.3.2.12.) у концентрацијама значајно нижим од прописаних граничних вредности. Одређене су суме детектованих РАН-ова у свим узорцима, сумарне вредности кретале су се у опсегу од око 108.3µg/kg до 192.3µg/kg. Највећа вредност суме РАН-ова регистрована је у тачки А1.

Процена квалитета седимента у односу на суму РАН-ова указује да су сумарне концентрације у седименту акумулације Сјеница вишеструко ниже од дефинисаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (РАНs)=8040µg/kg) и *средњи распон ефекта* (ERM (РАНs)=23580µg/kg)(График 4.3.2.12.).

Садржај **полихлорованих бифенила** (сума РСВ) у узорцима седимента акумулације Сјеница кретао се у опсегу од око 3.5µg/kg до 11.8µg/kg, што је знатно испод прописаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (РСВs)=277µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (РСВs)=400µg/kg), *ниво озбиљног ефекта* (SEL (РСВs)=5300µg/kg) и *праг токсичног ефекта* (TET (РСВs)=1000µg/kg)(График 4.3.2.13.).

Укупни **DDTs**, односно суме р,р-DDT, р,р-DDD и р,р-DDE у свим испитиваним узорцима су биле значајно испод прописане вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (DDTs)=4500µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (DDTs)=350µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (DDTs)=120µg/kg)(График 4.3.2.14.).

Процена квалитета седимента у односу на садржај р,р-DDT указује да су добијене концентрације у узорцима седимента акумулације Сјеница у тачкама А1 (41.1 µg/kg) и Б1 (20.0 µg/kg) превазилазиле дефинисан критеријум за *средњи распон ефекта* (ERM (р,р-DDT)=7.0µg/kg)(График 4.3.1.1.4.).

На основу критеријума дефинисаних Уредбом („Сл.гласник РС“, бр. 50/2012) констатовано је да измерене концентрације р,р-DDT у тачкама А1 (41.1 µg/kg) и Б1 (20.0 µg/kg) прекорачују максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК=9 µg/kg) је коригована у зависности од садржаја органске материје у узорцима. Кориговане граничне вредности

срачунате применом корекционих формула су износиле у тачки А1 - ГВк =12.6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ и у тачки Б1-ГВк=12.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Од осталих **органохлорних пестицида** у узорку седимента акумулације Сјеница, узоркованог у тачки Д1 детектовано је присуство изодрина (34.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$). У свим осталим узорцима седимента узоркованим у тачкама А1, Б1, Ц1 и Д1 концентрације органохлорних пестицида биле су мање од вредности граница квантификације(LOQ)(График 4.3.2.15.).

Измерене концентрације **пестицида на бази триазина** у узорцима седимента акумулације Сјеница биле су испод вредности границе квантификације (LOQ) (График 4.3.2.16.).

Овако високе концентрације р,р' DDT и концентрације његових деградационих производа испод границе квантификације у наведеним тачкама ове акумулације, снажно указује на „ново“ загађење, односно да су на овим локацијама у скороје време третиране површине р,р' DDT-ом.



Екипа Агенције за заштиту животне средине за узорковање и испитивање квалитета воде и седимента акумулација (Ј.Миловановић, Н.Вељковић, Љ.Денић, П.Костић, З.Кузмановић, З.Стојановић, А.Ђурковић, М.Домановић), Брестовац (Бојник), август 2015.године

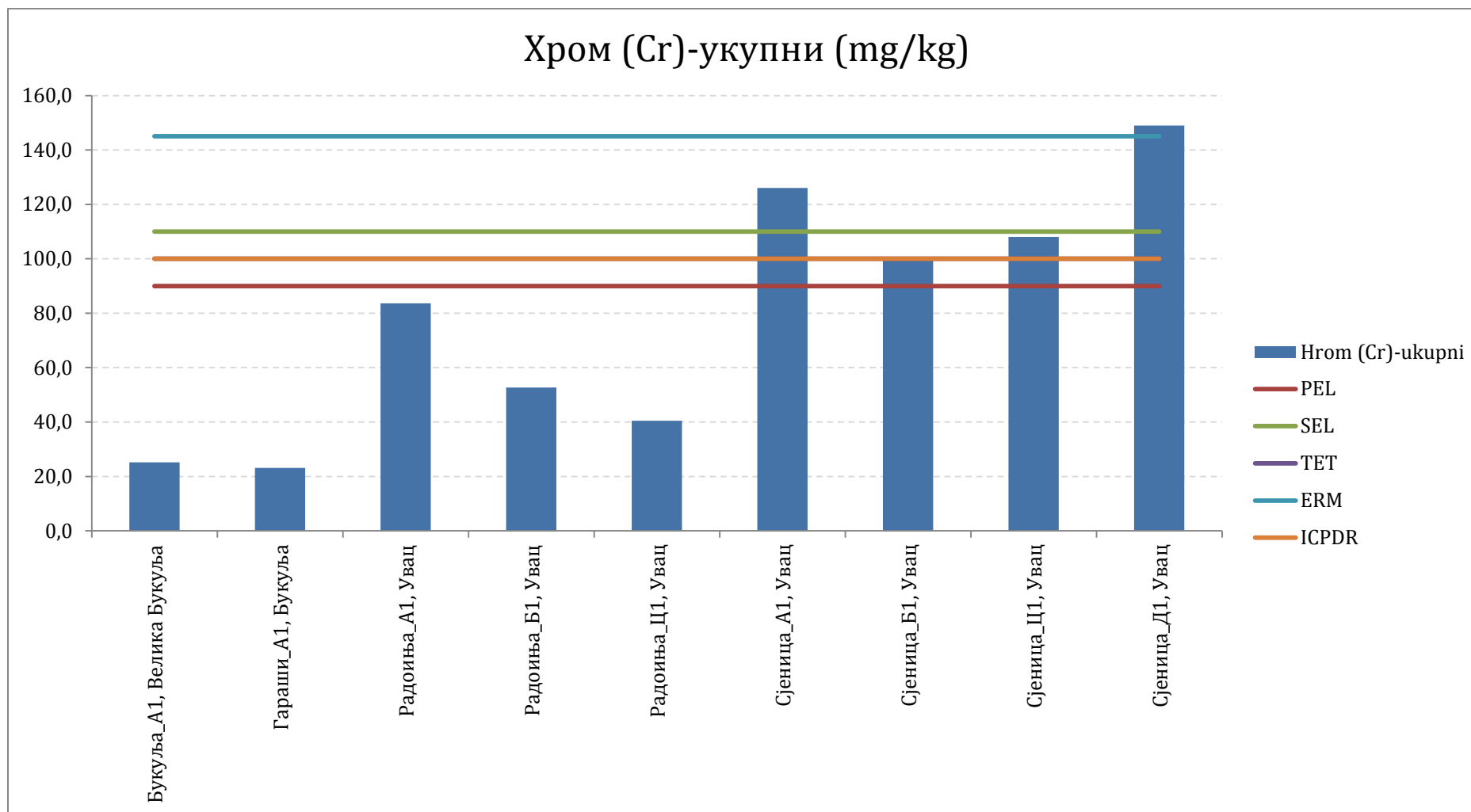


График 4.3.2.8. Садржај хрома (Cr) у седиментима акумулација Букуља, Гараша, Радоиња и Сјеница (слив реке Саве) у односу на критеријуме квалитета

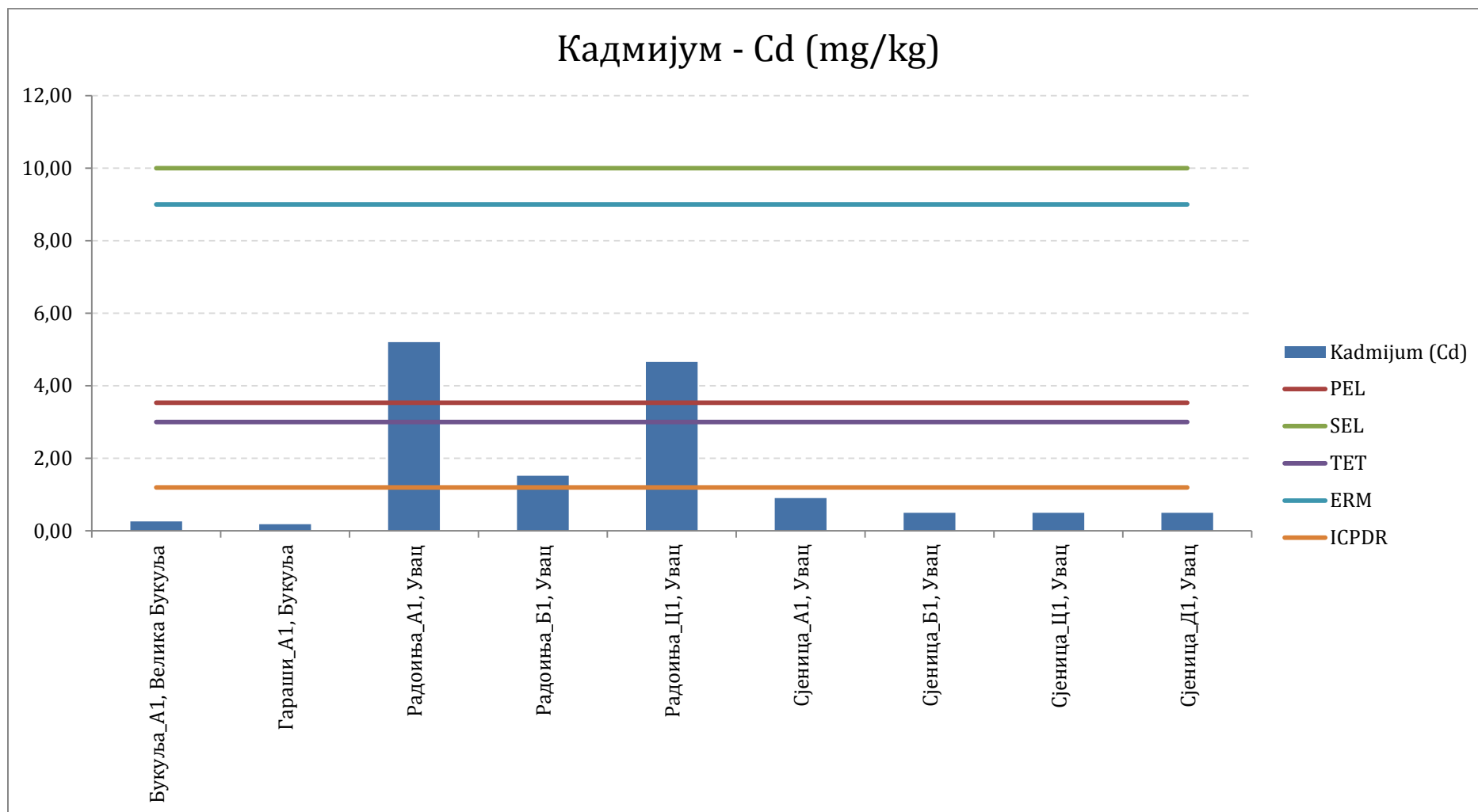


График 4.3.2.9. Садржај кадмијума (Cd) у седиментима акумулација Букуља, Гараша, Радоиња и Сјеница (слив реке Саве) у односу на критеријуме квалитета

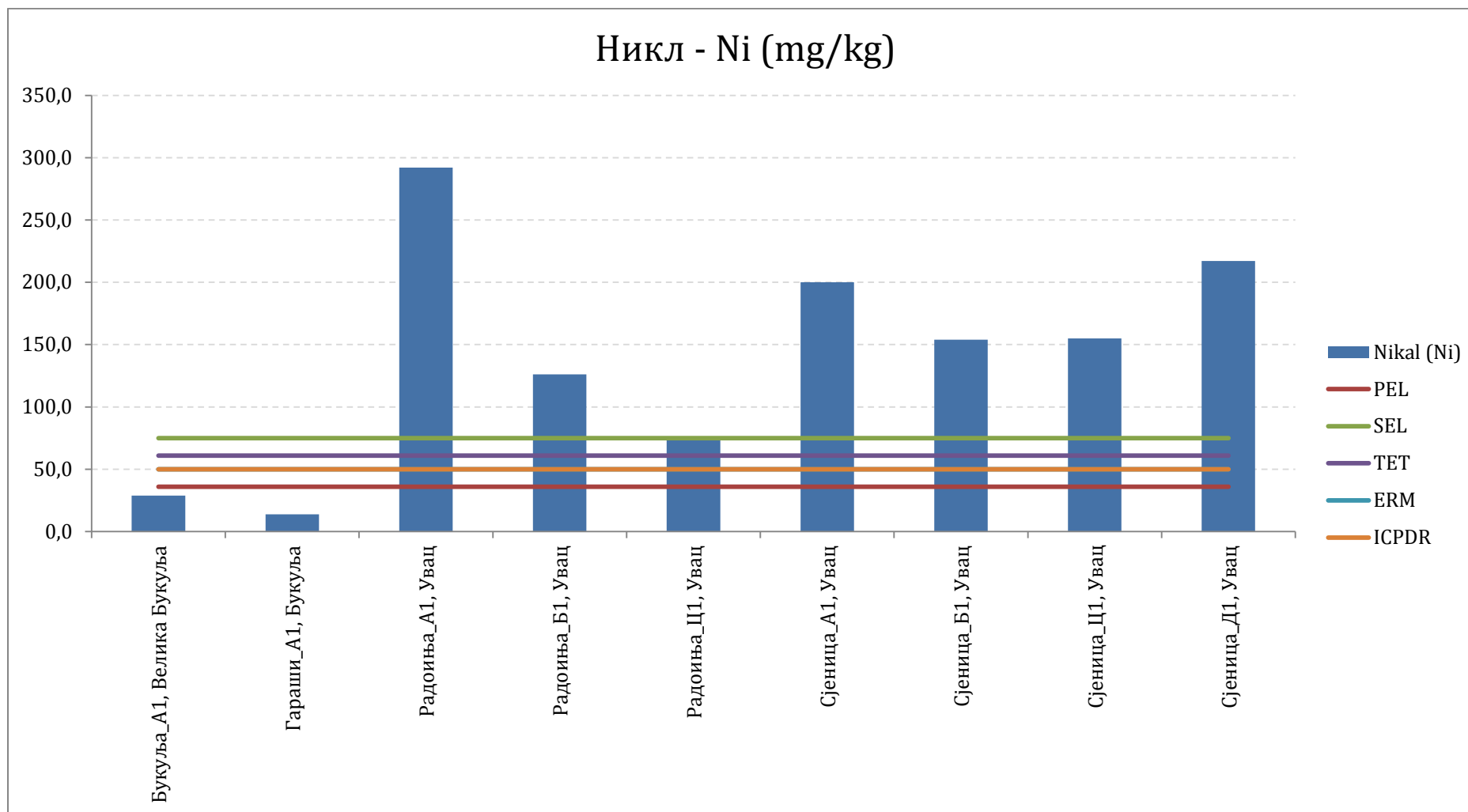


График 4.3.2.10. Садржај никла (Ni) у седиментима акумулација Букуља, Гараши, Радоиња и Сјеница (слив реке Саве) у односу на критеријуме квалитета

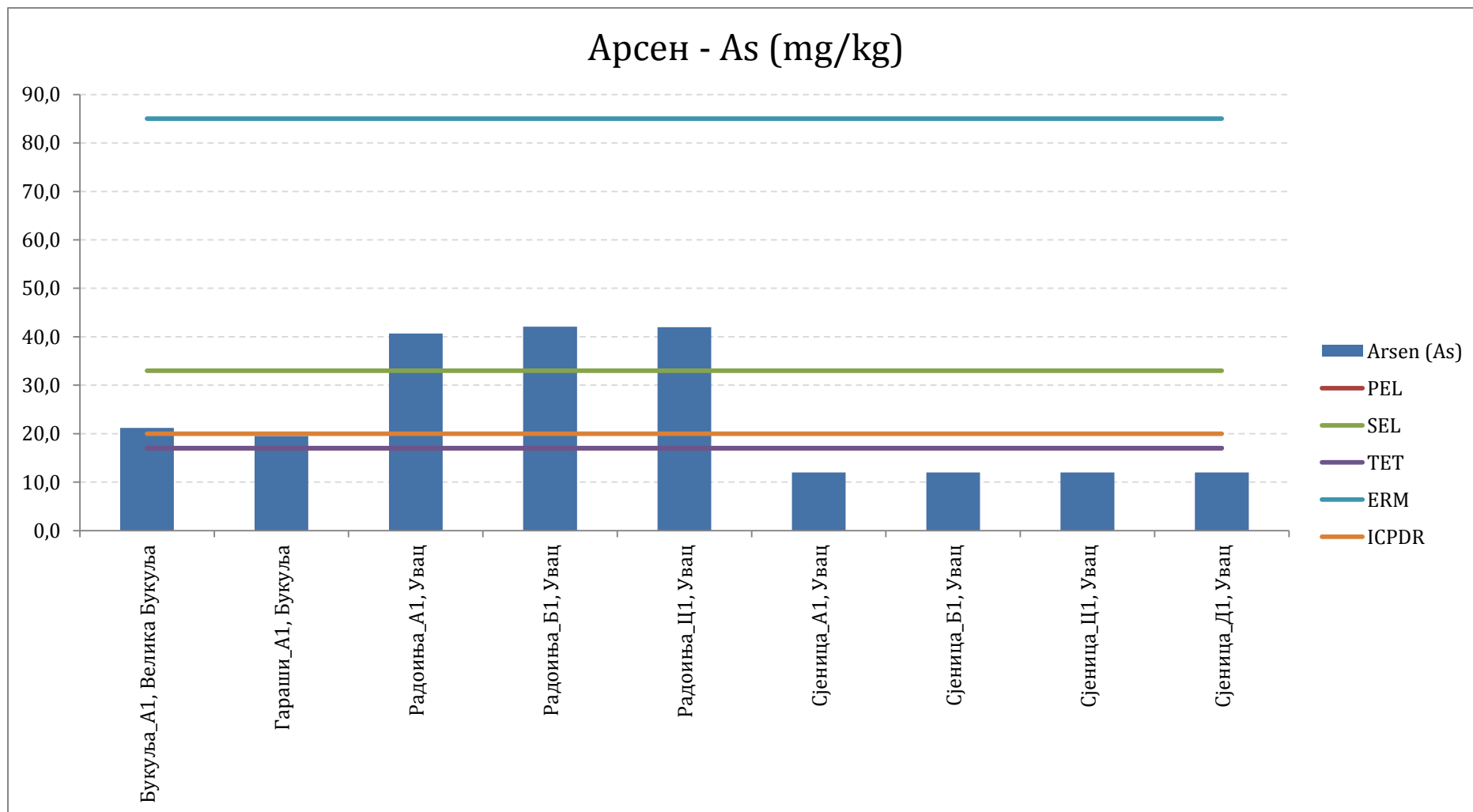


График 4.3.2.11. Садржај арсена (As) у седиментима акумулација Букуља, Гараши, Радоиња и Сјеница (слив реке Саве) у односу на критеријуме квалитета

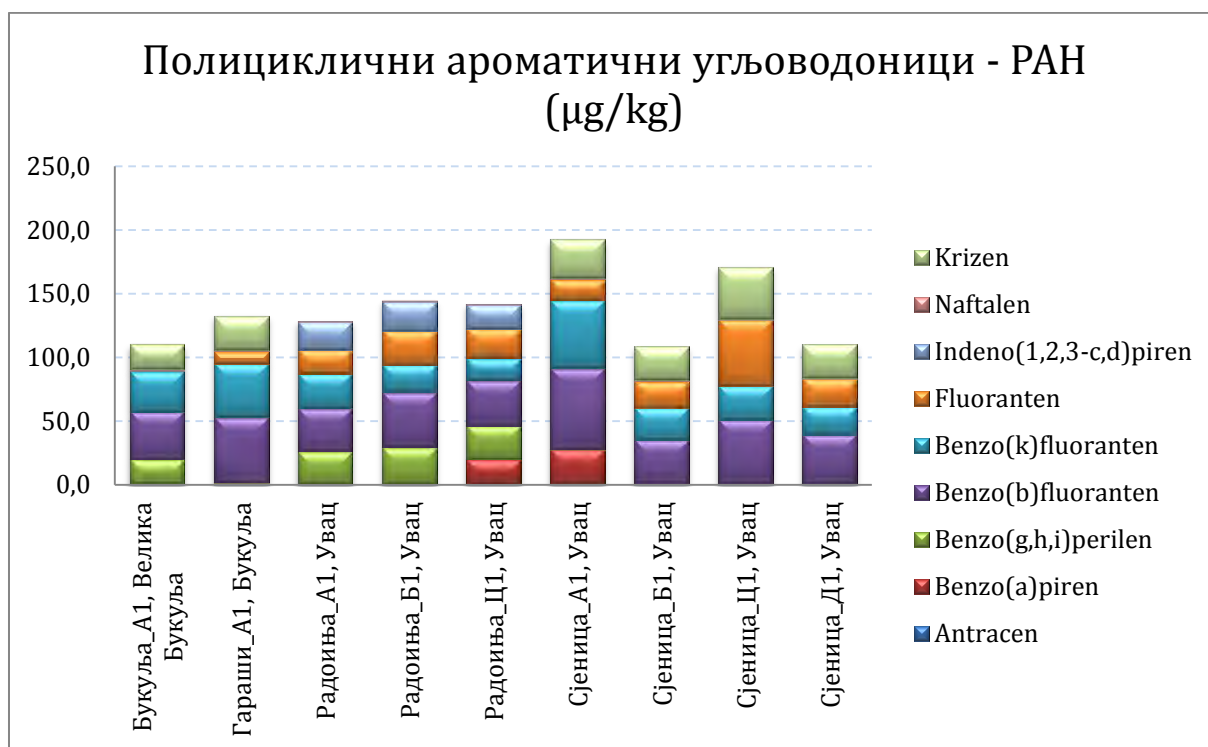


График 4.3.2.12. Садржај полицикличних ароматичних једињења (ПАХ) у седиментима акумулација Букуља, Гараши, Радоиња и Сјеница (слив реке Саве)

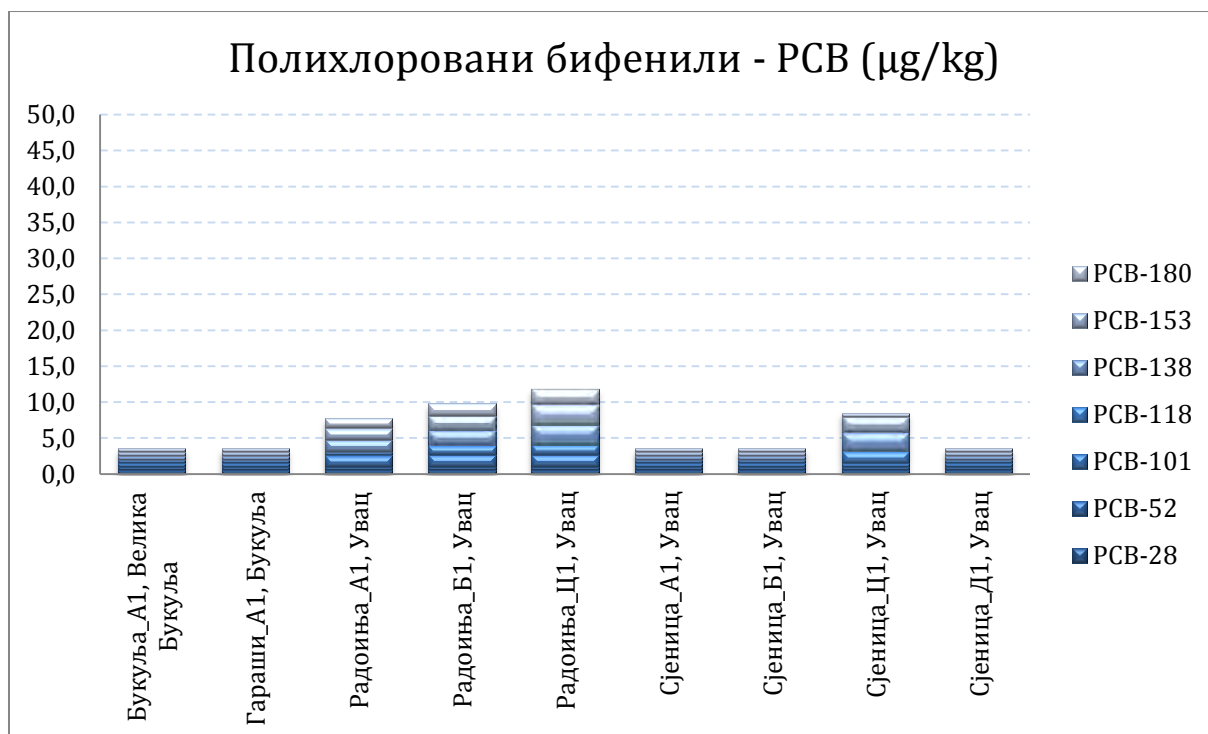


График 4.3.2.13. Садржај полихлорованих бифенила (РСВ) у седиментима акумулација Букуља, Гараши, Радоиња и Сјеница (слив реке Саве)

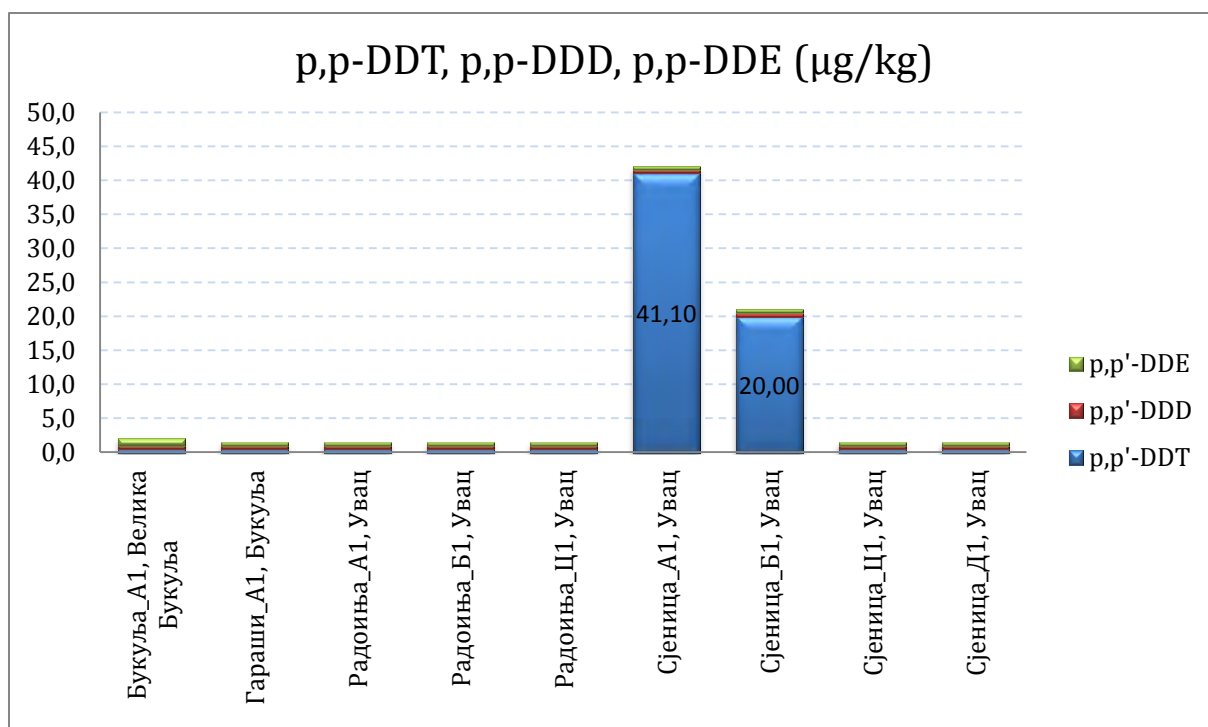


График 4.3.2.14. Садржај p,p-DDT, p,p-DDD, p,p-DDE у седиментима акумулација Букуља, Гараша, Радоиња и Сјеница (слив реке Саве)

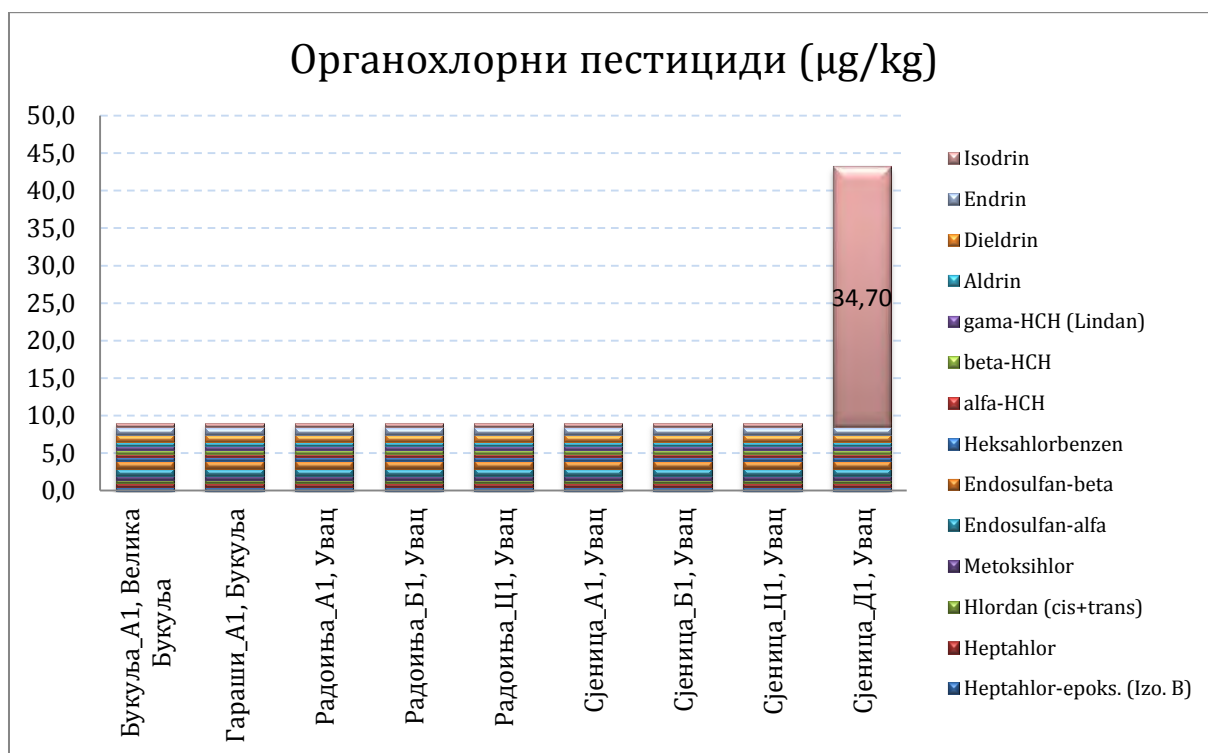


График 4.3.2.15. Садржај органохлорних пестицида у седиментима акумулација Букуља, Гараша, Радоиња и Сјеница (слив реке Саве)

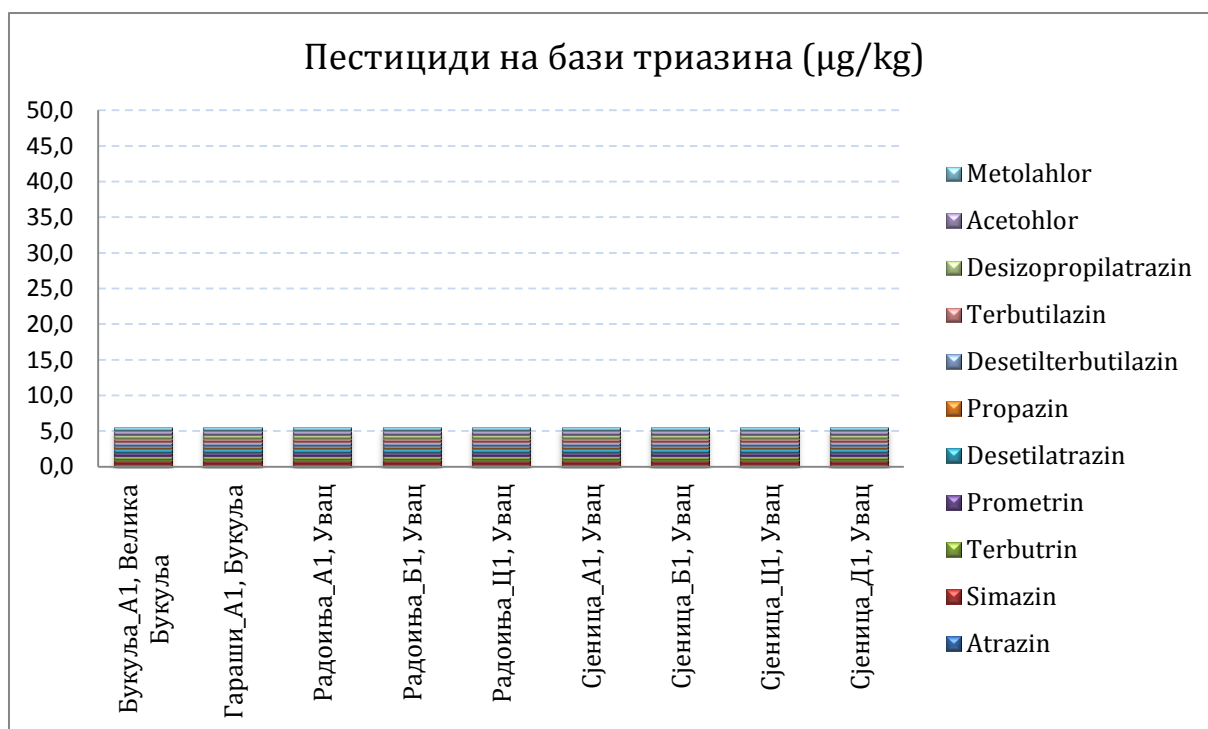


График 4.3.2.16. Садржај пестицида на бази триазина у седиментима акумулација Букуља, Гараша, Радоиња и Сјеница (слив реке Саве)

4.3.2.8. Акумулација Нова Грошница

Садржај метала

Процена квалитета седимента, у односу на садржај **цинка** показала је да је измерена концентрација у седименту акумулације Нова Грошница (280 mg/kg) била већа од циљне граничне вредности (Quality target (Zn)=200mg/kg) препоручене од ICPDR-а.

Процена квалитета седимента у односу на садржај **хрома** показала је да измерена концентрација у седименту акумулације Нова Грошница (115.0mg/kg) превазилази граничне вредности за PEL (Cr)=90mg/kg, SEL (Cr)= 110mg/kg и TET (Cr)=100mg/kg, што указује на ниво *вероватног, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет. Измерена концентрација хрома у седименту акумулације Нова Грошница била је већа од препоручене граничне вредности ICPDR-а (Quality target (Cr)=100mg/kg).

Процена квалитета седимента у односу на садржај **олова** показала је да је измерена концентрација у седименту акумулације Нова Грошница (64.6mg/kg), била већа од циљне граничне вредности (Quality target (Pb)=50mg/kg) препоручене од ICPDR-а.

Процена квалитета седимента у односу на садржај **никла** показала је да измерена концентрација у седименту акумулације Нова Грошница (38.0mg/kg) превазилази прописану граничну вредност за *ниво вероватног ефекта* (PEL (Ni)=36mg/kg).

Процена квалитета седимента у односу на садржај **арсена** показала је да измерена концентрација у седименту акумулације Нова Грошница (22.4mg/kg) превазилази приказане дефинисане граничне вредности за PEL (As)=17mg/kg и ТЕТ (As)=17mg/kg, што указује на *ниво вероватног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет. Измерена концентрација арсена у седимента акумулације Грошница била је већа од препоручене граничне вредности ICPDR-а (Quality target (As)=20mg/kg).

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (ПАН), полихлоровани бифенили (ПСВ), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина.

Полициклични ароматични угљоводоници (ПАН) су детектовани у узорку седимента акумулације Нова Грошница у концентрацијама значајно нижим од прописаних граничних вредности. Одређена је сума детектованих ПАН-ова, сумарна вредност износила је 44.6µg/kg.

Процена квалитета седимента, у односу на суму ПАН-ова, указује да је сумарна концентрација у седименту акумулације Нова Грошница вишеструко нижа од дефинисаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (ПАНs)=8040µg/kg) и *средњи распон ефекта* (ERM(ПАНs)=23580 µg/kg).

Измерене концентрације појединачних **полихлорованих бифенила** у узорку седимента акумулације Нова Грошница биле су испод вредности граница квантификације (LOQ).

Измерене концентрације **p,p-DDT, p,p-DDD и p,p-DDE** у узорку седимента акумулације Нова Грошница биле су испод вредности граница квантификације (LOQ).

Од осталих **органохлорних пестицида** у узорку седимента акумулације Нова Грошница, узоркованог у тачки А1 детектовано је присуство изодрина (28.3 µg/kg). Измерене концентрације осталих органохлорних пестицида биле су мање од вредности граница квантификације(LOQ).

Измерене концентрације **пестицида на бази триазина** у узорку седимента акумулације Нова Грошница биле су испод вредности границе квантификације (LOQ).

4.3.2.9. Акумулација Ћелије

Садржај метала

Измерене концентрације **цинка** у седименту акумулације Ћелије кретале су се у опсегу 164.0-218.0mg/kg. Највећа вредност цинка регистрована је у узорку седимента узоркованом у тачки Ц1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај цинка показала је да је измерена концентрација у узорку седимента акумулације Ћелије узоркованог у тачки Ц1 (218.0mg/kg) превазилази циљну граничну вредност према препорукама ICPDR-а (Quality target (Zn)=200mg/kg)(График 4.3.2.17).

Измерене концентрације **бакра** у седименту акумулације Ћелије кретале су се у опсегу 31.2-83.4mg/kg. Највећа вредност бакра регистрована је у узорку седимента узоркованом у тачки Б1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај бакра показала је да измерена концентрација у узорку седимента акумулације Ћелије узоркованог у тачки Б1 (83.4mg/kg) превазилази циљну граничну вредност према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cu)=60mg/kg)(График 4.3.2.18.).

Измерене концентрације **хрома** у седименту акумулације Ћелије кретале су се у опсегу 188.1-282.4mg/kg. Највећа вредност хрома регистрована је у узорку седимента узоркованом у тачки А1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај **хрома** у седименту акумулације Ћелије узоркованих у тачкама А1 (282.4mg/kg), Б1 (188.1mg/kg), Ц1 (255.6mg/kg) и Д1 (218.4mg/kg) показала је да измерене концентрације превазилазе дефинисане граничне вредности за PEL (Cr)=90mg/kg, ERM (Cr)=145mg/kg, SEL (Cr)=110mg/kg и TET (Cr)=100mg/kg, што указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет (График 4.3.2.19.).

Циљна гранична вредност за хром у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cr)=100mg/kg) превазиђена је у тачкама А1 (282.4mg/kg), Б1 (188.1mg/kg), Ц1 (255.6mg/kg) и Д1 (218.4mg/kg)(График 4.3.2.19.).

Измерене концентрације **олова** у седименту акумулације Ћелије кретале су се у опсегу 61.6-151.0mg/kg. Највећа вредност олова регистрована је у узорку седимента узоркованом у тачки А1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај олова у седименту акумулације Ћелије узоркованих у тачкама А1 (151.0mg/kg), Б1 (105.4mg/kg) и Д1 (109.7mg/kg) показала је да измерене концентрације превазилазе граничну вредност за *ниво вероватног ефекта* (PEL (Pb)=91.3mg/kg), док је измерена вредност у тачки А1

била је већа и од вредности за *средњи распон ефекта* (ERM (Pb)=110mg/kg)(График 4.3.2.20.).

Циљна гранична вредност за олово у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (Pb)=100mg/kg) превазиђена је у тачкама А1 (151.0mg/kg), Б1 (105.4mg/kg) и Д1 (109.7mg/kg)(График 4.3.2.20.).

Измерене концентрације **кадмијума** у седименту акумулације Ћелије, кретале су се у опсегу 2.36-4.18mg/kg. Највећа вредност кадмијума регистрована је у узорку седимента узоркованог у тачки А1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај кадмијума у седименту акумулације Ћелије узоркованих у тачкама А1 (4.18mg/kg) и Б1 (4.06mg/kg), показала је да измерене концентрације превазилазе граничне вредности за PEL (Cd)=3.53mg/kg и ТЕТ (Cd)=3mg/kg, што указује на *вероватни* и *токсични* ниво ефекта на акватични живи свет (График 4.3.2.21.).

Циљна гранична вредност за кадмијум у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cd)=1.2mg/kg) превазиђена је у тачкама А1 (4.18mg/kg), Б1 (4.06mg/kg), Ц1 (2.48mg/kg) и Д1 (2.36mg/kg)(График 4.3.2.21.).

Измерене концентрације **никла** у седименту акумулације Ћелије кретале су се у опсегу 298.0-561.0mg/kg. Највећа вредност никла регистрована је у узорку седимента узоркованог у тачки Ц1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај никла у седименту акумулације Ћелије узоркованих у тачкама А1 (408.0mg/kg), Б1 (298.0mg/kg), Ц1 (561.0mg/kg) и Д1 (391.0mg/kg) показала је да измерене концентрације превазилазе приказане дефинисане граничне вредности за PEL (Ni)=36mg/kg, ERM (Ni)=50mg/kg, SEL (Ni)=75mg/kg и ТЕТ (Ni)=61mg/kg, што указује на ниво *вероватног*, *средњег*, *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет (График 4.3.2.22.).

Циљна гранична вредност за никл у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (Ni)=50mg/kg) превазиђена је у тачкама А1 (408.0mg/kg), Б1 (298.0mg/kg), Ц1 (561.0mg/kg) и Д1 (391.0mg/kg)(График 4.3.2.22.).

Измерене концентрације **арсена** у седименту акумулације Ћелије кретале су се у опсегу 55.0-115.0mg/kg. Највеће вредности арсена регистроване су у узорцима седимента узоркованим у тачкама А1 и Ц1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај арсена у седименту акумулације Ћелије узоркованих у тачкама Б1 (82.0mg/kg) и Д1 (55.0mg/kg) показала је да измерене концентрације превазилазе дефинисане граничне вредности за PEL (As)=17mg/kg, SEL (As)=33mg/kg и ТЕТ (As)=17mg/kg, што указује на ниво *вероватног*, *озбиљног* и *токсичног* ефекта, док су измерене

вредности у тачкама А1 (115.0mg/kg) и Ц1 (115.0mg/kg) биле веће и од ERM (As)=85mg/kg и *средњи распон ефекта* на акватични живи свет (График 4.3.2.23.).

Циљна гранична вредност за арсен у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (As)=20mg/kg) превазиђена је у тачкама А1 (115.0mg/kg), Б1 (82.0mg/kg), Ц1 (115.0mg/kg) и Д1 (55.0mg/kg)(График 4.3.2.23.).

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (РАН), полихлоровани бифенили (РСВ), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина.

Полициклични ароматични угљоводоници (РАН) су детектовани у већини испитиваних узорка седимента акумулације Ћелије (График 4.3.2.24.) у концентрацијама значајно нижим од прописаних граничних вредности. Одређене су суме детектованих РАН-ова у свим узорцима, сумарне вредности кретале су се у опсегу од око 75.0µg/kg до 100.4µg/kg. Највећа вредност суме РАН-ова регистрована је у тачки А1. Процена квалитета седимента у односу на суму РАН-ова, указује да су сумарне концентрације у седименту акумулације Ћелије вишеструко ниже од дефинисаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (РАНs)=8040µg/kg) и *средњи распон ефекта* (ERM(РАНs)=23580µg/kg)(График 4.3.2.24.).

Садржај **полихлорованих бифенила** (сума РСВ) у узорцима седимента акумулације Ћелије кретао се у опсегу од око 8.2µg/kg до 11.5 µg/kg, што је знатно испод прописаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (РСВs)=277µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (РСВs)=400µg/kg), *праг токсичног ефекта* (TET (РСВs)=1000µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (РСВs)=5300µg/kg)(График 4.3.2.25.). Само у узорку седимента А1 са ове акумулације је детектована нешто већа заступљеност РСВ конгенери са већим степеном хлорованости.

Измерене концентрације **р,р-DDT, р,р-DDD и р,р-DDE** у узорку седимента акумулације Ћелије биле су испод вредности граница квантификације (LOQ) (График 4.3.2.26.). Измерене концентрације осталих **органохлорних пестицида** у узорцима седимента акумулације Ћелије биле су испод вредности границе квантификације (LOQ)(График 4.3.2.27.).

Измерене концентрације **пестицида на бази триазина** у узорцима седимента акумулације Ћелије биле су испод вредности границе квантификације (LOQ) (График 4.3.2.28.).

4.3.2.10. Акумулација Грузжа

Садржај метала

Измерене концентрације **хрома** у седименту акумулације Грузжа кретале су се у опсегу 110.3-196.2mg/kg. Највећа вредност хрома регистрована је у узорку седимента узоркованом у тачки А1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај хрома у седименту акумулације Грузжа узоркованих у тачкама Ц1 (135.0mg/kg) и Д1 (110.3mg/kg) показала је да измерене концентрације превазилазе граничне вредности за PEL (Cr)=90mg/kg, SEL(Cr)=110mg/kg и ТЕТ (Cr)=100mg/kg, што указује на ниво *вероватног, озбиљног и токсичног* ефекта, док су измерене вредности у тачкама А1 (196.2mg/kg) и Б1 (147.6mg/kg) биле веће и од ERM (Cr)= 145mg/kg, што указује на *средњи распон ефекта* на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за хром у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cr)=100mg/kg) превазиђена је у тачкама А1 (196.2mg/kg), Б1 (147.6mg/kg), Ц1 (135.0mg/kg) и Д1 (110.3mg/kg)(График 4.3.2.19.).

Измерене концентрације **кадмијума** у седименту акумулације Грузжа кретале су се у опсегу 1.88-2.26mg/kg. Највећа вредност кадмијума регистрована је у узорку седимента узоркованог у тачки А1.

Процена квалитета седимента у односу циљну граничну вредност за кадмијум у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cd)=1.2mg/kg), превазиђена је у тачкама А1 (2.26mg/kg), Б1 (2.10mg/kg), Ц1 (1.88mg/kg) и Д1 (2.0mg/kg)(График 4.3.2.21.).

Измерене концентрације **никла** у седименту акумулације Грузжа кретале су се у опсегу 113.0-165.0mg/kg. Највећа вредност никла регистрована је у узорку седимента узоркованог у тачки Д1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај никла у седименту акумулације Грузжа узоркованих у тачкама А1 (113.0mg/kg), Б1 (123.0mg/kg), Ц1 (163.0mg/kg) и Д1 (165.0mg/kg) показала је да измерене концентрације превазилазе дефинисане граничне вредности за PEL (Ni)=36mg/kg, ERM (Ni)=50mg/kg, SEL (Ni)=75mg/kg и ТЕТ (Ni)=61mg/kg, што указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет (График 4.3.2.22.).

Циљна гранична вредност за никл у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (Ni)=50mg/kg) превазиђена је у тачкама А1 (113.0mg/kg), Б1 (123.0mg/kg), Ц1 (163.0mg/kg) и Д1 (165.0mg/kg)(График 4.3.2.22.).

Измерене концентрације **арсена** у седименту акумулације Груже кретале су се у опсегу 127.6-241.2mg/kg. Највеће вредности арсена регистроване су у узорцима седимента узоркованим у тачки А1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај арсена у седименту акумулације Гружа узоркованих у тачкама А1 (241.2mg/kg), Б1 (184.8.0mg/kg), Ц1 (161.8mg/kg) и Д1 (127.6mg/kg) показала је да измерене концентрације превазилазе дефинисане граничне вредности за PEL (As)=17mg/kg, ERM (As)=85mg/kg, SEL (As)=33mg/kg и TET (As)=17mg/kg, што указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет(График 4.3.2.23.).

Циљна гранична вредност за арсен у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (As)=20mg/kg) превазиђена је у тачкама А1 (241.2mg/kg), Б1 (184.8.0mg/kg), Ц1 (161.8mg/kg) и Д1 (127.6mg/kg)(График 4.3.2.23.).

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (ПАН), полихлоровани бифенили (PCB), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина.

Полициклични ароматични угљоводоници (ПАН) су детектовани у већини испитиваних узорака седимента акумулације Гружа (График 4.3.2.24.) у концентрацијама значајно нижим од прописаних граничних вредности. Одређене су суме детектованих ПАН-ова у свим узорцима, сумарне вредности кретале су се у опсегу од око 35.5µg/kg до 73.9µg/kg. Највећа вредност суме ПАН-ова регистрована је у тачки А1.

Процена квалитета седимента у односу на суму ПАН-ова указује да су сумарне концентрације у седименту акумулације Гружа вишеструко ниже од дефинисаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (ПАНs)=8040µg/kg) и *средњи распон ефекта* (ERM (ПАНs)=23580µg/kg)(График 4.3.2.24.).

Садржај **полихлорованих бифенила** (сума PCB) у узорцима седимента акумулације Гружа кретао се у опсегу од око 3.5µg/kg до 6.5 µg/kg, што је знатно испод прописаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (PCBs)=277µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (PCBs)=400µg/kg), *праг токсичног ефекта* (TET (PCBs)=1000µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (PCBs)=5300µg/kg) (График 4.3.2.25.).

Измерене концентрације **р,р-DDT, р,р-DDD и р,р-DDE** у узорку седимента акумулације Гружа биле су испод вредности граница квантификације (LOQ) (График 4.3.2.26.).

Измерене концентрације осталих **органохлорних пестицида** у узорцима седимента акумулације Гружа биле су испод вредности границе квантификације (LOQ)(График 4.3.2.27.).

Измерене концентрације **пестицида на бази триазина** у узорцима седимента акумулације Гружа биле су испод вредности границе квантификације (LOQ) (График 4.3.2.28.).

4.3.2.11. Акумулација Врутци

Садржај метала

Измерене концентрације **бакра** у седименту акумулације Врутци кретале су се у опсегу 32.0-78.0mg/kg. Највећа вредност бакра регистрована је у узорку седимента узоркованом у тачки Б1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај бакра показала је да је измерена концентрација у узорку седимента акумулације Врутци узоркованог у тачки Б1 (78.0mg/kg) превазилазила циљну граничну вредност према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cu)=60mg/kg)(График 4.3.2.18.).

Измерене концентрације **хрома** у седименту акумулације Врутци кретале су се у опсегу 308.0-398.0mg/kg. Највећа вредност хрома регистрована је у узорку седимента узоркованом у тачки Ц1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај **хрома** у седименту акумулације Врутци узоркованих у тачкама Б1 (308.0mg/kg) и Ц1 (398.0mg/kg), показала је да измерене концентрације превазилазе граничне вредности за PEL (Cr)=90mg/kg, ERM (Cr)= 145mg/kg , SEL (Cr)=110mg/kg и TET (Cr)=100mg/kg, што указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет (График 4.3.2.19.)

Циљна гранична вредност за хром у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cr)=100mg/kg) превазиђена је у тачкама Б1 (308.0mg/kg) и Ц1 (398.0mg/kg)(График 4.3.2.19.).

Измерене концентрације **кадмијума** у седименту акумулације Врутци кретале су се у опсегу <1.0-10.50mg/kg. Највећа вредност кадмијума регистрована је у узорку седимента узоркованог у тачки Ц1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај кадмијума у седименту акумулације Врутци узоркованог у тачки Ц1 (10.50mg/kg) показала је да измерена концентрација превазилази граничне вредности за PEL (Cd)=3.53mg/kg, ERM (Cd) =9.0mg/kg, SEL (Cd)=10mg/kg и TET (Cd)=3mg/kg, што указује на ниво *вероватног,*

средњег, озбиљног и токсичног ефекта на акватични живи свет (График 4.3.2.21.).

Циљна гранична вредност за кадмијум у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cd)=1.2mg/kg) превазиђена је у тачки Ц1 (10.5mg/kg)(График 4.3.2.21.).

Измерене концентрације **никла** у седименту акумулације Врутци кретале су се у опсегу 200.0-880.0mg/kg. Највећа вредност никла регистрована је у узорку седимента узоркованог у тачки Ц1. Процена квалитета седимента у односу на садржај никла у седименту акумулације Врутци узоркованих у тачкама Б1 (200.0mg/kg) и Ц1 (880.0mg/kg) показала је да измерене концентрације превазилазе дефинисане граничне вредности за PEL (Ni)=36mg/kg, ERM (Ni)=50mg/kg, SEL (Ni)= 75mg/kg и ТЕТ (Ni)=61mg/kg, што указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет (График 4.3.2.22.). Циљна гранична вредност за никл у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (Ni)=50mg/kg) превазиђена је у тачкама Б1 (200.0mg/kg) и Ц1 (880.0mg/kg)(График 4.3.2.22.).

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (РАН), полихлоровани бифенили (РСВ), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина.

Полициклични ароматични угљоводоници (РАН) детектовани су у узорку седимента акумулације Врутци узоркованог у тачки Б1 у концентрацији значајно нижој од прописаних граничних вредности. Одређена је суме детектованих РАН-ова (13.10µg/kg).

Процена квалитета седимента у односу на суму РАН-ова указује да је сумарна концентрација у седименту акумулације Врутци вишеструко нижа од дефинисаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (РАНs)=8040µg/kg) и *средњи распон ефекта* (ERM (РАНs)= 23580µg/kg)(График 4.3.2.24.).

Измерене концентрације **полихлорованих бифенила** у узорцима седимента акумулације Врутци биле су испод вредности границе квантификације (LOQ) (График 4.3.2.25.).

Укупни **DDTs**, односно суме **p,p-DDT**, **p,p-DDD** и **p,p-DDE** у свим испитиваним узорцима су биле значајно испод прописане вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (DDTs)=4500µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (DDTs)=350µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (DDTs)=120µg/kg)(График 4.3.2.26.).

Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом („Сл.гласник РС“, бр. 50/2012) у односу на садржај р,р-DDE у тачкама Б1 (2.20 µg/kg) и Ц1 (3.00µg/kg) указују на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК (р,р-DDE)=1µg/kg) је коригована у зависности од садржаја органске материје у посматраним узорцима. Кориговане граничне вредности срачунате применом корекционих формула су износиле су у тачки Б1 - ГВк =0.86 µg/kg и у тачки Ц1- ГВк=1.32 µg/kg.

Измерене концентрације осталих **органохлорних пестицида** у узорцима седимента акумулације Врутци биле су испод вредности границе квантификације (LOQ)(График 4.3.2.27.).

Измерене концентрације **пестицида на бази триазина** у узорцима седимента акумулације Врутци биле су испод вредности границе квантификације (LOQ) (График4.3.2.28.).

Детектовано дискретно повећање концентрације р,р' DDE у обе тачке ове акумулације, указује на значајну деградацију р,р' DDT што значи да седимент није оптерећен скоријим загађењима овог пестицида.



Узорковање седимента акумулације Врутци (узоркивач П.Костић), август 2012.година

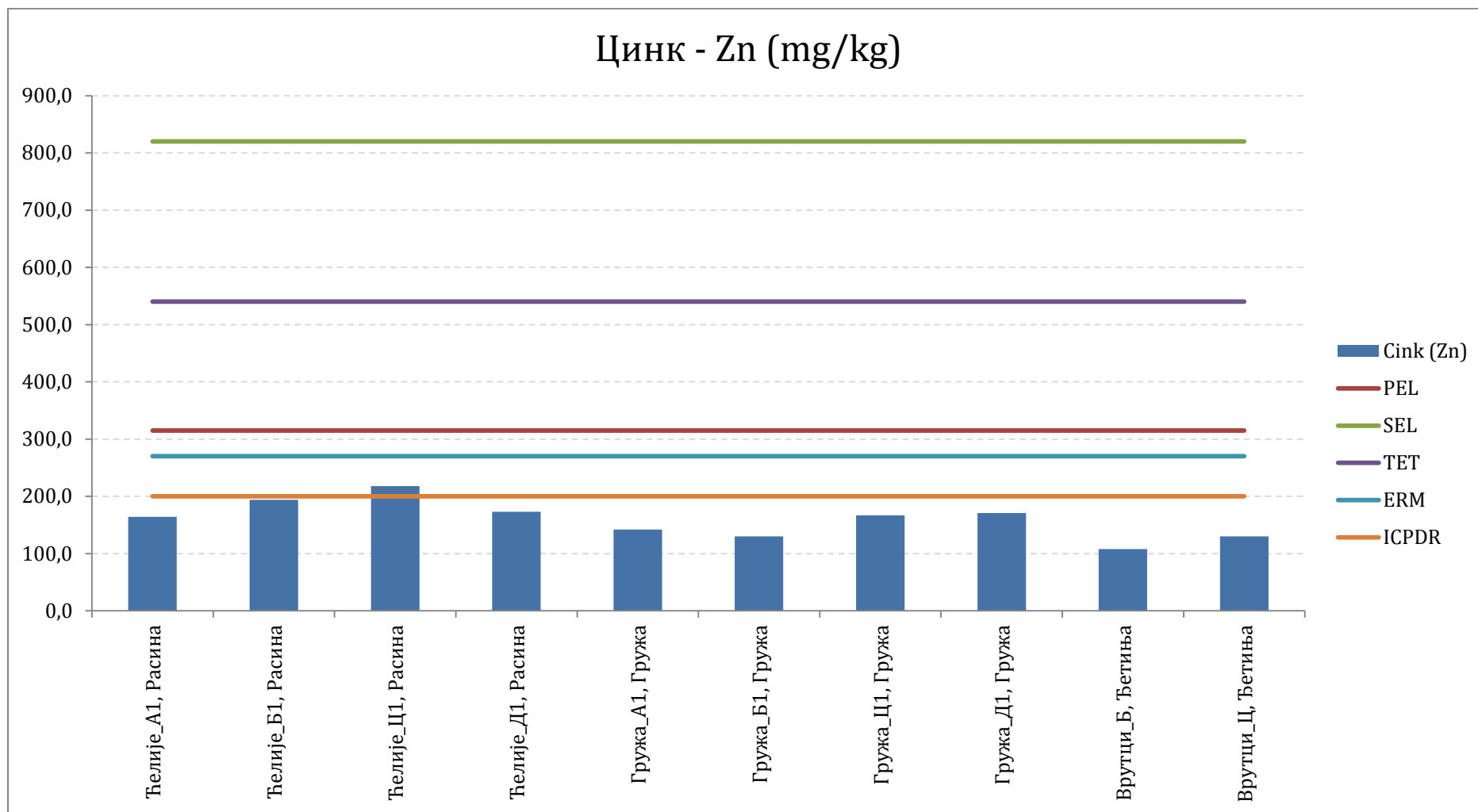


График 4.3.2.17. Садржај цинка (Zn) у седиментима акумулација Ћелије, Гружа и Врутци (слив Западне Мораве) у односу на критеријуме квалитета

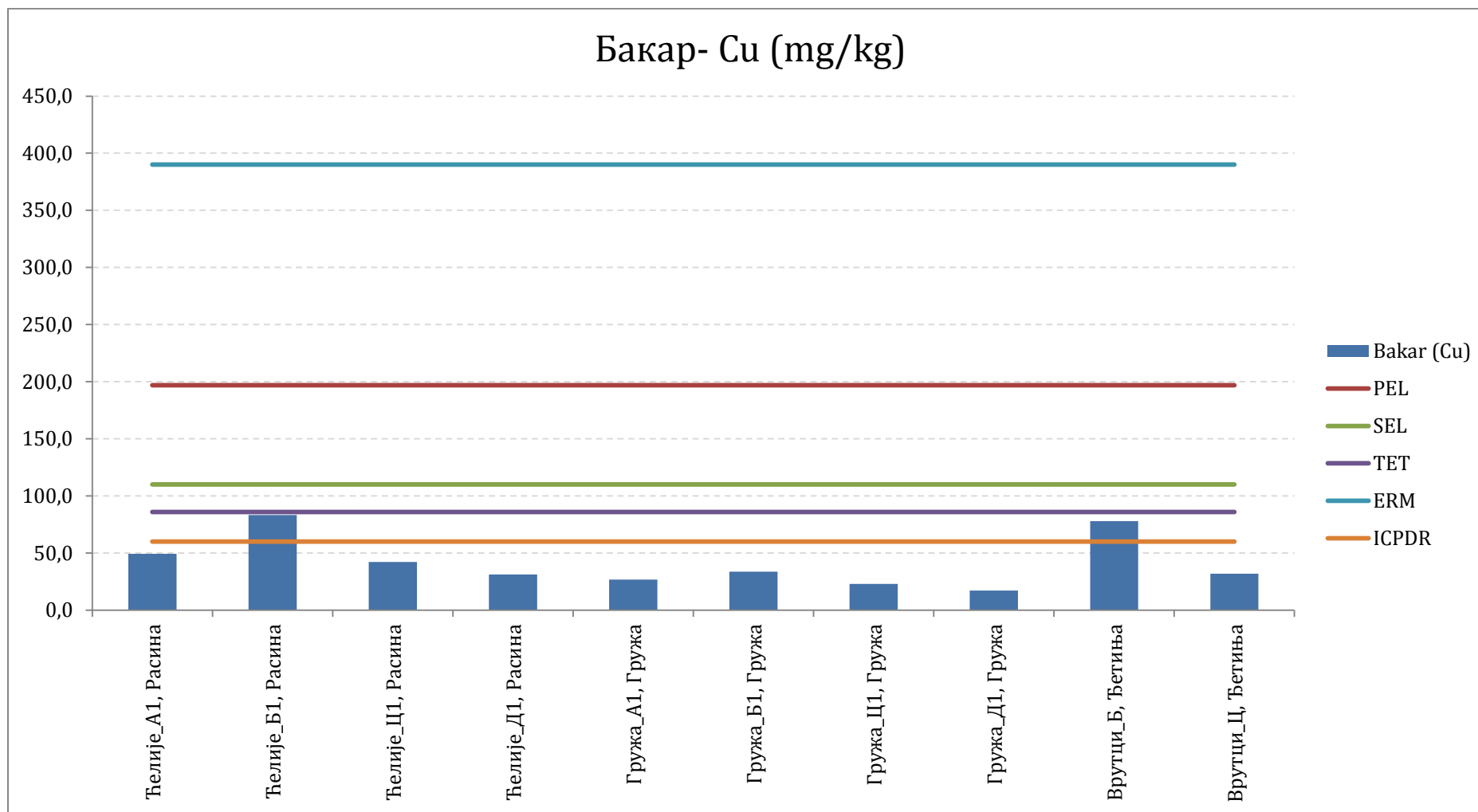


График 4.3.2.18. Садржај бакра (Cu) у седиментима акумулација Ђелије, Гружа и Врутци (слив Западне Мораве) у односу на критеријуме квалитета

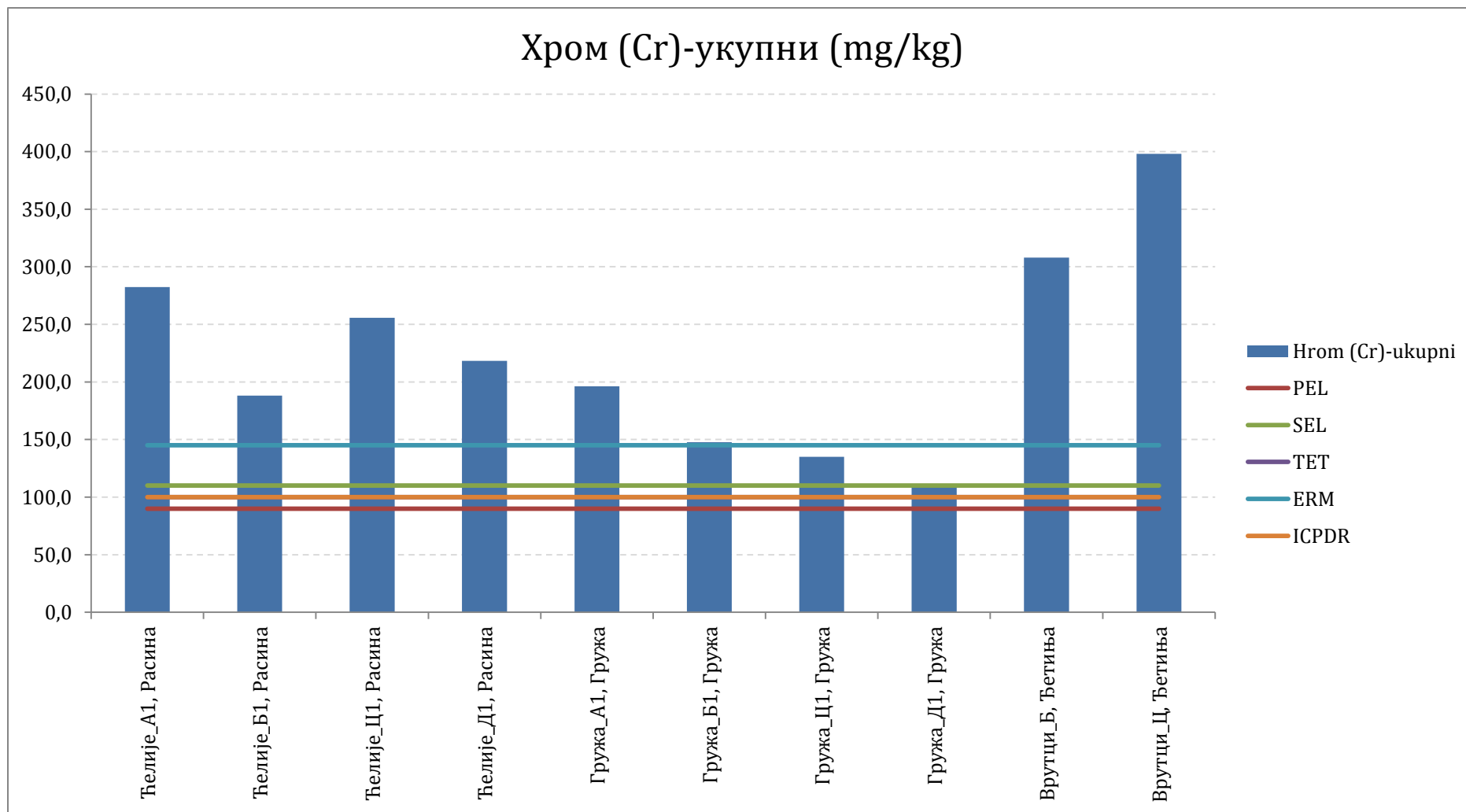


График 4.3.2.19. Садржај хрома (Cr) у седиментима акумулација Ђелије, Гружа и Врутци (слив Западне Мораве) у односу на критеријуме квалитета

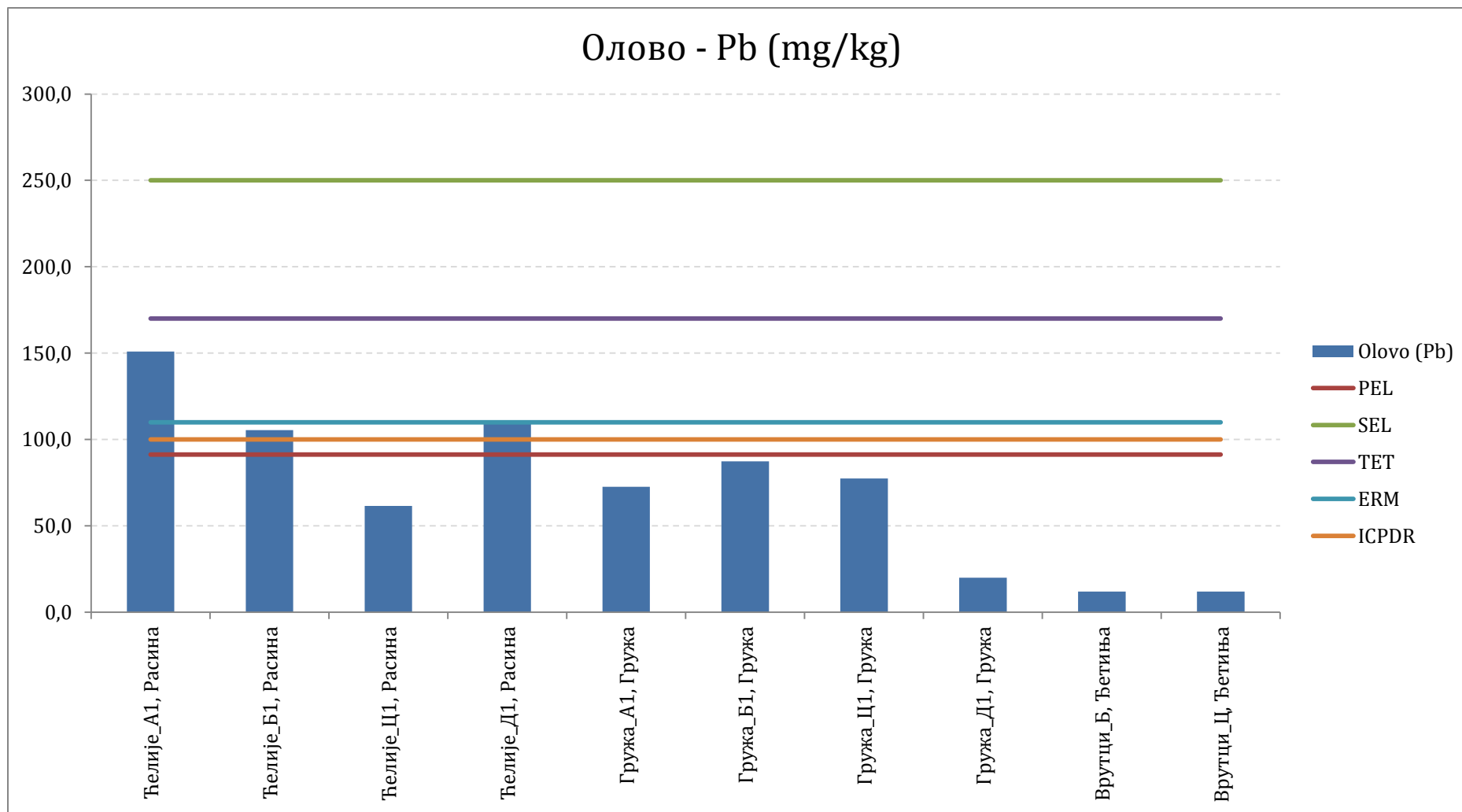


График 4.3.2.20. Садржај олова (Pb) у седиментима акумулација Ћелије, Гружа и Врутци (слив Западне Мораве) у односу на критеријуме квалитета

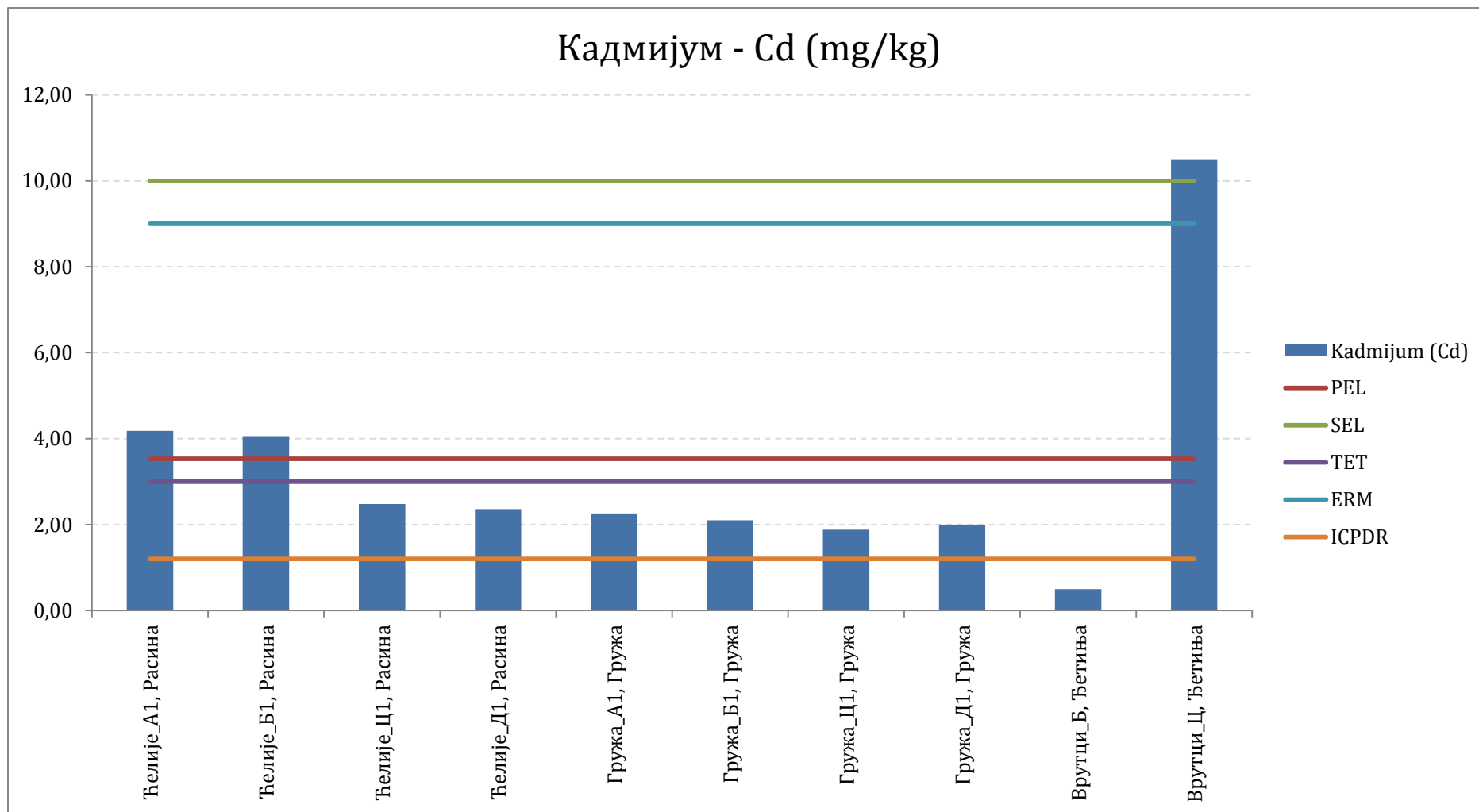


График 4.3.2.21. Садржај кадмијума (Cd) у седиментима акумулација Ћелије, Гружа и Врутци (слив Западне Мораве) у односу на критеријуме квалитета

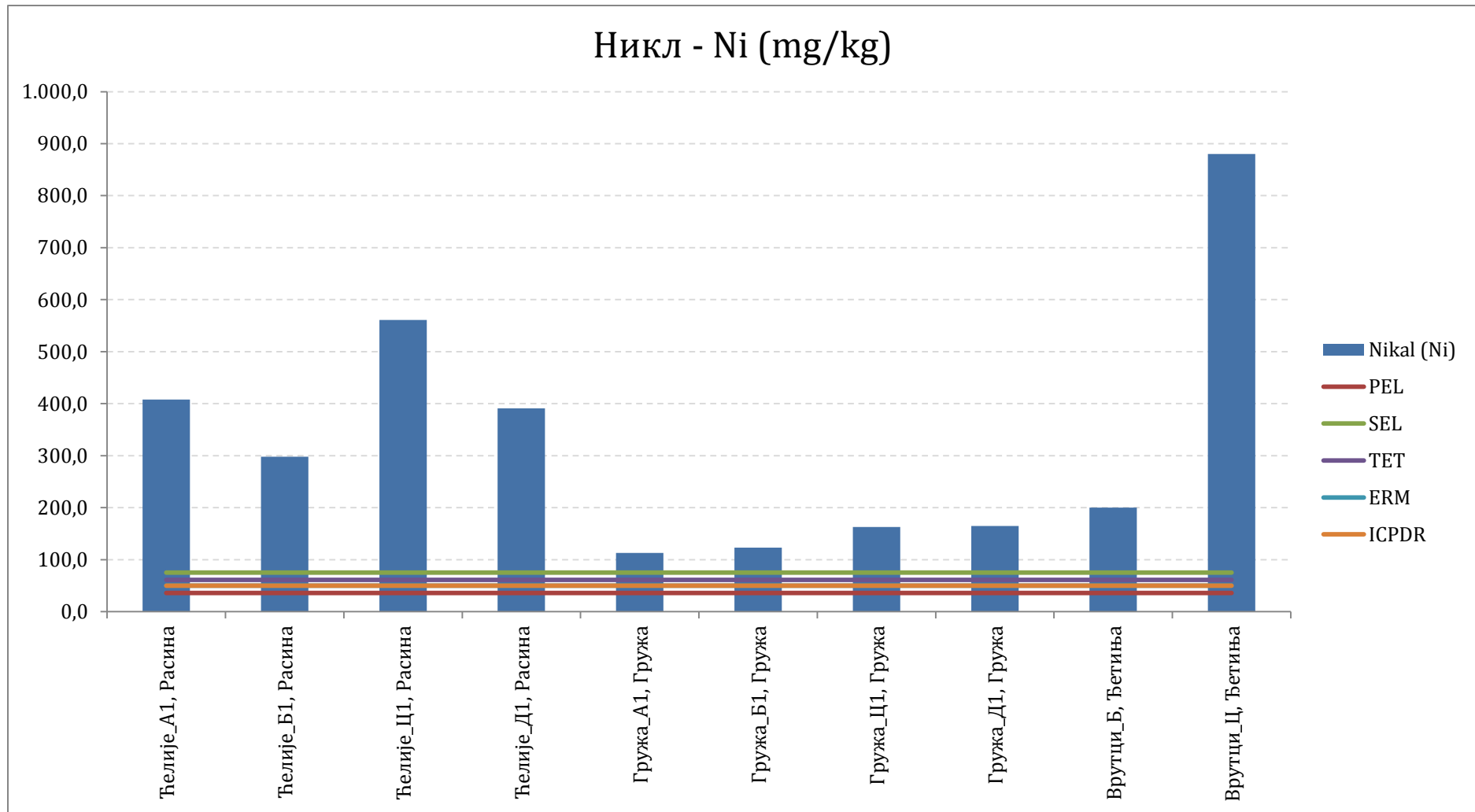


График 4.3.2.22. Садржај никла (Ni) у седиментима акумулација Ђелије, Гружа и Врутци (слив Западне Мораве) у односу на критеријуме квалитета

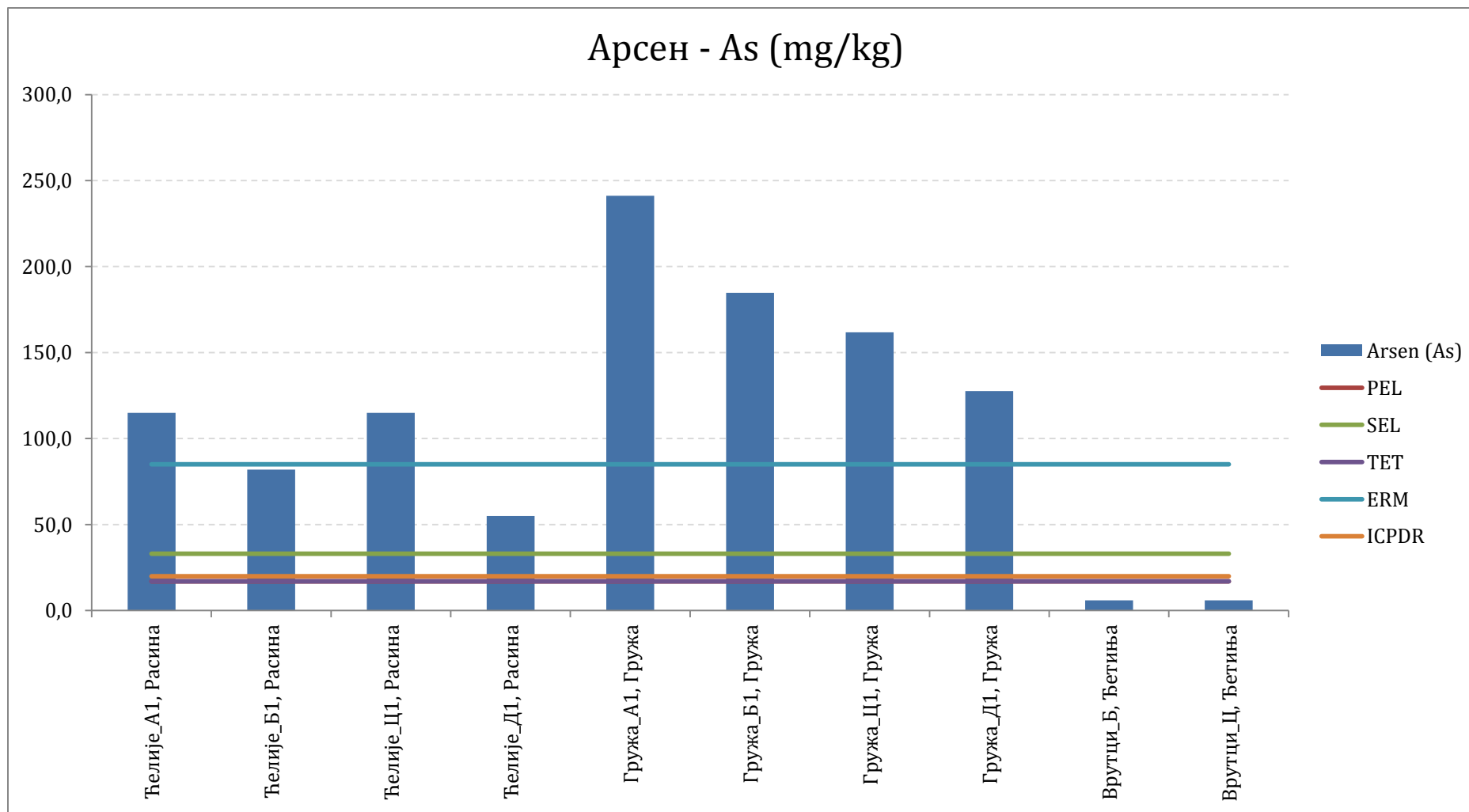


График 4.3.2.23. Садржај арсена (As) у седиментима акумулација Ђелије, Гружа и Врутци (слив Западне Мораве) у односу на критеријуме квалитета

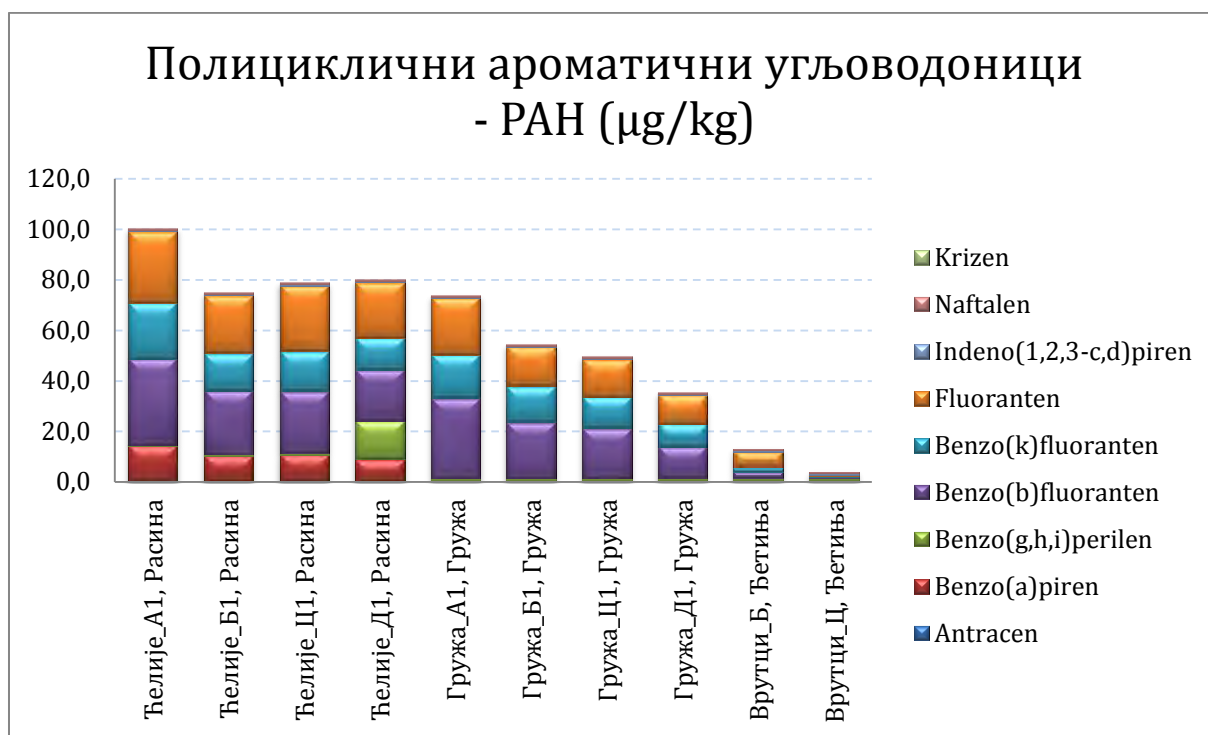


График 4.3.2.24. Садржај полицикличних ароматичних једињења (ПАХ) у седиментима акумулација Ћелије, Груза и Врутци (слив Западне Мораве)

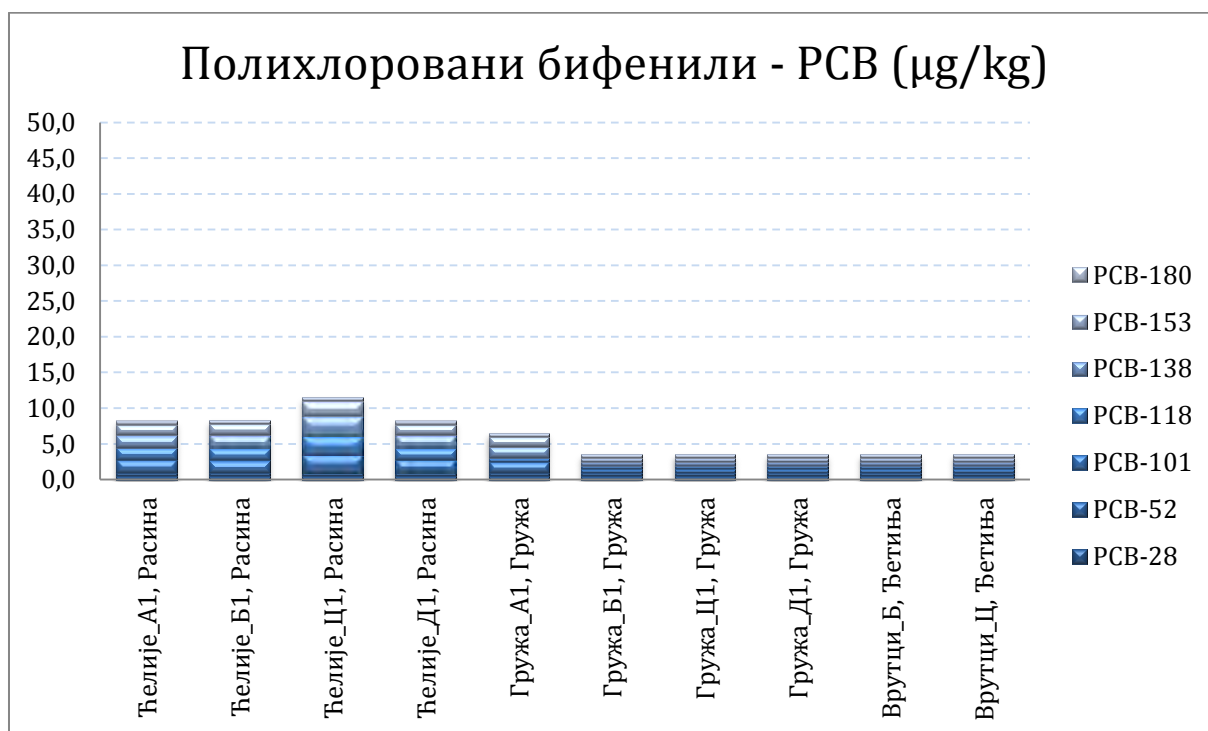


График 4.3.2.25. Садржај полихлорованих бифенила (РСВ) у седиментима акумулација Ћелије, Груза и Врутци (слив Западне Мораве)

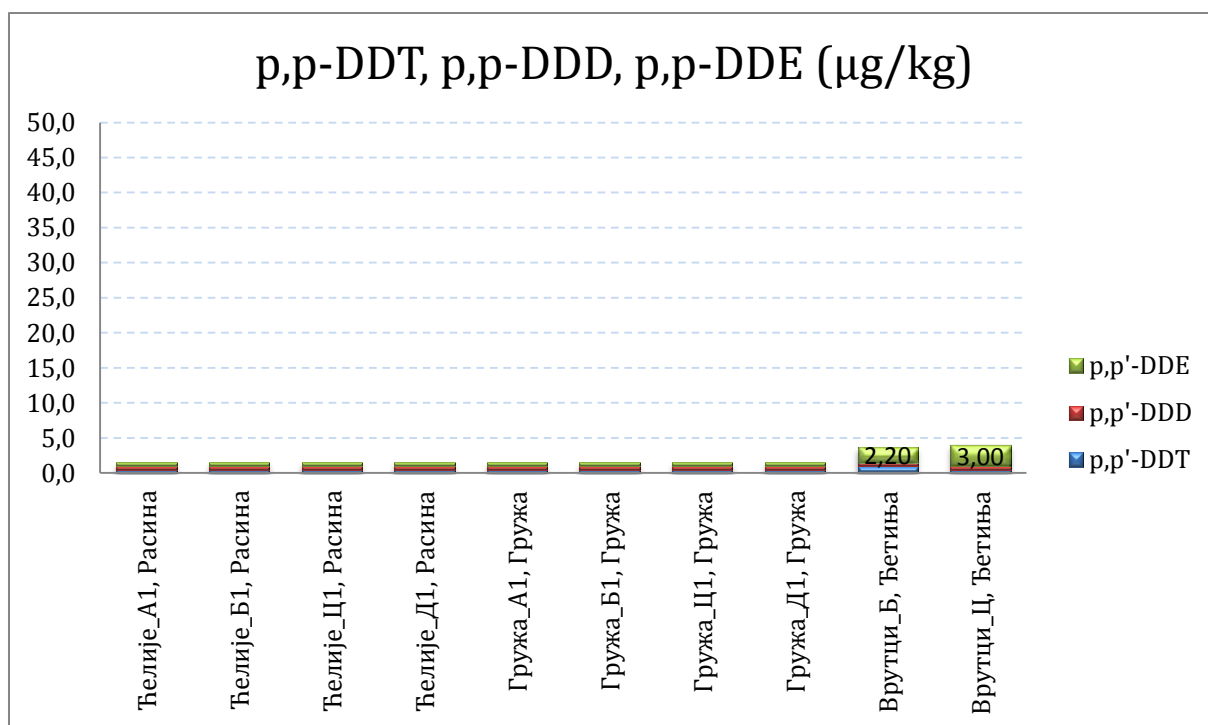


График 4.3.2.26. Садржај p,p-DDT, p,p-DDD, p,p-DDE у седиментима акумулација Ђелије, Гружа и Врутци (слив Западне Мораве)

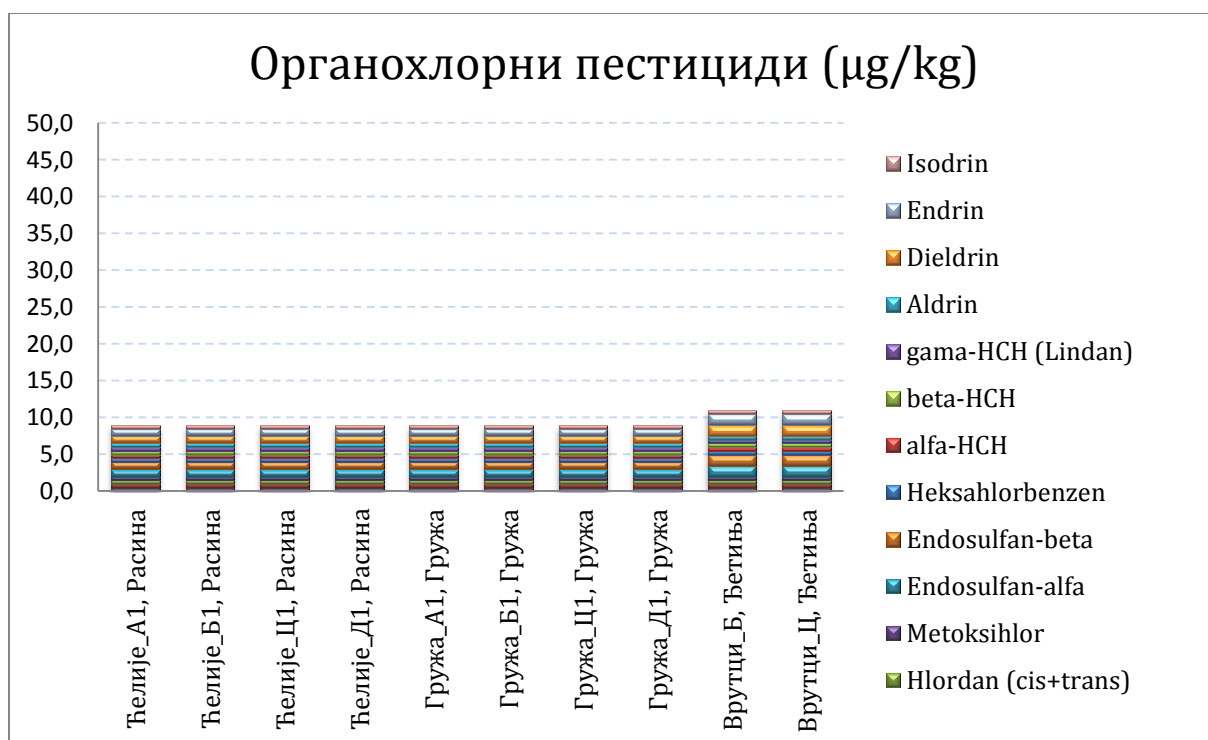


График 4.3.2.27. Садржај органохлорних пестицида у седиментима акумулација Ђелије, Гружа и Врутци (слив Западне Мораве)

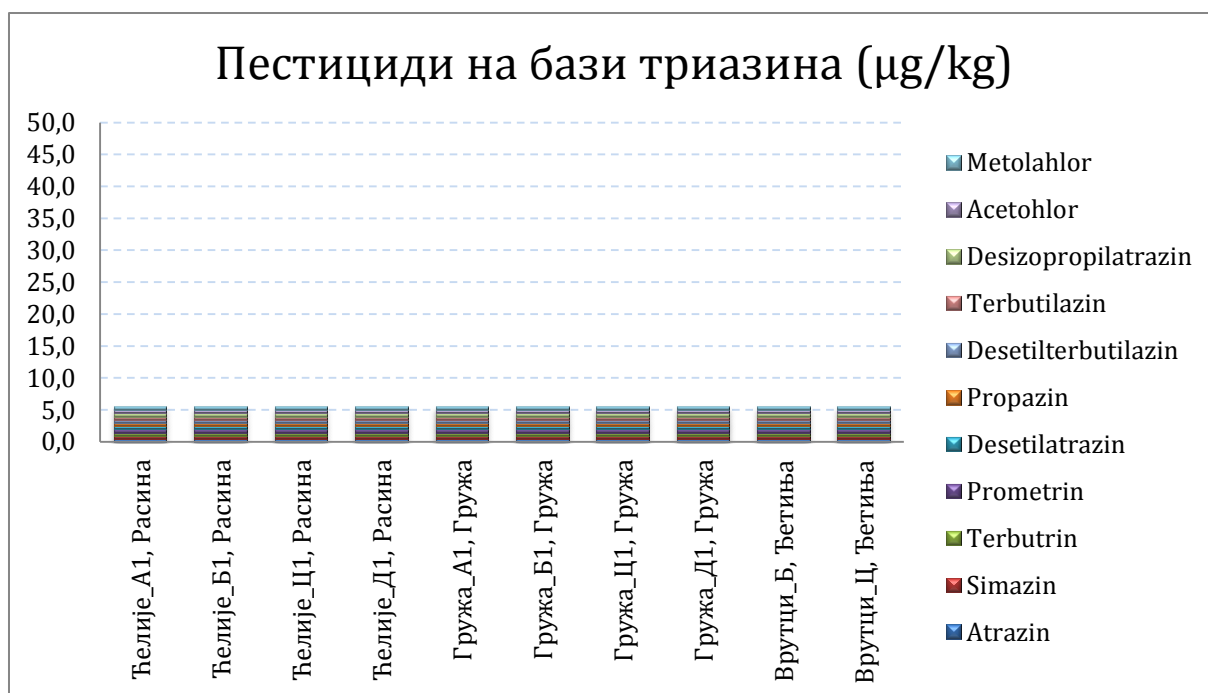


График 4.3.2.28. Садржај пестицида на бази триазина у седиментима акумулација Ћелије, Гружа и Врутишће (слив Западне Мораве)

4.3.2.12. Акумулација Барје

Садржај метала

Измерене концентрације **хрома** у седименту акумулације Барје кретале су се у опсегу 96.0-119.0mg/kg. Највећа вредност хрома регистрована је у узорку седимента узоркованом у тачки А1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај хрома у седименту акумулације Барје узоркованих у тачкама А1 (119.0mg/kg) и Б1 (110.0mg/kg) показала је да измерене концентрације превазилазе дефинисане граничне вредности за PEL (Cr)=90mg/kg, SEL (Cr)=110mg/kg и ТЕТ (Cr)=100mg/kg, што указује на ниво *вероватног, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет. Измерена концентрација хрома у тачки Ц1 (96.0mg/kg) превазилазила је дефинисану граничну вредност за *ниво вероватног ефекта* (PEL (Cr)=90mg/kg)(График 4.3.2.30.).

Циљна гранична вредност за хром у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cr)=100mg/kg) превазиђена је у тачкама А1 (119.0mg/kg) и Б1(110.0mg/kg)(График 4.3.2.30.).

Измерене концентрације **никла** у седименту акумулације Барје кретале су се у опсегу 62.0-79.0mg/kg. Највећа вредност никла регистрована је у узорку седимента узоркованом у тачки А1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај никла у седименту акумулације Барје узоркованих у тачки А1 (79.0mg/kg) показала је да измерена концентрација превазилази дефинисане граничне вредности за PEL (Ni)=36mg/kg, ERM (Ni)=50mg/kg, SEL (Ni)=75mg/kg и ТЕТ (Ni)=61mg/kg, док су измерене концентрације у тачкама Б1 (74.0mg/kg) и Ц1 (62.0mg/kg) превазилазе граничне вредности за PEL (Ni)=36mg/kg, ERM (Ni)=50mg/kg и ТЕТ (Ni)=61mg/kg, што указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет (График 4.3.2.33.).

Циљна гранична вредност за никл у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (Ni)=50mg/kg) превазиђена је у тачкама А1 (79.0mg/kg), Б1 (74.0mg/kg) и Ц1 (62.0mg/kg) (График 4.3.2.33.).

Измерене концентрације **арсена** у седименту акумулације Барје кретале су се у опсегу 50.0-67.0mg/kg. Највеће вредности арсена регистроване су у узорцима седимента узоркованим у тачкама А1 и Б1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај арсена у седименту акумулације Барје узоркованих у тачкама А1 (67.0mg/kg), Б1 (67.0mg/kg) и Ц1 (50.0mg/kg) показала је да измерене концентрације превазилазе дефинисане граничне вредности за PEL (As)=17mg/kg, SEL (As)=33mg/kg и ТЕТ (As)=17mg/kg, што указује на ниво *вероватног, озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет (График 4.3.2.34.).

Циљна гранична вредност за арсен у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (As)=20mg/kg) превазиђена је у тачкама А1 (67.0mg/kg), Б1 (67.0mg/kg) и Ц1 (50.0mg/kg) (График 4.3.2.24.).

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (РАН), полихлоровани бифенили (РСВ), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина.

Поједини **полициклични ароматични угљоводоници** (РАН) су детектовани у свим испитиваним узорцима седимента акумулације Барје у концентрацијама значајно нижим од прописаних граничних вредности. Одређене су суме детектованих РАН-ова у свим узорцима, сумарне вредности кретале су се у опсегу од око 101.1µg/kg до 165.0µg/kg. Највећа вредност суме РАН-ова регистрована је у тачки А1.

Процена квалитета седимента, у односу на суму ПАХ-ова указује да су сумарне концентрације у седименту акумулације Барје вишеструко ниже од дефинисаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (ПАХs)=8040 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и *средњи распон ефекта* (ERM (ПАХs)=23580 $\mu\text{g}/\text{kg}$)(График 4.3.2.35.).

Измерене концентрације **полихлорованих бифенила** у узорцима седимента акумулације Барје биле су испод вредности граница квантификације (LOQ)(График 4.3.2.36.).

Укупни **DDTs**, односно суме **p,p-DDT**, **p,p-DDD** и **p,p-DDE** у свим испитиваним узорцима су биле значајно испод прописане вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (DDTs)=4500 $\mu\text{g}/\text{kg}$), *средњи распон ефекта* (ERM (DDTs)=350 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (DDTs)=120 $\mu\text{g}/\text{kg}$) (График 4.3.2.37.).

Процена квалитета седимента у односу на садржај p,p-DDT указује да су у узорцима седимента акумулације Барје у тачкама А1 (79.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Б1 (94.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и Ц1 (82.5.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$) превазилазиле дефинисан критеријум за *средњи распон ефекта* (ERM (p,p-DDT)= 7.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и *праг токсичног ефекта* (ТЕТ (p,p-DDT)= 50.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$)(График 4.3.2.37.).

Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом („Сл.гласник РС“, бр. 50/2012) у односу на садржај p,p-DDT у тачкама А1 (79.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$), Б1 (94.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и Ц1 (82.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$), указују на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК (p,p-DDT)=9 $\mu\text{g}/\text{kg}$) је коригована у зависности од садржаја органске материје у посматраним узорцима. Кориговане граничне вредности срачунате применом корекционих формула износиле су у тачки А1 - ГВк =9.76 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Б1 - ГВк =10.98 $\mu\text{g}/\text{kg}$ и у тачки Ц1-ГВк=10.47 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Измерене концентрације осталих **органохлорних пестицида** у узорцима седимента акумулације Барје биле су испод вредности границе квантификације (LOQ) (График 4.3.2.38.).

Измерене концентрације **пестицида на бази триазина** у узорцима седимента акумулације Барје биле су испод вредности границе квантификације (LOQ) (График 4.3.2.39.).

Концентрације деградационих производа p,p' DDT, које су испод границе квантификације, уз овако високе концентрације p,p' DDT упућују на закључак да је у скорије време акумулација Барје оптерећена великом количином овог забрањеног пестицида.

4.3.2.13. Акумулација Бован

Садржај метала

Измерене концентрације **кадмијума** у седименту акумулације Бован кретале су се у опсегу 1.60-2.20mg/kg. Највећа вредност кадмијума регистрована је у узорку седимента узоркованом у тачки Б1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај кадмијума у узорцима седимента акумулације Бован узоркованих у тачкама Б1 (2.20mg/kg), Ц1 (2.10mg/kg) и Д1 (1.60mg/kg) показала је да измерене концентрације превазилазе циљну граничну вредност препоручену од ICPDR-а (Quality target (Cd)=1.2mg/kg) (График 4.3.2.32.).

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (РАН), полихлоровани бифенили (РСВ), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина.

Поједини **полициклични ароматични угљоводоници** (РАН) су детектовани у свим испитиваним узорцима седимента акумулације Бован у концентрацијама значајно нижим од прописаних граничних вредности. Одређене су суме детектованих РАН-ова у свим узорцима, сумарне вредности кретале су се у опсегу од око 37.5µg/kg до 55.89µg/kg. Највећа вредност суме РАН-ова регистрована је у тачки А1.

Процена квалитета седимента у односу на суму РАН-ова указује да су сумарне концентрације у седименту акумулације Бован вишеструко ниже од дефинисаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (РАНs)=8040µg/kg) и *средњи распон ефекта* (ERM (РАНs)=23580µg/kg)(График 4.3.2.35.).

Садржај **полихлорованих бифенила** (сума РСВ) у узорцима седимента акумулације Бован кретао се у опсегу од око 3.5µg/kg до 7.91 µg/kg што је знатно испод прописаних граничних вредности *ниво вероватног ефекта* (PEL (РСВs)=277µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (РСВs)=400µg/kg), *праг токсичног ефекта* (TET (РСВs)=1000µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (РСВs)=5300µg/kg) (График 4.3.2.36.).

Измерене концентрације **р,р-DDT**, **р,р-DDD** и **р,р-DDE** у узорку седимента акумулације Бован биле су испод вредности граница квантификације (LOQ) (График 4.3.2.37.).

Измерене концентрације осталих **органохлорних пестицида** у узорцима седимента акумулације Барје биле су испод вредности границе квантификације (LOQ)(График 4.3.2.38.).

Измерене концентрације **пестицида на бази триазина** у узорцима седимента акумулације Барје биле су испод вредности границе квантификације (LOQ) (График 4.3.2.39.).

4.3.2.14. Акумулација Бресница

Садржај метала

Процена квалитета седимента у односу на садржај **хрома** у седименту акумулације Бресница узоркованог у тачки А1 (123.0mg/kg) показала је да измерена концентрација превазилази дефинисане граничне вредности за PEL (Cr)=90mg/kg, SEL (Cr)=110mg/kg и ТЕТ (Cr)=100mg/kg, што указује на ниво *вероватног, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за хром у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (Cr)=100mg/kg) превазиђена је у тачки А1 (123.0mg/kg)(График 4.3.2.30.).

Процена квалитета седимента у односу на садржај **никла** у седименту акумулације Бресница узоркованог у тачки А1 (156.0mg/kg) показала је да измерена концентрација превазилази дефинисане граничне вредности за PEL (Ni)=36mg/kg, ERM (Ni)=50mg/kg, SEL (Ni)=75mg/kg и ТЕТ (Ni)=61mg/kg, што указује на ниво *вероватног, средњег, озбиљног и токсичног* ефекта на акватични живи свет (График 4.3.2.33.).

Циљна гранична вредност за никл у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (Ni)=50mg/kg) превазиђена је у тачки А1 (156mg/kg)(График 4.3.2.33.).

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (ПАН), полихлоровани бифенили (PCB), дихлор-дифенил-трихлоретани (DDT), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина.

Поједини **полициклични ароматични угљоводоници** (ПАН) су детектовани у узорку седимента акумулације Бресница у концентрацијама значајно нижим од прописаних граничних вредности. Процена квалитета седимента у односу на суму ПАН-ова, указује да је сумарна концентрација у узорку седимента акумулације Бресница узоркованог у тачки А1 (94.6 µg/kg) вишеструко ниже од дефинисаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (PAHs)=8040µg/kg) и *средњи распон ефекта* (ERM (PAHs)=23580µg/kg)(График 4.3.2.35.).

Измерене концентрације **полихлорованих бифенила** у узорку седимента акумулације Бресница биле су испод вредности граница квантификације (LOQ). (График 4.3.2.36.).

Укупни **DDTs**, односно суме **p,p-DDT, p,p-DDD и p,p-DDE** у свим испитиваним узорцима су биле значајно испод прописане вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (DDTs)=4500µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (DDTs)=350µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (DDTs)=120µg/kg)(График 4.3.2.37.).

Измерене концентрације осталих **органохлорних пестицида** у узорцима седимента акумулације Барје биле су испод вредности границе квантификације (LOQ)(График 4.3.2.38.).

Измерене концентрације **пестицида на бази триазина** у узорцима седимента акумулације Барје биле су испод вредности границе квантификације (LOQ) (График 4.3.2.39.).

4.3.2.15. Акумулација Брестовац (Бојник)

Садржај метала

Измерене концентрације **цинка, бакра, хрома, олова, кадмијума, живе, никла и арсена** у узорку седимента акумулације Брестовац (Бојник) нису превазилазиле препоручене граничне вредности за метале приказане у табелама 4.2.2 и 4.2.3.

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (PAH), полихлоровани бифенили (PCB), дихлор-дифенил-трихлоретани (DDT), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина.

Поједини **полициклични ароматични угљоводоници** (PAH) су детектовани у узорку седимента акумулације Брестовац у концентрацијама значајно нижим од прописаних граничних вредности.

Процена квалитета седимента у односу на суму PAH-ова указује да је сумарна концентрација у узорку седимента акумулације Брестовац узоркованог у тачки А1 (70.6µg/kg) вишеструко нижа од дефинисаних граничних вредности *ниво вероватног ефекта* (PEL (PAHs)=8040µg/kg) и *средњи распон ефекта* (ERM (PAHs)=23580µg/kg)(График 4.3.2.35.).

Измерене концентрације **полихлорованих бифенила** у узорку седимента акумулације Брестовац биле су испод вредности граница квантификације (LOQ) (График 4.3.2.36.).

Укупни **DDTs**, односно сума **p,p-DDT**, **p,p-DDD** и **p,p-DDE** у испитиваном узорку је била значајно испод прописане вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (DDTs)=4500µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (DDTs)=350µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (DDTs)=120µg/kg)(График 4.3.2.37.).

Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом („Сл.гласник РС“, бр. 50/2012) у односу на садржај p,p-DDE у тачки А1 (4.5 µg/kg), указује на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК (p,p-DDE)=1µg/kg) је коригована у зависности од садржаја органске материје у посматраном узорку. Коригована гранична вредност срачуната применом корекционе формуле износила је у тачки А1 - ГВк =1.58µg/kg.

Измерене концентрације осталих **органохлорних пестицида** у узорцима седимента акумулације Барје биле су испод вредности границе квантификације (LOQ)(График 4.3.2.38.).

Измерене концентрације **пестицида на бази триазина** у узорцима седимента акумулације Барје биле су испод вредности границе квантификације (LOQ) (График 4.3.2.39.).

Благо повећање концентрације p,p' DDE у тачке А1 ове акумулације, указује на „старо“ загађење овим пестицидом.

4.3.2.16. Акумулација Придворица

Садржај метала

Процена квалитета седимента у односу на садржај **никла** у седименту акумулације Придворица узоркованог у тачки А1 (62.0mg/kg) показала је да измерена концентрација превазилази дефинисане граничне вредности за PEL (Ni)=36mg/kg, ERM (Ni)=50mg/kg и TET (Ni)=61mg/kg, што указује на *ниво вероватног, средњег и токсичног ефекта* на акватични живи свет (График 4.3.2.33.)

Циљна гранична вредност за никл у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (Ni)=50mg/kg) превазиђена је у тачки А1 (62.0mg/kg)(График 4.3.2.33.).

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (ПАН), полихлоровани бифенили (ПСВ), дихлор-дифенил-трихлоретани (DDT), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина.

Поједини **полициклични ароматични угљоводоници** (ПАН) су детектовани у узорку седимента акумулације Придворица у концентрацијама значајно нижим од прописаних граничних вредности. Процена квалитета седимента у односу на суму ПАН-ова указује да је сумарна концентрација у узорку седимента акумулације Придворица узоркованог у тачки А1 (86.2µg/kg), вишеструко нижа од дефинисаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (ПАНs)=8040µg/kg) и *средњи распон ефекта* (ERM (ПАНs)= 23580µg/kg)(График 4.3.2.35.).

Измерене концентрације **полихлорованих бифенила** у узорку седимента акумулације Придворица биле су испод вредности граница квантификације (LOQ) (График 4.3.2.36.).

Укупни **DDTs**, односно сума **p,p-DDT, p,p-DDD и p,p-DDE** у испитиваном узорку је била значајно испод прописане вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (DDTs)=4500µg/kg), *средњи распон ефекта* (ERM (DDTs)=350µg/kg) и *ниво озбиљног ефекта* (SEL (DDTs)=120µg/kg)(График 4.3.2.37.).

Измерене концентрације осталих **органохлорних пестицида** у узорцима седимента акумулације Придворица биле су испод вредности границе квантификације (LOQ)(График 4.3.2.38.).

Измерене концентрације **пестицида на бази триазина** у узорцима седимента акумулације Придворица биле су испод вредности границе квантификације (LOQ)(График 4.3.2.39.).

4.3.2.17. Акумулација Првонек

Садржај метала

Измерене концентрације **цинка** у седименту акумулације Првонек кретале су се у опсегу 148.0-214.0mg/kg. Највећа вредност цинка регистрована је у узорку седимента узоркованом у тачки А1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај цинка показала је да измерена концентрација у узорку седимента акумулације Првонек узоркованог у тачки А1 (214.0mg/kg) превазилази циљну граничну вредност према препорукама ICPDR-a (Quality target (Zn)=200mg/kg) (График 4.3.2.29.).

Измерене концентрације **олова** у седименту акумулације Првонек кретале су се у опсегу 63.0-103.0mg/kg. Највећа вредност олова регистрована је у узорку седимента узоркованом у тачки Ц1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај олова у седименту акумулације Првонек узоркованих у тачкама А1 (97.0mg/kg) и Ц1 (103.0mg/kg) показала је да измерене концентрације превазилазе граничну вредност за PEL (Pb)=91.3mg/kg, што указује на *ниво вероватног ефекта* на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за олово у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (Pb)=100mg/kg) превазиђена је у тачки Ц1 (103.0mg/kg) (График 4.3.2.31.).

Измерене концентрације **никла** у седименту акумулације Првонек кретале су се у опсегу 21.0-57.0mg/kg. Највећа вредност никла регистрована је у узорку седимента узоркованог у тачки А1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај никла у седименту акумулације Првонек узоркованих у тачкама А1 (57.0mg/kg) и Б1 (39.0mg/kg) показала је да измерене концентрације превазилазе дефинисану граничну вредност за PEL (Ni)=36mg/kg, што указује на *ниво вероватног ефекта* на акватични живи свет.

Циљна гранична вредност за никл у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (Ni)=50mg/kg) превазиђена је у тачки А1 (57.0mg/kg)(График 4.3.2.33.).

Измерене концентрације **арсена** у седименту акумулације Првонек кретале су се у опсегу 6.0-30.0mg/kg. Највећа вредност арсена регистрована је у узорку седимента узоркованог у тачки А1.

Процена квалитета седимента у односу на садржај арсена у седименту акумулације Првонек узоркованог у тачки А1 (30.0mg/kg) показала је да измерена концентрације превазилази дефинисане граничне вредности за PEL (As)=17mg/kg и ТЕТ (As)=17mg/kg, што указује на *ниво вероватног и токсичног ефекта* на акватични живи свет (График 4.3.2.34.).

Циљна гранична вредност за арсен у седименту према препорукама ICPDR-а (Quality target (As)=20mg/kg) превазиђена је у тачки А1 (30.0mg/kg)(График 4.3.2.34.).

Садржај органских полутаната

Од органских полутаната одређивани су полициклични ароматични угљоводоници (РАН), полихлоровани бифенили (РСВ), органохлорни пестициди и пестициди на бази триазина.

Поједини **полициклични ароматични угљоводоници** (РАН) су детектовани у свим испитиваним узорцима седимента акумулације Првонек у концентрацијама значајно нижим од прописаних граничних вредности. Одређене су суме детектованих РАН-ова у свим узорцима, сумарне вредности кретале су се у опсегу

од око 38.6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ до 65.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Највећа вредност суме ПАХ-ова регистрована је у тачки Ц1.

Процена квалитета седимента у односу на суму ПАХ-ова указује да су сумарне концентрације у седименту акумулације Првонек вишеструко ниже од дефинисаних граничних вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (ПАНs)=8040 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и *средњи распон ефекта* (ERM (ПАНs)= 23580 $\mu\text{g}/\text{kg}$)(График 4.3.2.35.).

Измерене концентрације **полихлорованих бифенила** у узорцима седимента акумулације Првонек биле су испод вредности граница квантификације (LOQ) (График 4.3.2.36.).

Укупни **DDTs**, односно суме **p,p-DDT**, **p,p-DDD** и **p,p-DDE** у свим испитиваним узорцима су биле значајно испод прописане вредности за *ниво вероватног ефекта* (PEL (DDTs)=4500 $\mu\text{g}/\text{kg}$), *средњи распон ефекта* (ERM (DDTs)=350 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и *ниво озбиљног ефекта*(SEL (DDTs)=120 $\mu\text{g}/\text{kg}$) (График 4.3.2.37.).

Процена квалитета седимента у односу на садржај p,p-DDT указује да је измерена концентрација у узорку седимента акумулације Првонек у тачки Б1 (54.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$) превазилазила дефинисане критеријуме за *средњи распон ефекта* (ERM (p,p-DDT)=7.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$) и *праг токсичног ефекта* (TET (p,p-DDT)= 50.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$)(График 4.3.2.37.).

Процена квалитета седимента на основу критеријума дефинисаних Уредбом („Сл.гласник РС“, бр. 50/2012) у односу на садржај p,p-DDT у тачки А1 (79.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$) указују на прекорачење максимално дозвољене концентрације. Максимално дозвољена прописана концентрација (МДК (p,p-DDT)=9 $\mu\text{g}/\text{kg}$) је коригована у зависности од садржаја органске материје у посматраном узорку. Коригована гранична вредност срачуната применом корекционе формуле износила је у тачки А1 - ГВк =8.68 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Измерене концентрације осталих **органохлорних пестицида** у узорцима седимента акумулације Првонек биле су испод вредности границе квантификације (LOQ)(График 4.3.2.38.).

Измерене концентрације **пестицида на бази триазина** у узорцима седимента акумулације Првонек биле су испод вредности границе квантификације (LOQ) (График 4.3.2.39.).

Одсуство деградационих производа овог пестицида указује на „ново“ загађење, тј. скоро третирање површина овом забрањеном супстанцом.

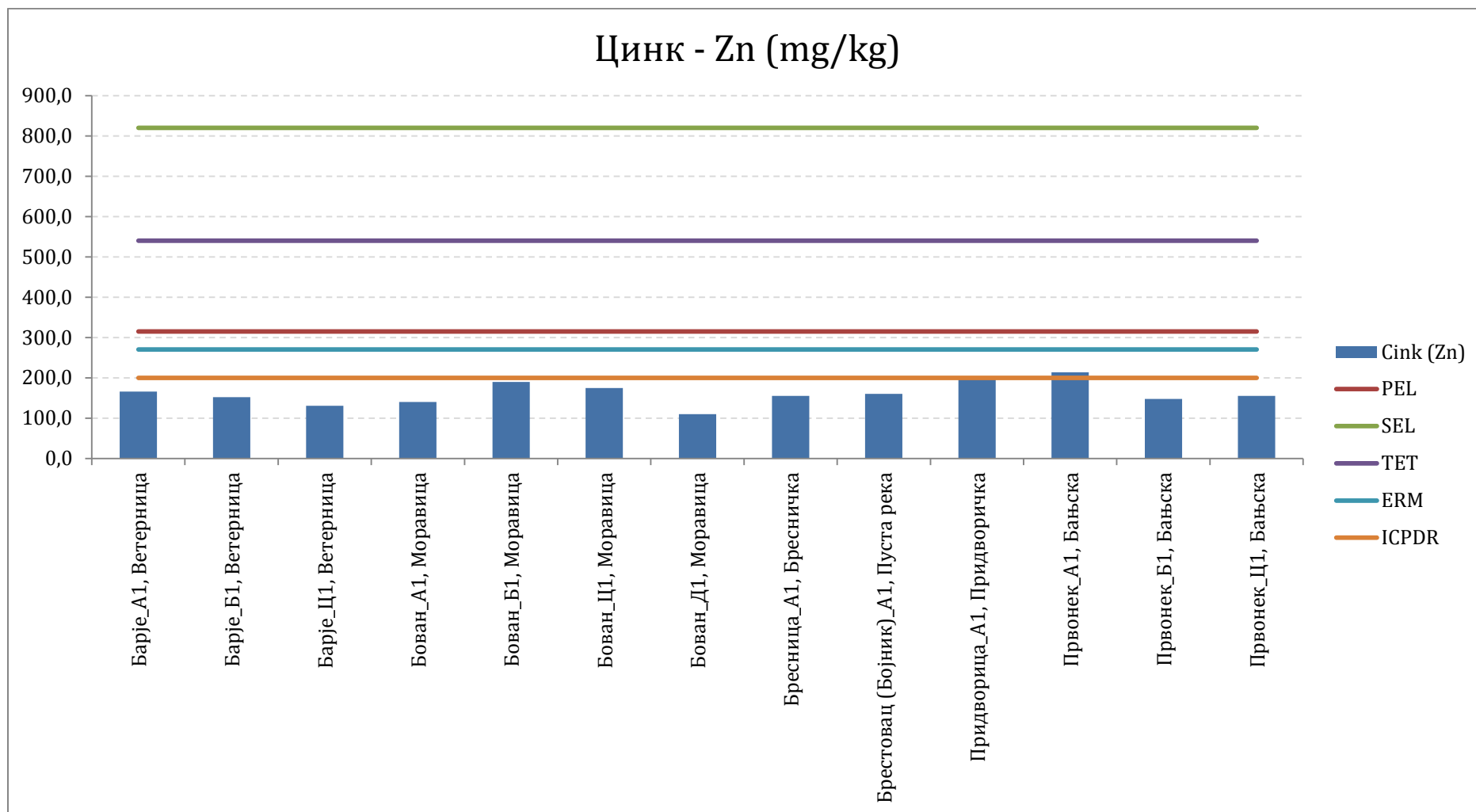


График 4.3.2.29. Садржај цинка (Zn) у седиментима акумулација Барје, Бован, Бресница, Придворица и Првонек (слив Јужне Мораве) у односу на критеријуме квалитета

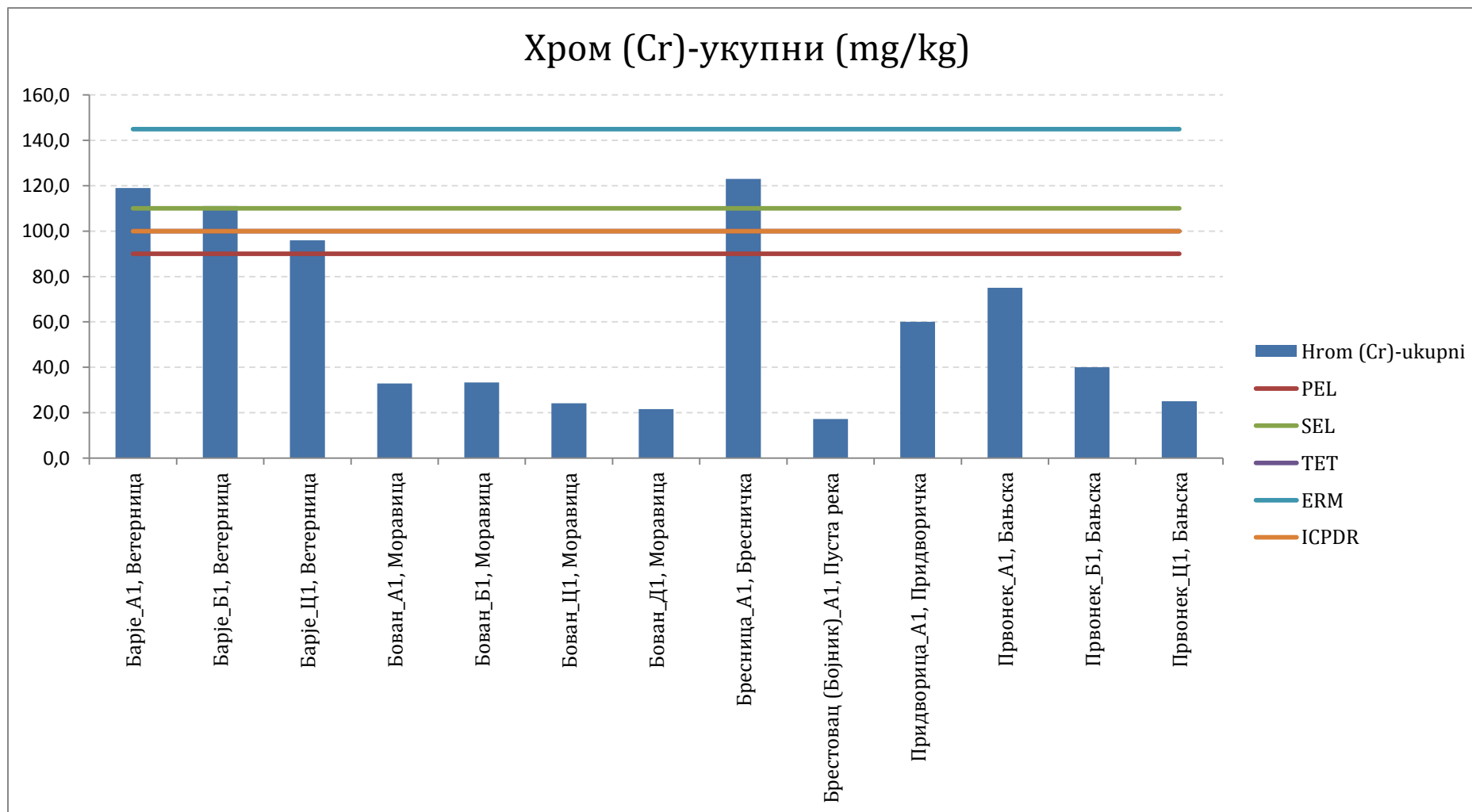


График 4.3.2.30. Садржај хрома (Cr) у седиментима акумулација Барје, Бован, Бресница, Придворица и Првонек (слив Јужне Мораве) у односу на критеријуме квалитета

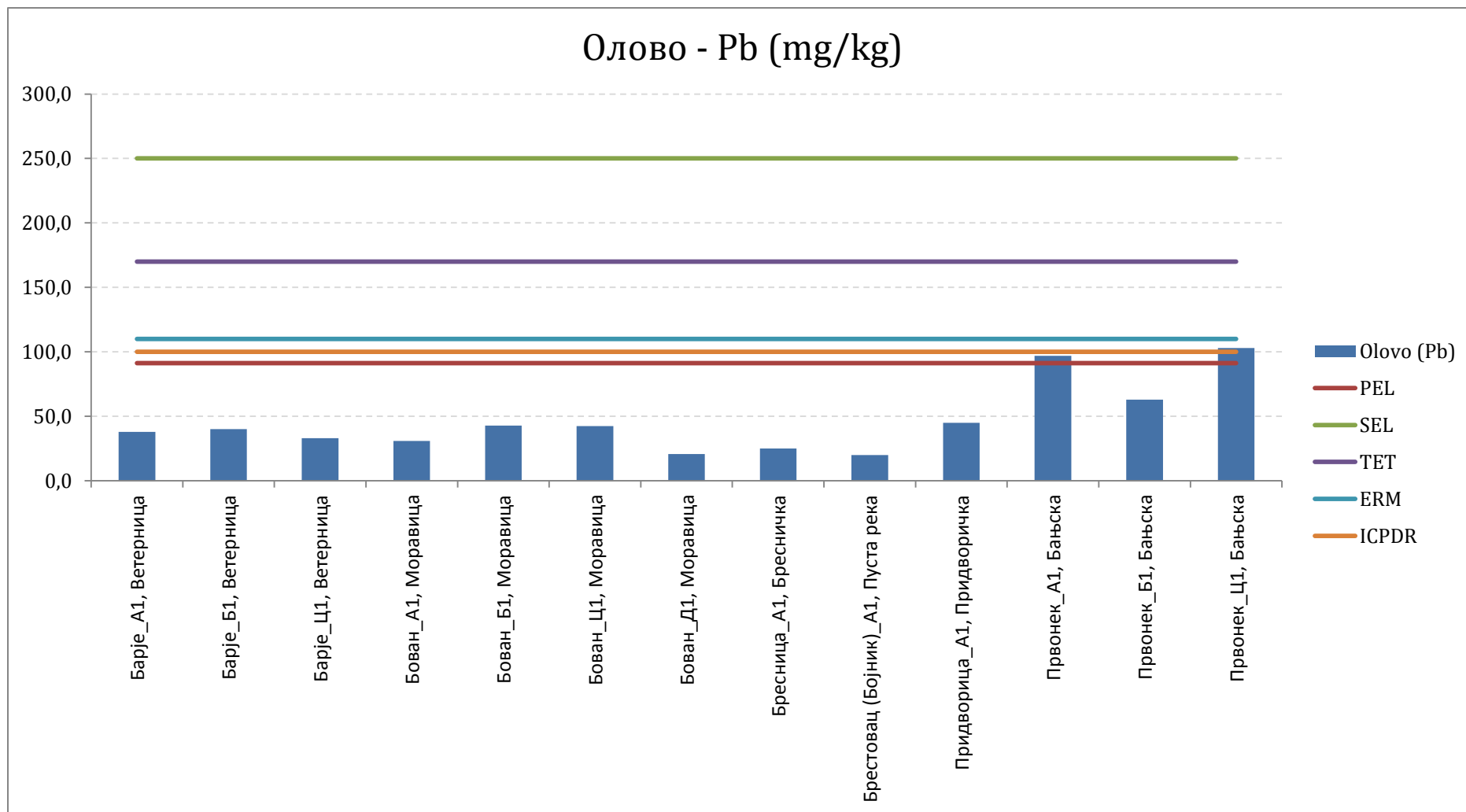


График 4.3.2.31. Садржај олова (Pb) у седиментима акумулација Барје, Бован, Бресница, Придворица и Првонек (слив Јужне Мораве) у односу на критеријуме квалитета

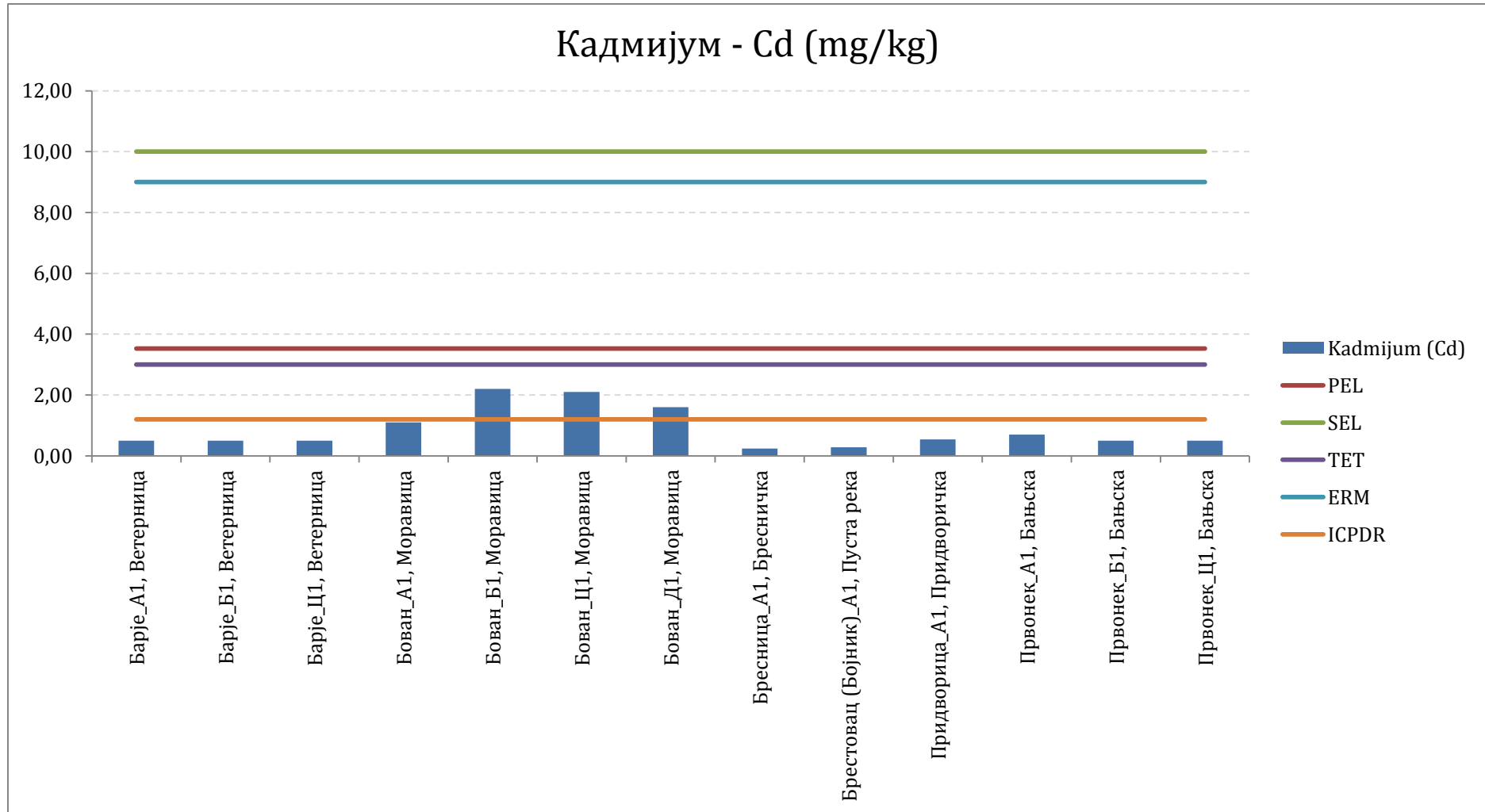


График 4.3.2.32. Садржај кадмијума (Cd) у седиментима акумулација Барје, Бован, Бресница, Придворица и Првонек (слив Јужне Мораве) у односу на критеријуме квалитета

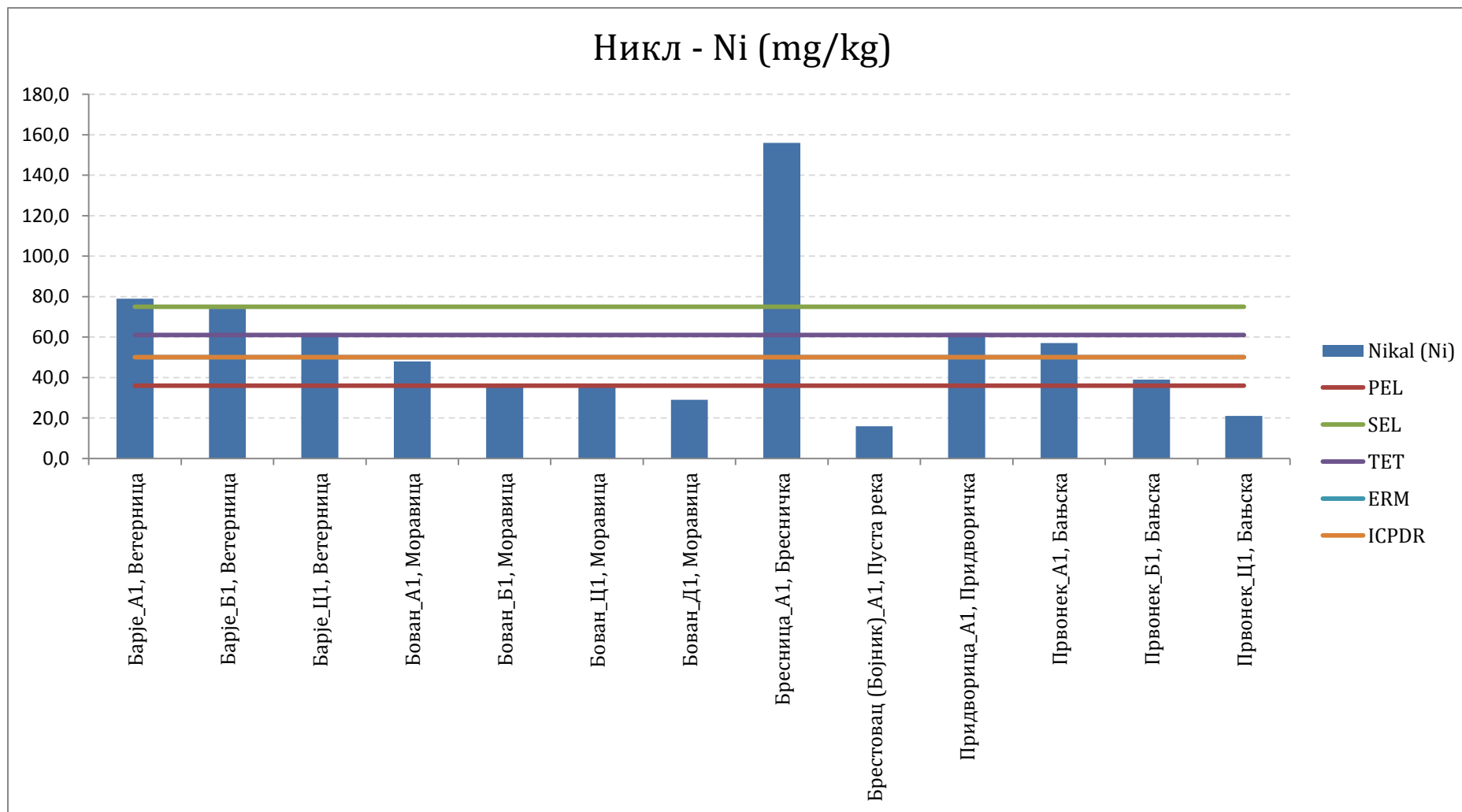


График 4.3.2.33. Садржај никла (Ni) у седиментима акумулација Барје, Бован, Бресница, Придворица и Првонек (слив Јужне Мораве) у односу на критеријуме квалитета

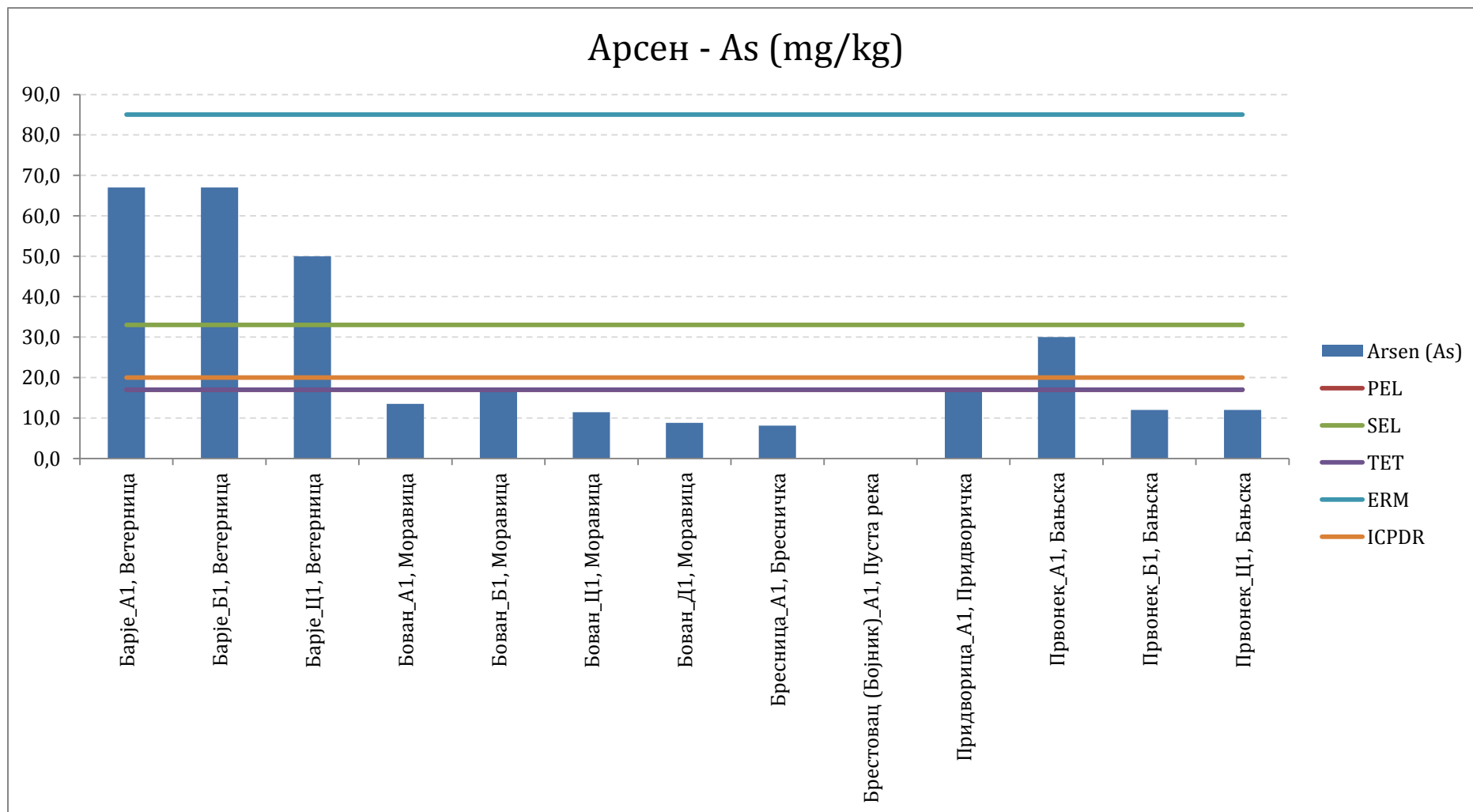


График 4.3.2.34. Садржај арсена (As) у седиментима акумулација Барје, Бован, Бресница, Придворица и Првонек (слив Јужне Мораве) у односу на критеријуме квалитета

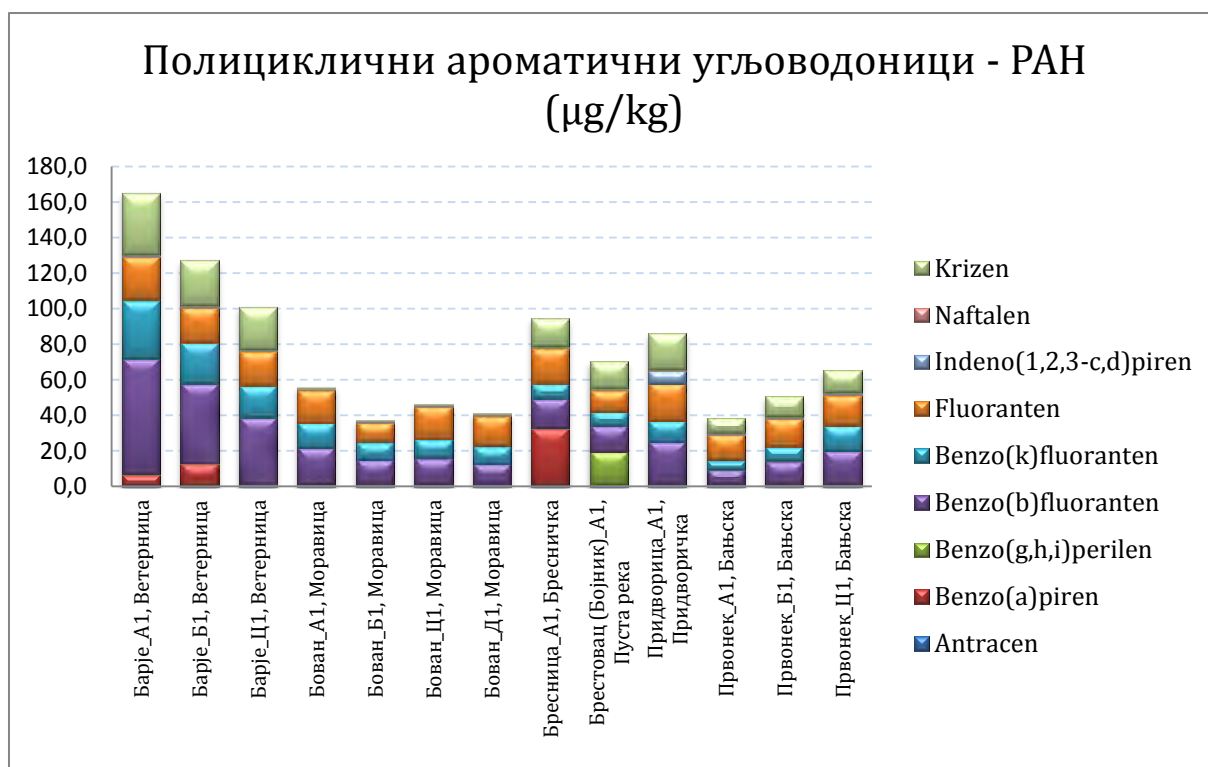


График 4.3.2.35. Садржај полицикличних ароматичних једињења (ПАУ) у седиментима акумулација Барје, Бован, Бресница, Придворица и Првонек (слив Јужне Мораве)

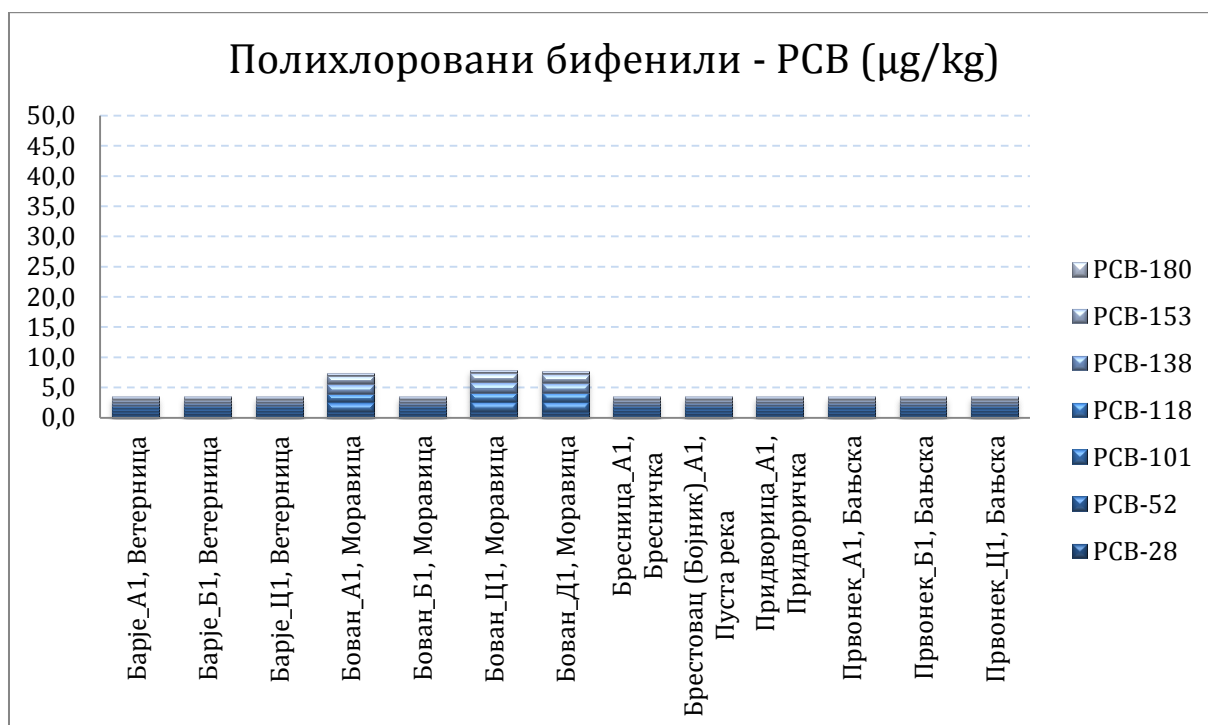


График 4.3.2.36. Садржај полихлорованих бифенила (РСВ) у седиментима акумулација Барје, Бован, Бресница, Придворица и Првонек (слив Јужне Мораве)

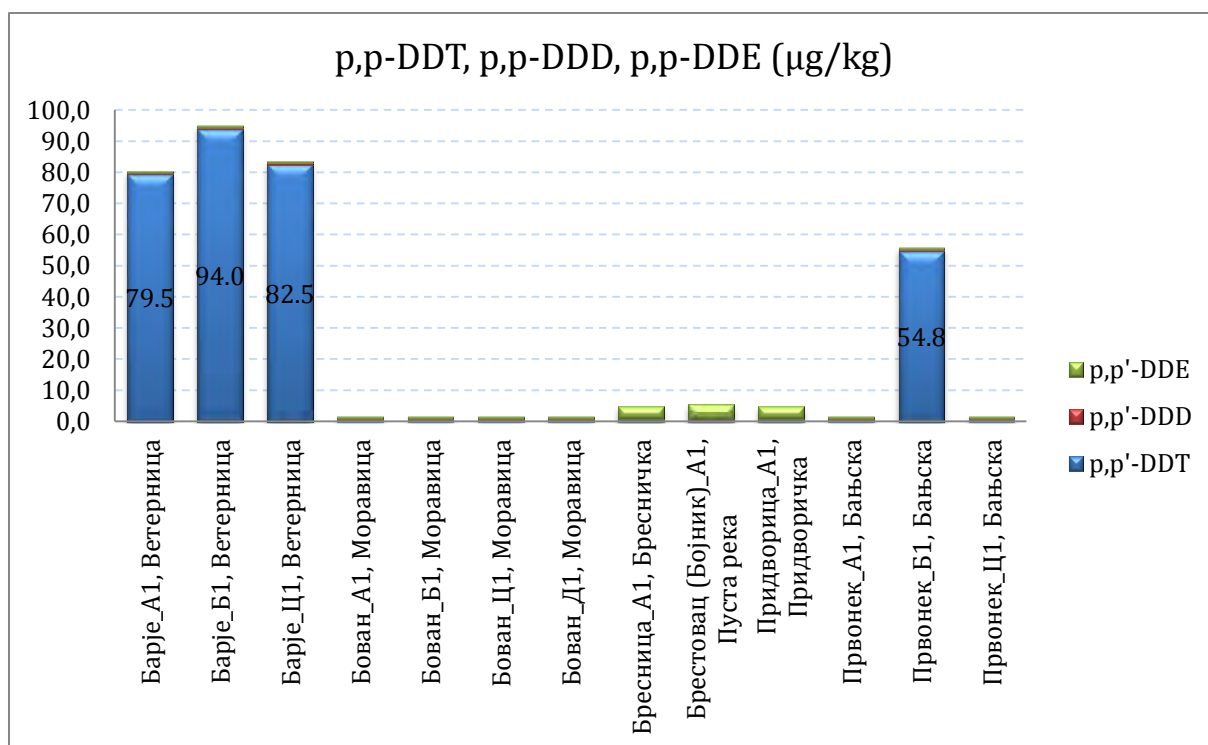


График 4.3.2.37. Садржај p,p-DDT, p,p-DDD, p,p-DDE у седиментима акумулација Барје, Бован, Бресница, Придворица и Првонек (слив Јужне Мораве)

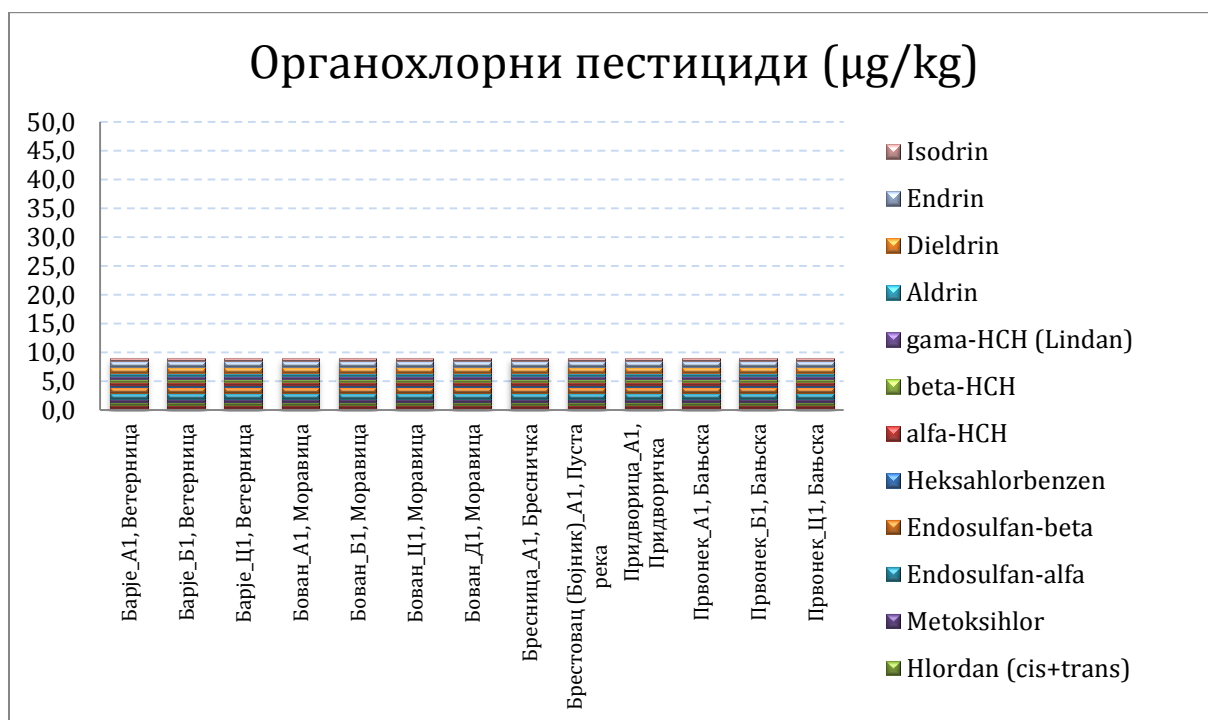


График 4.3.2.38. Садржај органохлорних пестицида у седиментима акумулација Барје, Бован, Бресница, Придворица и Првонек (слив Јужне Мораве)

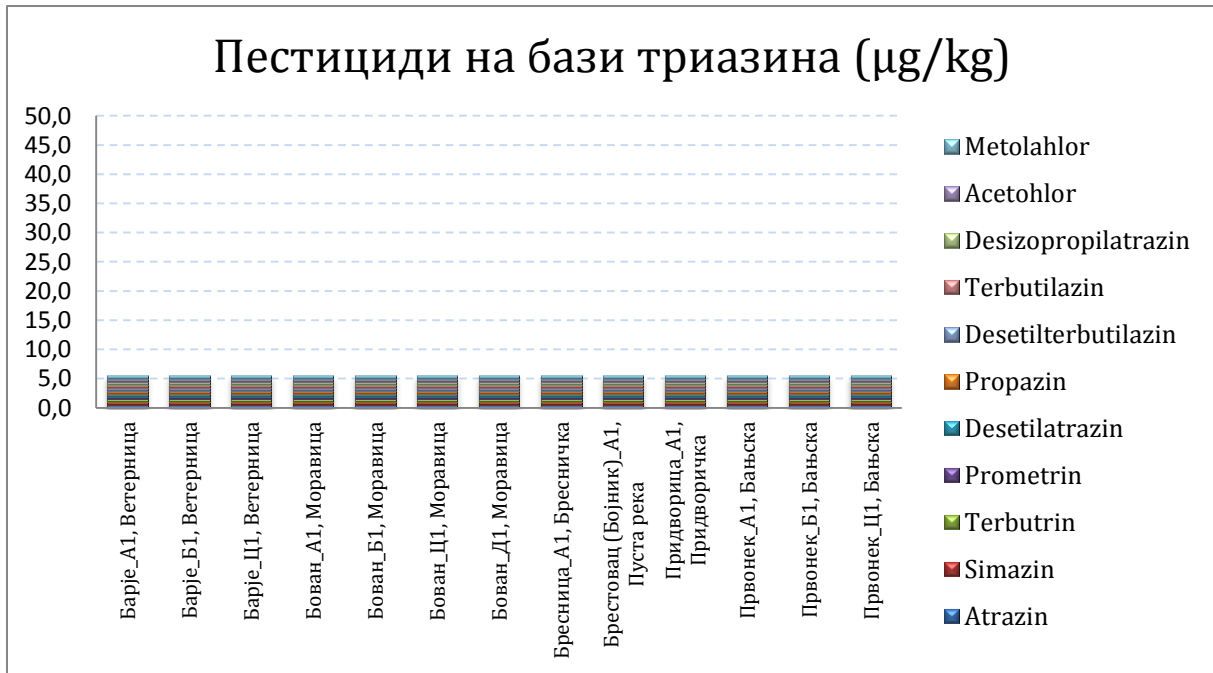


График 4.3.2.39. Садржај пестицида на бази триазина у седиментима акумулација Барје, Бован, Бресница, Придворица и Првонек (слив Јужне Мораве)

4.3.3. Оцена тренда садржаја метала у седименту

Мониторинг квалитета седимента река Србије, у периоду 2012.-2017.године, 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.



Слика4.3.3.1.Процентуална заступљеност профила са различитим динамиком испитивање седимента у периоду 2012-2017.

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).

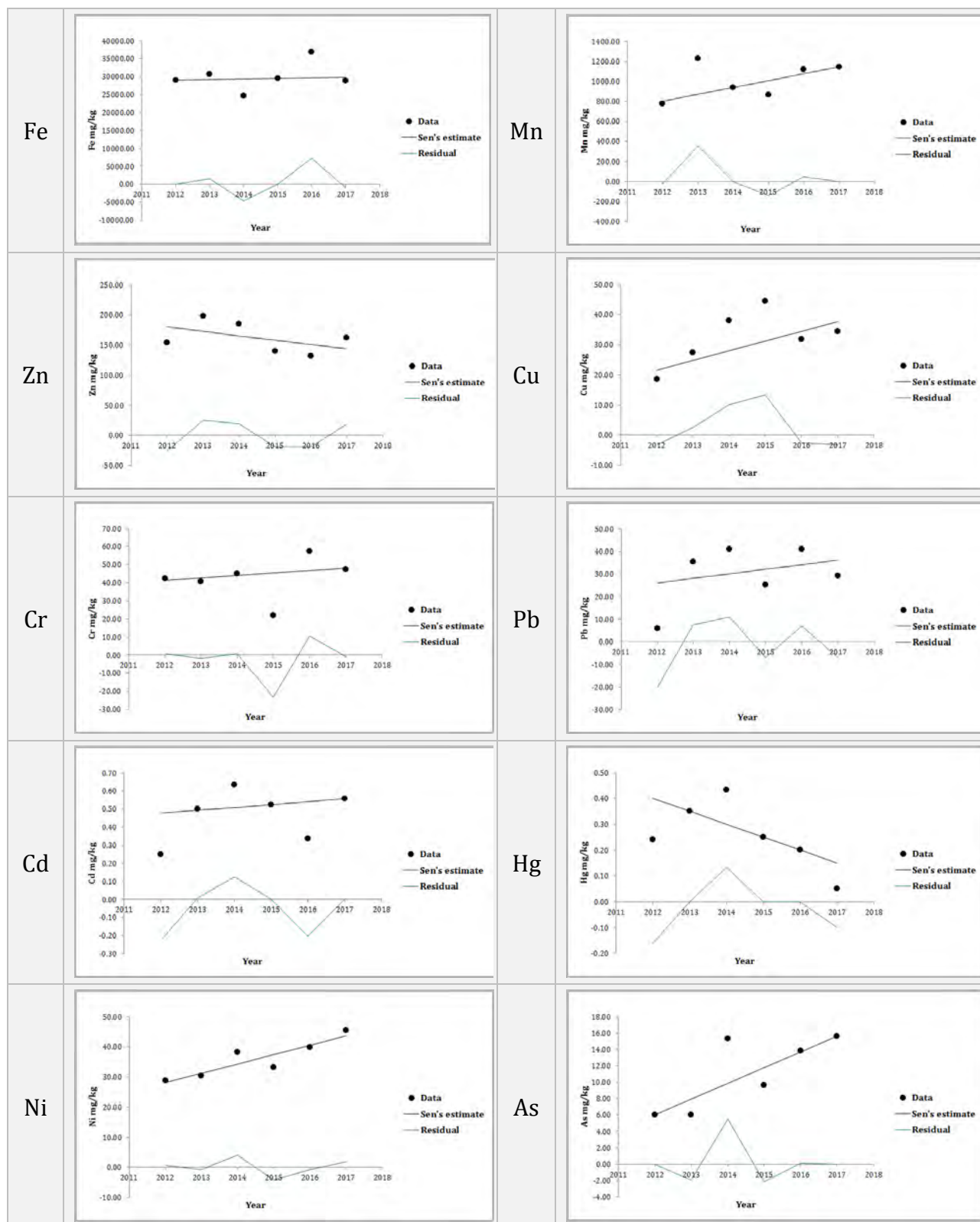
Идентификација и процена трендова садржаја тешких метала у седименту реке Дунав на профилу Бездан (лева обала) и реке Тисе на профилу Мартонош (десна и лева обала) урађена је на бази срачунатих просечних годишњих вредности концентрација метала (Fe, Mn, Zn, Cu, Cr, Pb, Cd, Hg, Ni i As) за период 2012.-2017.година и заснива се на примени непараметарског **Mann-Kendall** теста за мале узорке ($n < 10$) и **Sen's** методе за одређивање величине нагиба. Одређивање трендова вршено је коришћењем алата „Excel template application MAKESENS“²⁵. Резултати извршених анализа приказани су графички на сликама 4.3.3.2., 4.3.3.3. и 4.3.3.4.

²⁵ DETECTING TRENDS OF ANNUAL VALUES OF ATMOSPHERIC POLLUTANTS BY THE MANN-KENDALL TEST AND SEN'S SLOPE ESTIMATES -THE EXCEL TEMPLATE APPLICATION MAKESENS Timo Salmi, Anu Määttä Pia Anttila, Tuija Ruoho-Airola, Toni Amnell, Helsinki 2002

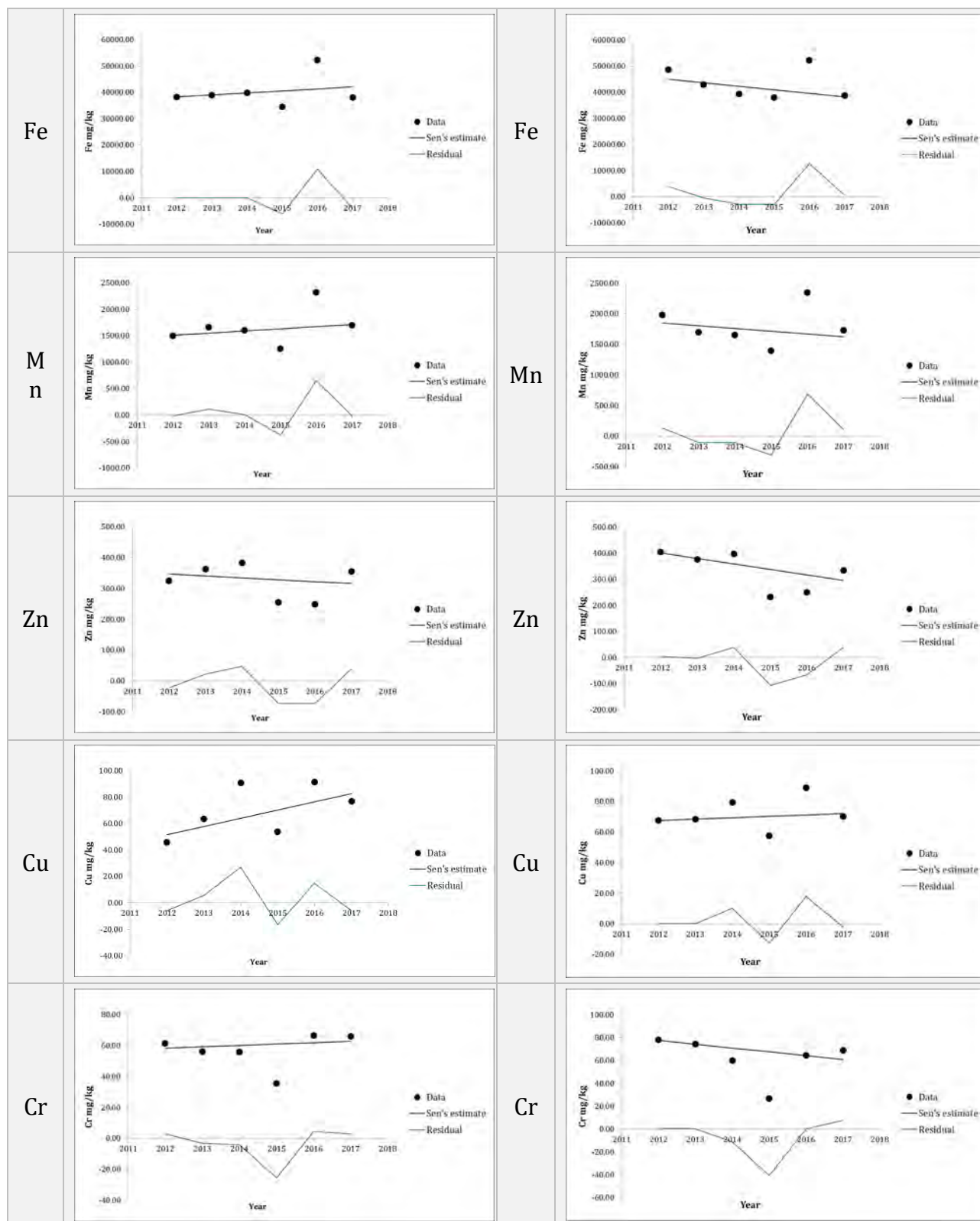
На бази одређених (емпиријских) статистика теста ($p=f(S,n)$) коришћењем таблице вероватноће Mann-Kendall теста за тренд за мали узорак ($n=6$) и критичне теоријске вредности ($\alpha=0.05$), извршено је тестирање нулте хипотеза H_0 : нема тренда и алтернативних хипотеза H_1 :Растући тренд или H_2 :Опадајући тренд²⁶.

Статистички значајан растући тренд утврђен је за садржај никла и арсена у седименту реке Дунав на профилу Бездан (Слика 4.3.3.2.), док је статистички значајан опадајући тренд утврђен за садржај живе у седименту реке Тисе на профилу Мартонош на левој обали (Слика 4.3.3.4.). За садржај осталих метала у седименту реке Дунав и реке Тисе, иако графички приказане једначине линеарних зависности (Слике 4.3.3.2., 4.3.3.3. и 4.3.3.4.) показују пораст или смањење концентрација појединих метала, примењеном методологијом нису квантификовани значајни трендови.

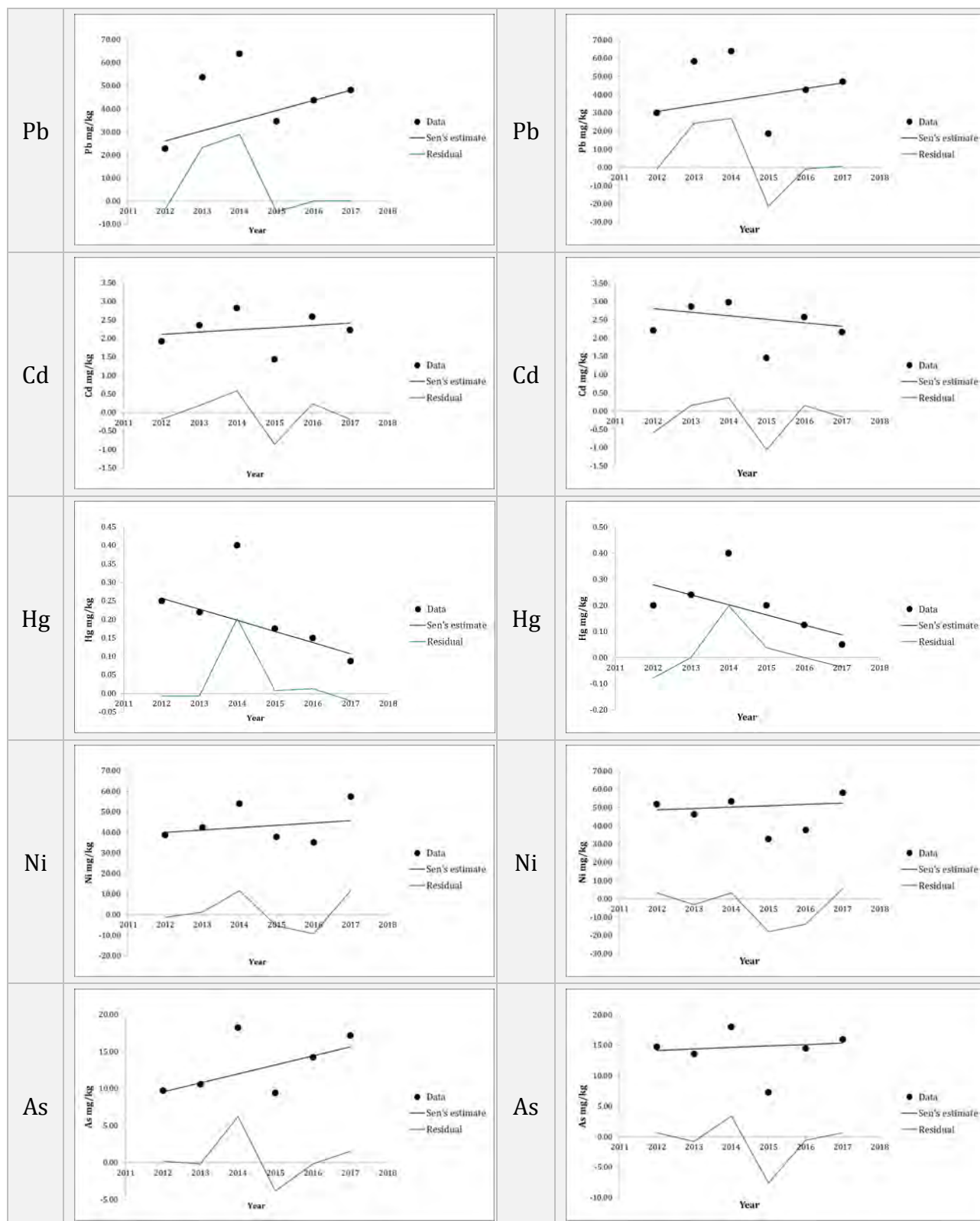
²⁶ Guidance for Data Quality Assessment, Practical Methods for data Analysis, EPA QA/G-9 QA00 Version,2000



Слика 4.3.2.2. Графички приказ резултата одређивања тренда садржаја метала у седименту реке Дунав на профилу Бездан применом непараметарског Mann-Kendall теста



Слика 4.3.3.3. Графички приказ резултата одређивања тренда садржаја метала (Fe, Mn, Zn, Cu и Cr) у седименту реке Тисе на профилу Мартонош (десна и лева обала) применом непараметарског Mann-Kendall теста



Слика 4.3.3.4. Графички приказ резултата одређивања тренда садржаја метала (Pb, Cd, Hg, Ni и As) у седименту реке Тисе на профилу Мартонош (десна и лева обала) применом непараметарског Mann-Kendall теста

4.3.4. Интерпретација резултата квалитета седимента применом кластер анализе

Обиман сет параметара у оквиру вишегодишњег програма мониторинга седимента водотока који спроводи Агенција за заштиту животне средине захтева коришћење савремених статистичких метода за интерпретацију резултата. Једна од њих је и кластер анализа (*Cluster Analysis*) која представља мултиваријациону технику чији је циљ оптимално груписање, при чему су јединице посматрања у оквиру сваког кластера сличних особина, док се кластери међусобно разликују. Искуство у примени ове методе у интерпретацији резултата квалитета површинских вода у нашој земљи оправдава даљу примену (Matijević B. *et al.*, 2015). Груписање кластер анализом се врши на основу „скора“ који се израчунава на основу вредности обележја по свим варијаблама, за сваку јединицу посматрања посебно. Резултат груписања није унапред познат и врши се према дефинисаном критеријуму (Soni Madhulatha T., 2012). Постоје два основна типа кластер анализе, хијерархијски и нехијерархијски (Yim O., Ramdeen T., 2015). У овој анализи примењено је хијерархијско кластирање на нормализованом сету података применом *Ward's* методе и квадратне Еуклидове удаљености (*Squared Euclidian Distance*) као мере удаљености. Кластер анализа урађена је применом *SPSS* софтверског пакета²⁷. Груписање мерних профила на којима је вршено испитивање квалитета седимента у сливу Великог Тимока (Слика 4.3.4.1), извршено је применом кластер анализе на бази садржаја метала у седиментима.



Слика 4.3.4.1. Мониторинг станице квалитета седимента у сливу реке Велики Тимок

²⁷ *Cluster Analysis with SPSS*, <http://core.ecu.edu/psyc/wuenschk/SPSS/ClusterAnalysis-SPSS.pdf>

Резултат кластер анализе приказан је графички - дендограмом (График 4.3.4.1).

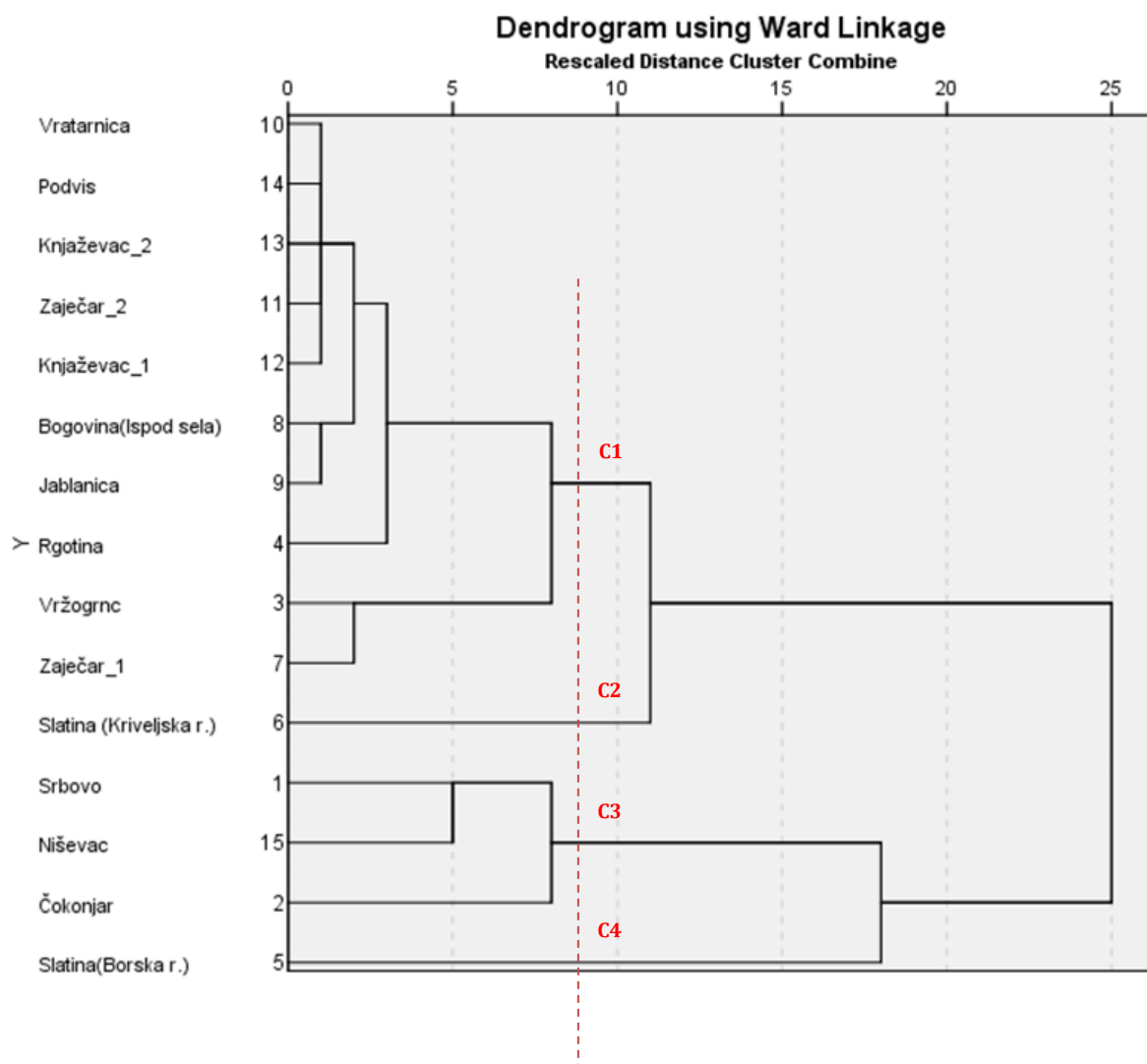


График 4.3.4.1. Дендограм -груписање мерних профила у сливу реке Велики Тимок применом кластер анализе

Из дендограма, се уочава да је 15 профила за мониторинг квалитета седимента, према садржају метала груписан у четири статистички значајна кластера.

Први кластер обухвата профиле: Вратарница/Бели Тимок, Књажевац_2/Сврљишки Тимок, Зајечар_2/Бели Тимок, Подвис/Сврљишки Тимок, Књажевац_1/Трговишки Тимок, Боговина(Испод села)/Црни Тимок, Јабланица/Црни Тимок, Рготина/Борска река, Вржогрнц/Велики Тимок и Зајечар_1/Црни Тимок. Други кластер чини Слатина/Кривељска река, док трећи кластер чине: Србово/Велики Тимок, Нишевац/Сврљишки Тимок и Чокоњар/Велики Тимок. Четвртост кластеру припада профил Слатина/Борска река.

Увидом у дендограм уочава се да је у кластеру (C1) највећа сличност по питању квалитета седимента на профилима 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, као и профил Рготина/Борска река. Посебан подкластер чини профил Рготина/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 (C1).

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). Имајући у виду напред наведено, може се констатовати да на садржај метала у овим седиментима доминантан утицај има антропогени фактор.

4.3.5. Процена утицаја природних и антропогених фактора на квалитет седимента

Убрзана индустријализација и економски развој наше земље и примена савремених агротехничких захвата у пољопривреди, већ од шездесетих година прошлог века, уз изостанак мера заштите вода имао је за последицу осим деградације водотокова и загађење седимената (Вељковић *et al*, 2013; 2015). Анализа резултата квалитета седимента у овом раду недвосмислено указује колико је ово озбиљан еколошки проблем у Републици Србији. Токсичност, постојаност, не - биоразградљивост и биоакумулација су основне карактеристике идентификованих опасних и штетних материја у седименту са великим утицајем на живи свет у води и људско здравље. Након анализа садржаја свих штетних материја и дискусије о потенцијалним ризицима који проистичу, поставља се важно питање. Да ли су извори ових непожељних елемената и материја антропогеног или педогеног порекла? У нашој земљи извори тешких метала су у највећем проценту антропогеног порекла, али у неким сливовима су и педогеног порекла. Анализе квалитета седимента мониторинга који је спровела Агенција за заштиту животне средине указују да је у сливовима реке Саве, Западне Мораве,

Јужне Мораве и Велике Мораве, као и за реке слива Дунава у највећем броју случајева повећан садржај метала повезан за дефлационе и денудационе процесе педогеног порекла. Док је појава арсена у седименту реке Тисе последица промене нивоа подземних вода које су обогачене арсеном (Petrović T., Veljković N. *et al.*, 2010; 2012). Општа оцена утицаја природних и антропогених фактора на квалитет седимента је добијена „преклапањем“ геореференцираних слојева (GIS layers) просторне расподеле станица мониторинга седимента површинских вода Агенције за заштиту животне средине и „Педолошке карте Републике Србије“, (Слике 4.3.5.1 - 4.3.5.7). Детаљна анализа резултата за поједине метале чије су измерене високе концентрације превазилазиле дефинисане критеријуме дата је у поглављу 4.3.1.

Као уводни део процене утицаја природних и антропогених фактора на квалитет седимента презентоваће се карактеристичне локације и детектована прекорачења.

Процена квалитета седимента у односу на садржај цинка показала је да измерена концентрација у седименту реке Пек (слив Дунава), на профилу Нересница (1462mg/kg), превазилази граничне вредности за SEL (Zn)=820mg/kg и ТЕТ (Zn)=540mg/kg, што указује на ниво *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет (Слика 4.3.5.1)

Процена квалитета седимента у односу на садржај бакра показала је да измерена концентрација у седименту реке Колубаре (Слив Саве) на профилу Мислођин (259mg/kg), превазилази дефинисане граничне вредности за SEL (Cu)=110mg/kg и ТЕТ (Cu)=86mg/kg, што указује на ниво *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет (Слика 4.3.5.2).

Процена квалитета седимента у односу на садржај хрома показала је да измерена концентрација у седименту реке Пловни Бегеј (слив Тисе) на профилу Српски Итебеј(ГВ) (233.6mg/kg) превазилази дефинисане граничне вредности за PEL (Cr)=90mg/kg, ERM (Cr)=145mg/kg, ТЕТ (Cr)=100mg/kg и SEL (Cr)=110 mg/kg, што указује на ниво *вероватног*, *средњег*, *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет (Слика 4.3.5.3).

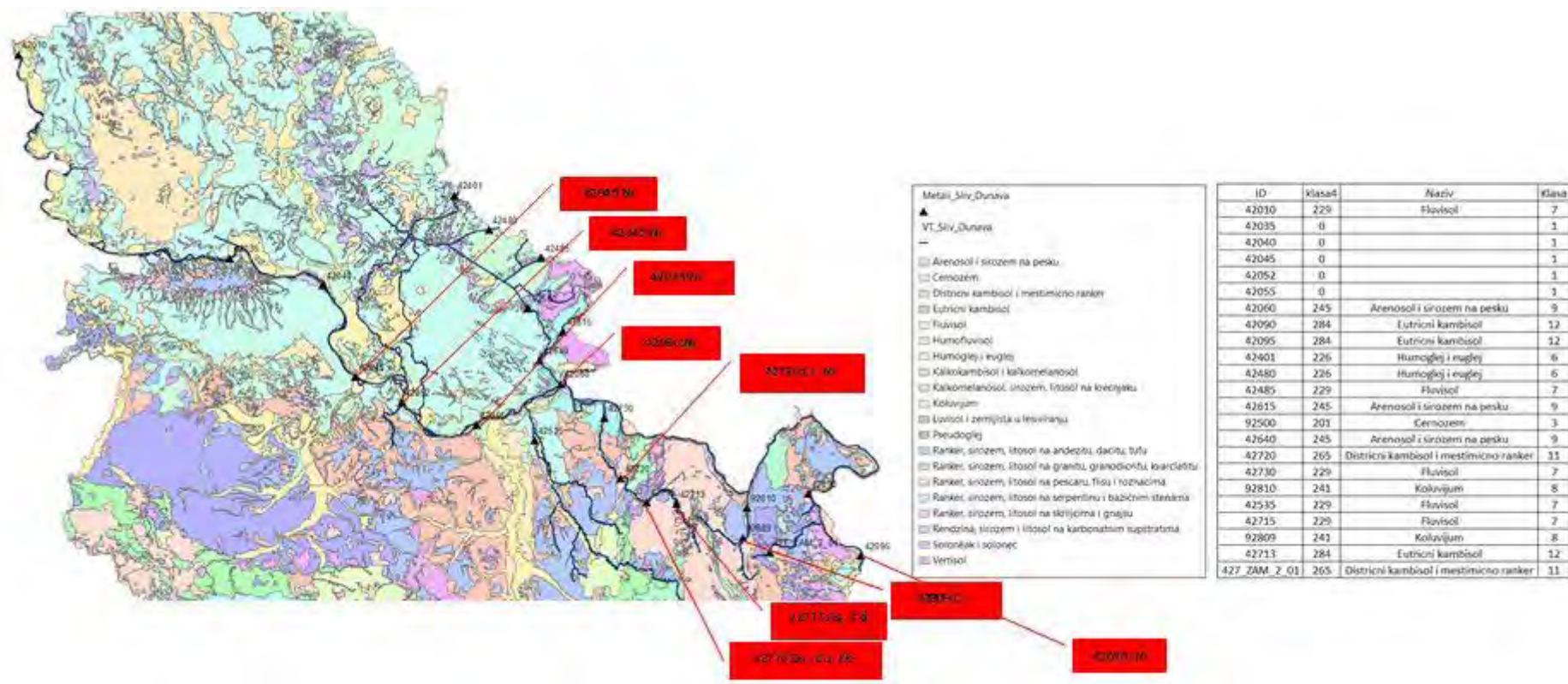
Процена квалитета седимента, у односу на садржај никла показала је да измерене концентрације у седиментима реке Велике Мораве на профилима Трновче (128.0mg/kg) и Багрдан (102.0mg/kg); Раванице на профилу Ћуприја (80.0mg/kg), превазилазе приказане дефинисане граничне вредности за PEL (Ni)=36mg/kg, ERM (Ni)=50mg/kg, ТЕТ (Ni)=61mg/kg, SEL (Ni)=75mg/kg, *ниво вероватног*, *средњег*, *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет. (Слика 4.3.5.4).

Процена квалитета седимента у односу на садржај олова показала је да измерене концентрације у седиментима реке Западне Мораве на профилу Краљево (258.0mg/kg), Ибар на профилу Рашка (316.1mg/kg), Моравица на профилу Градина (278.0mg/kg) и Чемерница на профилу Прељина (272.0mg/kg)

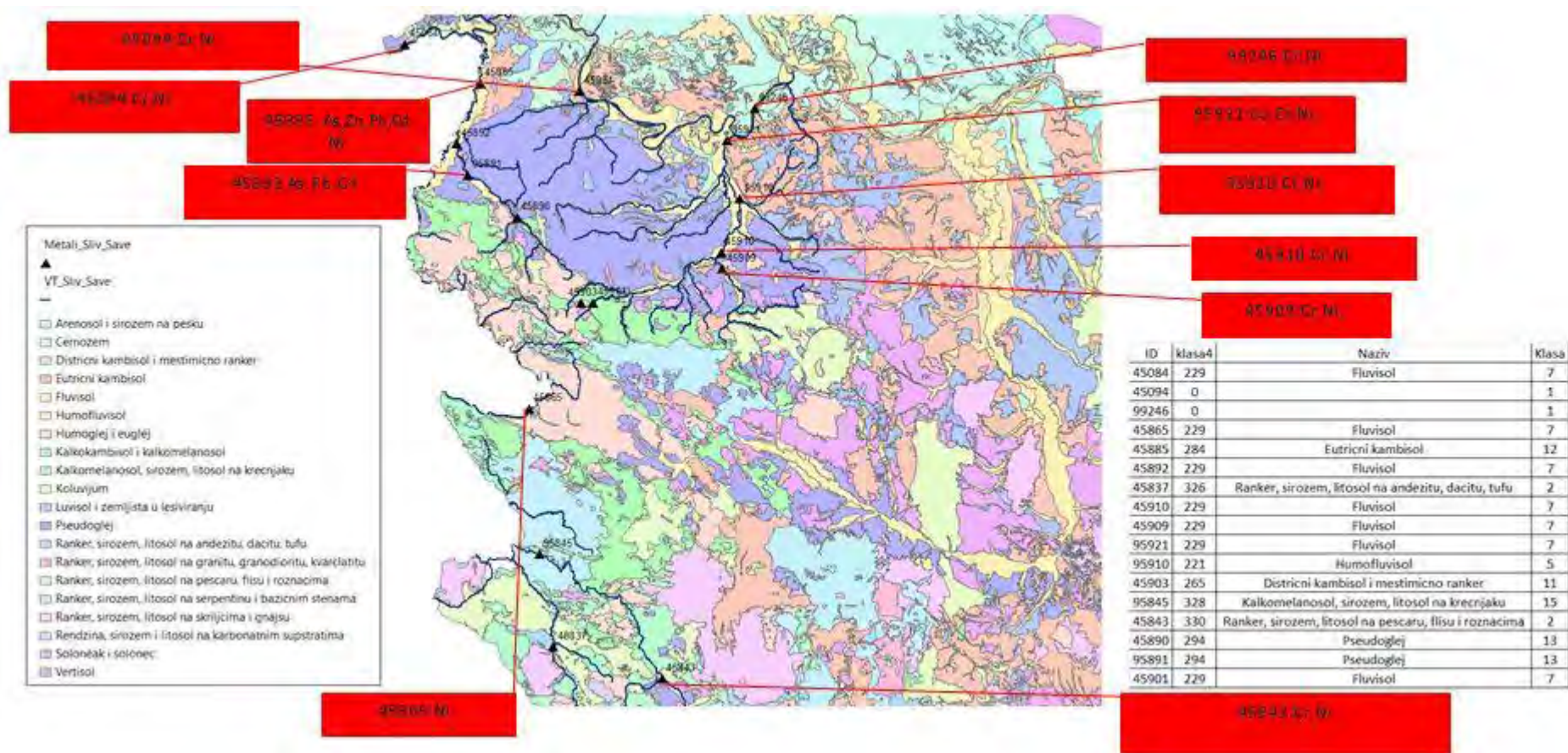
превазилазе дефинисане граничне вредности за SEL (Pb)=250mg/kg TET (Pb)=170mg/kg, што указује на ниво *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет (Слика 4.3.5.5).

Процена квалитета седимента, у односу на садржај цинка показала је да измерена концентрација у седименту реке Јабланице (слив Јужне Мораве), на профилу Лебане (1356.0mg/kg), превазилази дефинисане граничне вредности за SEL (Zn)=820mg/kg и TET (Zn)=540mg/kg, што указује на ниво *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет (Слика 4.3.5.6).

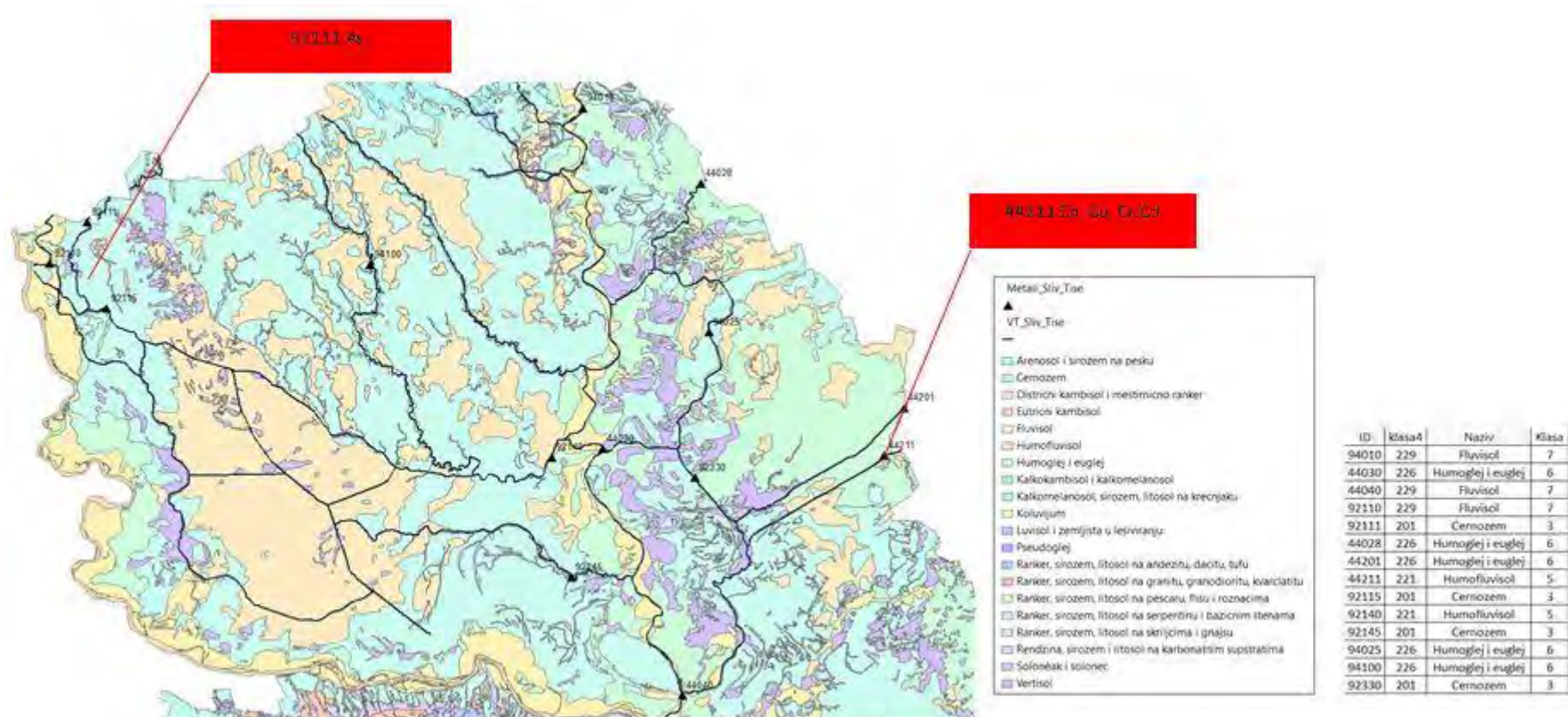
Процена квалитета седимента у односу на садржај цинка показала је да измерене концентрације у седименту Борске реке на профилу Слатина (2758mg/kg) и реке Велики Тимок на профилу Чокоњар (1458mg/kg) превазилазе дефинисане граничне вредности критеријума за SEL (Zn)=820mg/kg и TET (Zn)=540mg/kg, што указује на ниво *озбиљног* и *токсичног* ефекта на акватични живи свет (Слика 4.3.5.7).



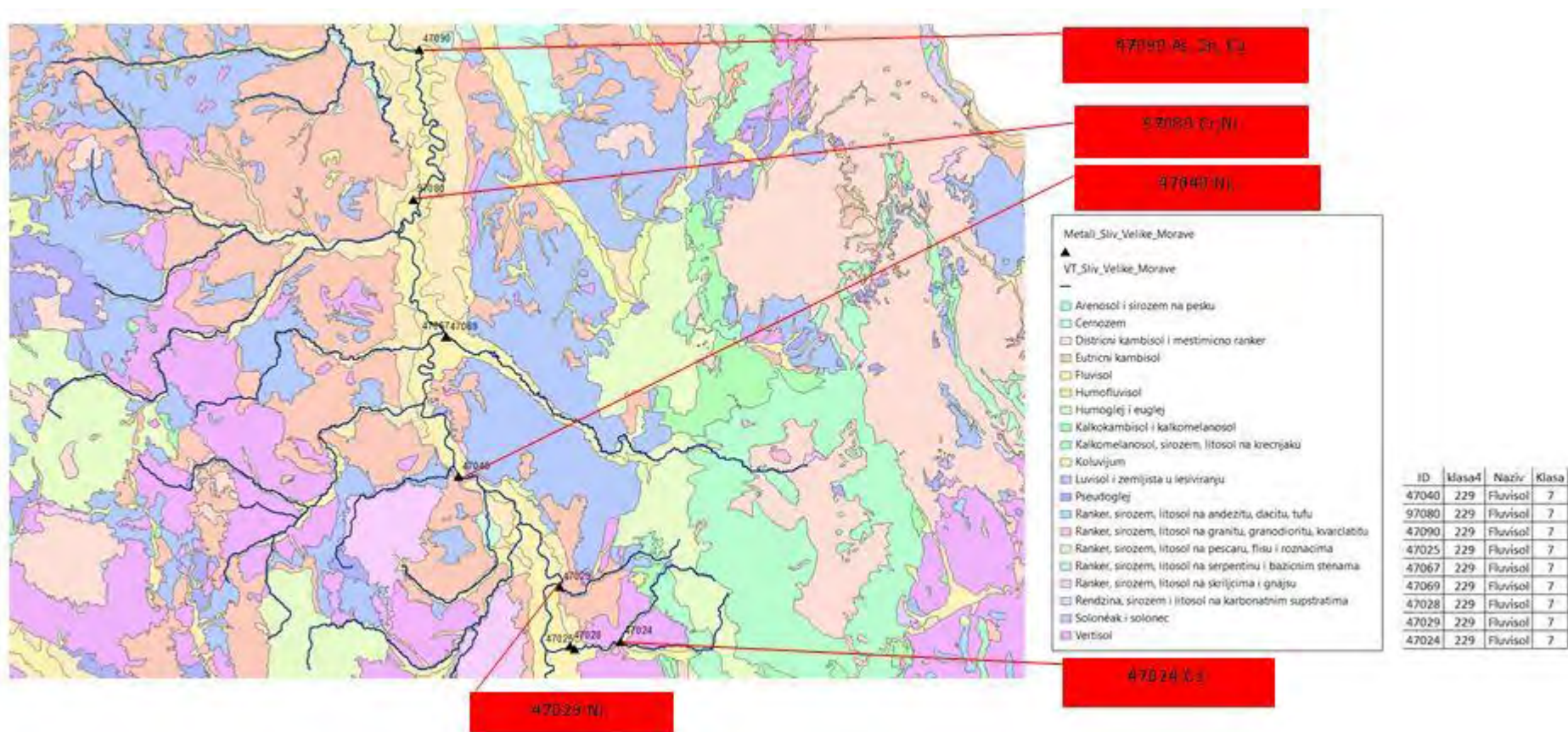
Слика 4.3.5.1. Профили на рекама слива Дунава са прекораченим концентрацијама метала у седименту (GIS layers: база података мониторинга седимента површинских вода и „Педолошка карта Републике Србије“)



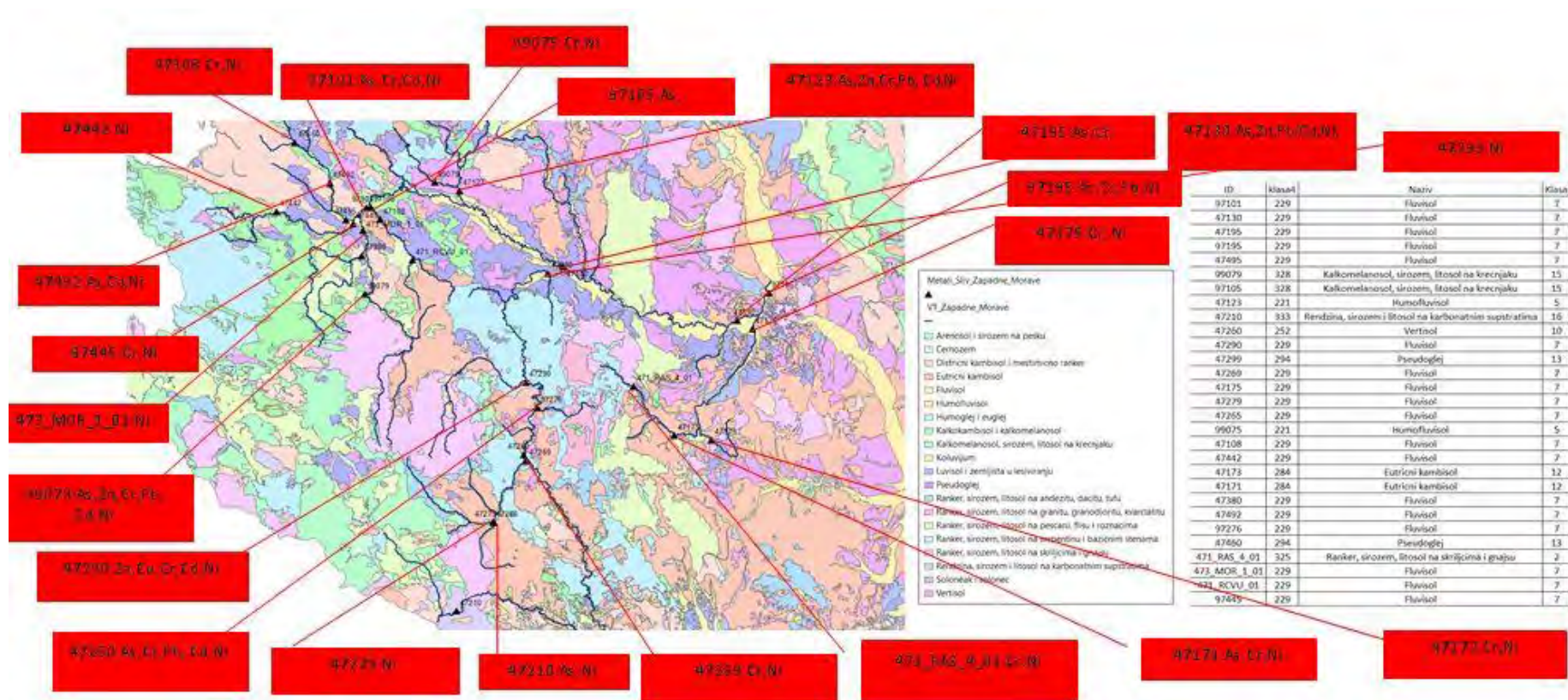
Слика 4.3.5.2. Профили на рекама слива Саве са прекораченим концентрацијама метала у седименту (GIS layers: база података мониторинга седимента површинских вода и „Педолошка карта Републике Србије“)



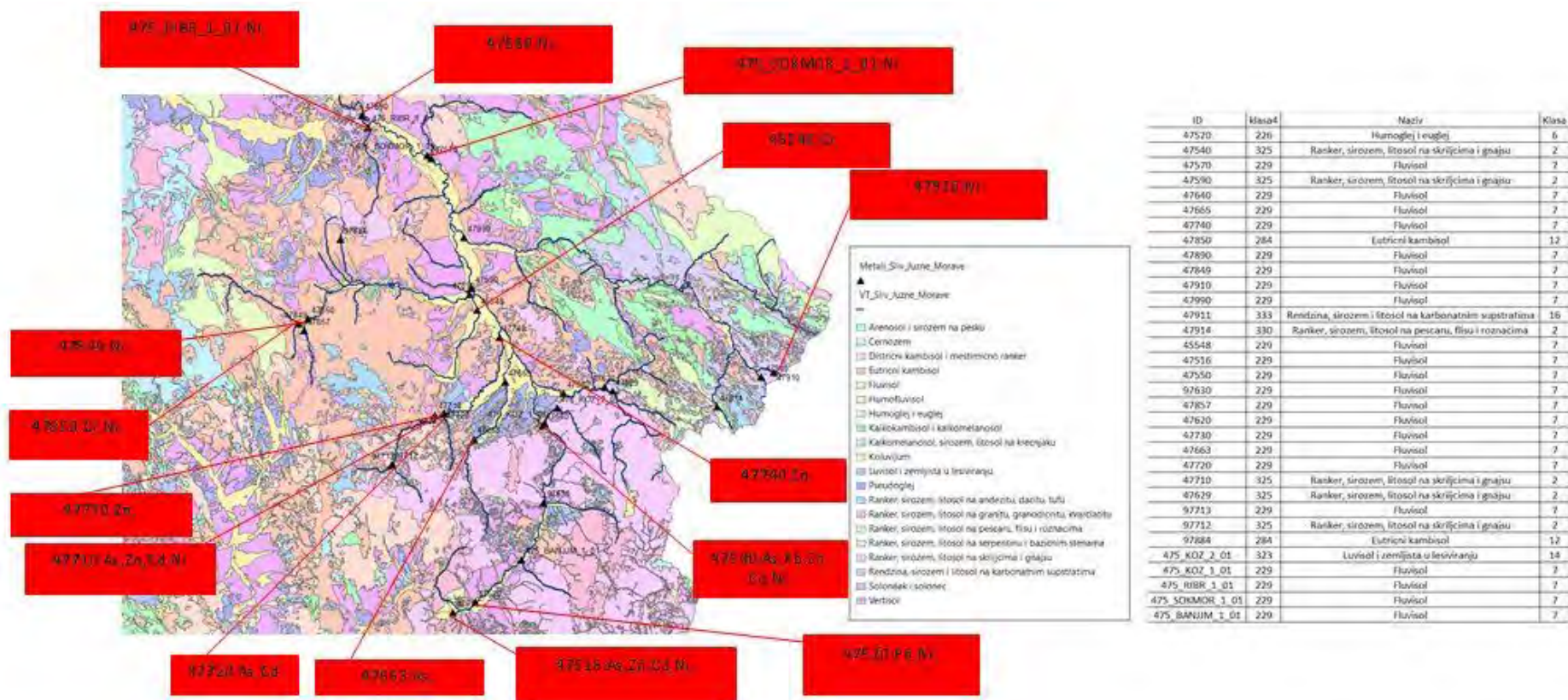
Слика 4.3.5.3. Профили на рекама слива Тисе са прекораченим концентрацијама метала у седименту (GIS layers: база података мониторинга седимента површинских вода и „Педолошка карта Републике Србије“)



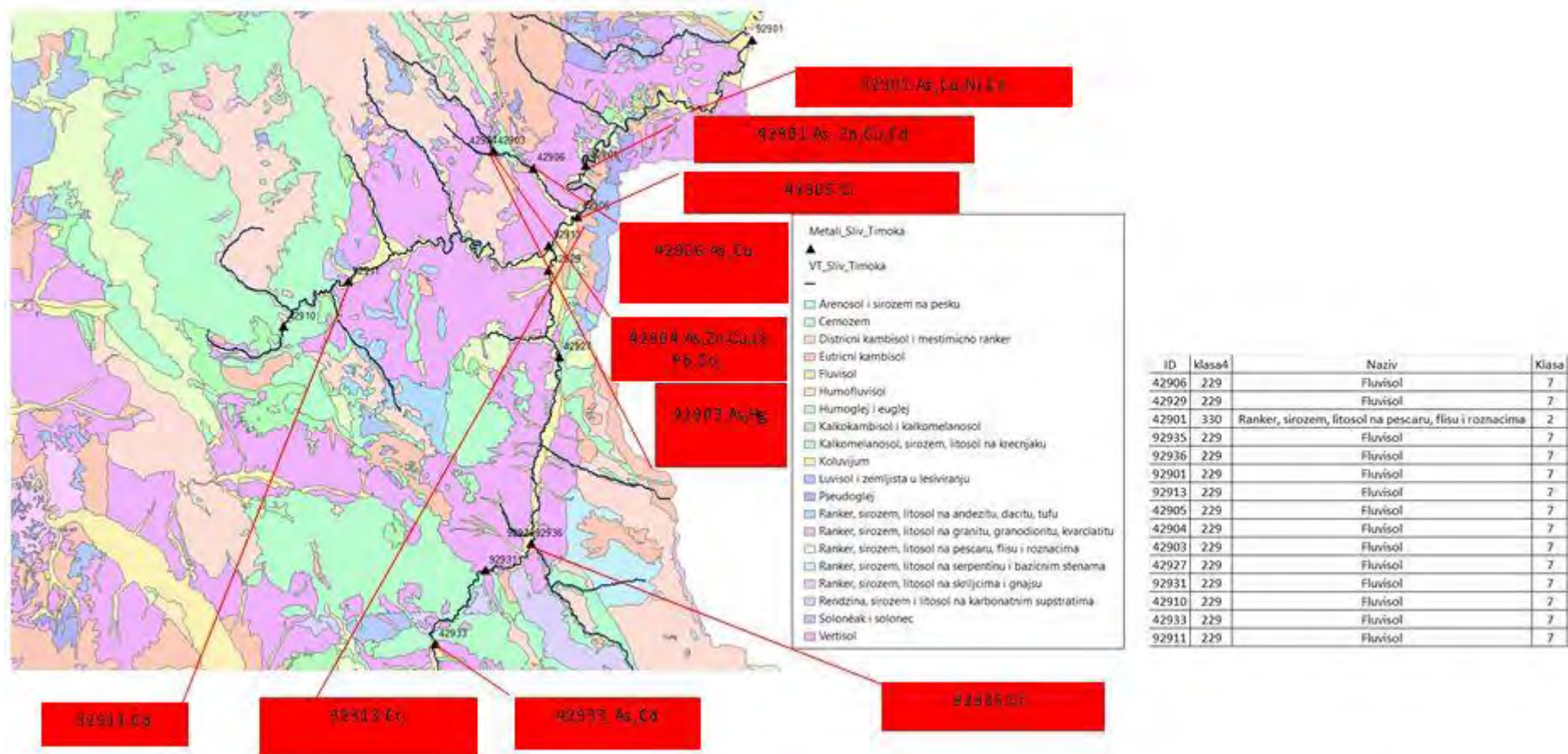
Слика 4.3.5.4. Профили на рекама слива Велике Мораве са прекораченим концентрацијама метала у седименту (GIS layers: база података мониторинга седимента површинских вода и „Педолошка карта Републике Србије“)



Слика 4.3.5.5. Профили на рекама слива Западне Мораве са прекораченим концентрацијама метала у седименту (GIS layers: база података мониторинга седимента површинских вода и „Педолошка карта Републике Србије“)



Слика 4.3.5.6. Профили на рекама слива Јужне Мораве са прекораченим концентрацијама метала у седименту (GIS layers: база података мониторинга седимента површинских вода и „Педолошка карта Републике Србије“)



Слика 4.3.5.7. Профили на рекама слива Тимока са прекораченим концентрацијама метала у седименту (GIS layers: база података мониторинга седимента површинских вода и „Педолошка карта Републике Србије“)

У литературним изворима се може наћи више методолошких поступака за процену обима загађености седимента металима на нивоу слива. Пример оваквог приступа, у овом раду коришћењем резултата мониторинга квалитета седимента урађен је за слив реке Тимок применом *индикатора загађености*. Приступ се заснива на одређивању фактора обogaћивања (EF), геоакумулационог индекса (*Igeo*), фактора контаминације (CF) и степена контаминације (CD). Израчунавање побројаних индикатора, захтева коришћење „background“ вредности, односно природног фона метала у седименту. За израчунавање побројаних индикатора за слив река Тимока коришћене су „background“ вредности, односно нивои природног фона метала у седименту према литературним подацима (Pb (12.5-50mg/kg), Cu (10-40mg/kg), Zn (50-200mg/kg), Cd (0.15-0.60mg/kg), Ni (15-60mg/kg), Cr (40-160mg/kg) [ICPDR] и за As (1.5mg/kg) и Fe (35000mg/kg)¹.

Први индикатор **фактор обogaћивања (EF)** је добијен из односа количника измерених концентрација појединачног метала и концентрације гвожђа измерених у узорку седимента и количника вредности природног фона датог метала и гвожђа у седименту („background“). Кад је добијена вредност $EF < 1$ нема обogaћивања металима, кад је $EF > 1$ указује на различите степене обogaћивања металима према следећим критеријумима: низак ($1 \leq EF < 3$), умерен ($3 \leq EF < 5$), средње озбиљан ($5 \leq EF < 10$), озбиљан ($10 \leq EF < 25$), веома озбиљан ($25 \leq EF < 50$) и екстремно озбиљан ($EF > 50$) ниво обogaћивања. При чему кад је вредности $EF < 1.5$ указује на литолошко порекло метала, док вредности $EF > 10$ указују на антропогено порекло метала (Levei E et al., 2014), (Decena S et al., 2018).

Други индикатор **геоакумулациони индекс (*Igeo*)**, представља однос измерене концентрације појединог метала у узорку седимента и геохемијске концентрације истог метала у седименту у природном условима без антропогеног утицаја (background) увећаним 1.5 пута. На основу вредности геоакумулационог индекса, седименти се разврставају у седам класа загађености: незагађен ($Igeo \leq 0$), незагађен до умерено загађен ($0 < Igeo \leq 1$), умерено загађен ($1 < Igeo \leq 2$), умерено до јако загађен ($2 < Igeo \leq 3$), јако загађен ($3 < Igeo \leq 4$), јако до екстремно загађен ($4 < Igeo \leq 5$) и екстремно загађен ($Igeo > 5$).

Трећи индикатор **фактор контаминације (CF)** представља однос измерене концентрације појединог метала у узорку седимента и геохемијске концентрације истог метала у седименту у природном условима без антропогеног утицаја (background). Према вредности фактора контаминације, загађеност седимента се може класификовати као: ниска ($CF < 1$), умерена ($1 \leq CF < 3$), значајана ($3 \leq CF < 6$) и веома висока ($CF \geq 6$) контаминација.

Четврти индикатор **степен контаминације (CD)** представља суму фактора контаминације (CF) у седименту за седам метала (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb и Zn). На основу степена контаминације седименти се класификују у четири класе: ниска ($CD \leq 8$), умерена ($8 < CD \leq 16$), значајна ($16 < CD < 32$) и веома висока контаминација ($CD > 32$).

Процена утицаја природних и антропогених фактори на квалитет седимента, према презентованом методолошком поступку, урађена је за реке у сливу Велики Тимок. Коришћени су резултати мониторинга са 15 профила на 7 водотока.

На бази измерених концентрација садржаја метала у седиментима срачунате су вредности **степен контаминације (CD)**. На профилима Вржогрнац/Велики Тимок, Вратарница/Бели Тимок, Зајечар_2/Бели Тимок, Књажевац_2/Сврљишки Тимок Књажевац_1/Трговишки Тимок и Подвис/Сврљишки Тимок седимент има *умерен степен загађења металима*, док на профилима Зајечар_1/Црни Тимок, Боговина (испод села) /Црни Тимок и Јабланица/Црни Тимок седимент има *значајан степен загађења металима*. *Веома висок степен загађења* седимента металима утврђен је на профилима: Србово/Велики Тимок, Чокоњар/Велики Тимок, Рготина/Борска река, Слатина/Борска река, Слатина/Кривељска река и Нишевац/Сврљишки Тимок. (График 4.3.5.8)

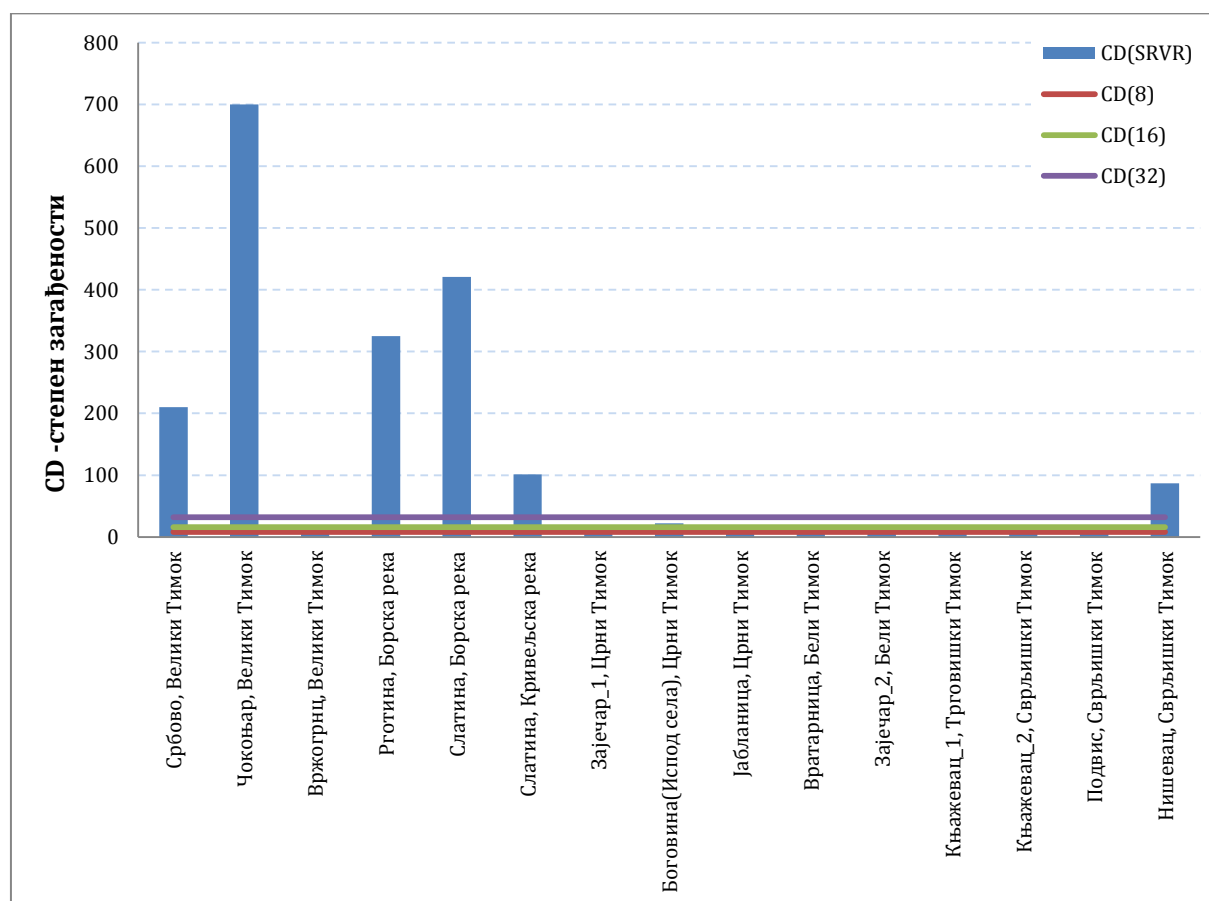


График 4.3.5.8. Степен загађености седимента по профилима/рекама у сливу Великог Тимока, са критеријумима за оцену контаминације: ниска ($CD \leq 8$), умерена ($8 < CD \leq 16$), значајна ($16 < CD < 32$) и веома висока контаминација ($CD > 32$)

Израчунате вредности **фактора обogaћивања (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 обogaћености садржајем бакра(Cu), док на профилима Слатина/Кривељска река и Нишевац/Сврљишки Тимок има екстремно озбиљан ниво обogaћености садржајем арсена (As), (График 4.3.4.9).

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.

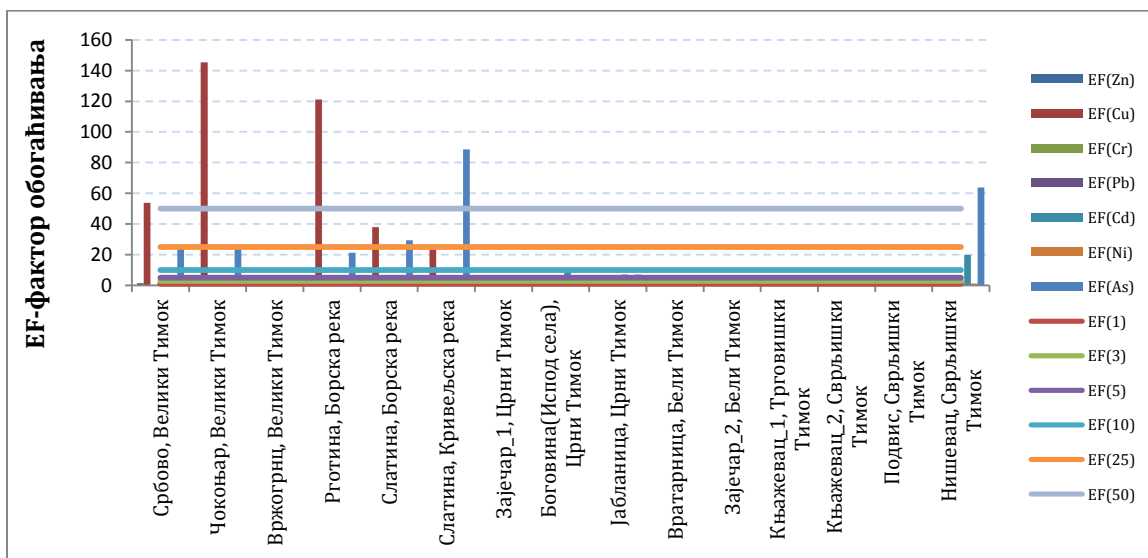


График 4.3.4.9. Ниво обogaћивања седимента појединим металима у сливу реке Велики Тимок, и критеријуми за оцену обogaћености металима

Вредности **геоакумулационог индекса (Igeo)** одређене за седименте у сливу Великог Тимока показују да су у погледу садржаја метала екстремно загађени на профилима: Србово (Cu и As), Чокоњар (Cu и As), Рготина (Cu), Слатина (Борска река) (Cu и As), Слатина (Кривељска река) (As) и Нишевац (As), (График 4.3.5.10). За утврђен садржај кадмијума Cd срачунате вредности геоакумулационог индекса на свим контролним профилима биле су мање од нуле ($Igeo < 0$) што указује да седименти нису загађени.

Презентовни методолошки поступак процене утицаја природних и антропогених фактора на квалитет седимента са примером примене за реке слива Тимока, са комплетном анализом резултата спроведеног мониторинга квалитета седимента на територији Републике Србије, потврђују значај управљања седиментом. Осим самог мониторинга квалитета седимента и анализе резултата намеће се потреба проширења истраживања која обухватају део који је запостављен у нашој земљи, а то је анализа притисака на водна тела површинских и подземних вода²⁸. Ово је део програма истраживачког мониторинга усмереног на водна тела за која је установљено да имају слаб или лош статус како би се идентификовали извори који су узрок таквог стања. Моделирање и процена дифузног загађења је важан саставни део овог истраживања (Veljković N., et al., 2013).

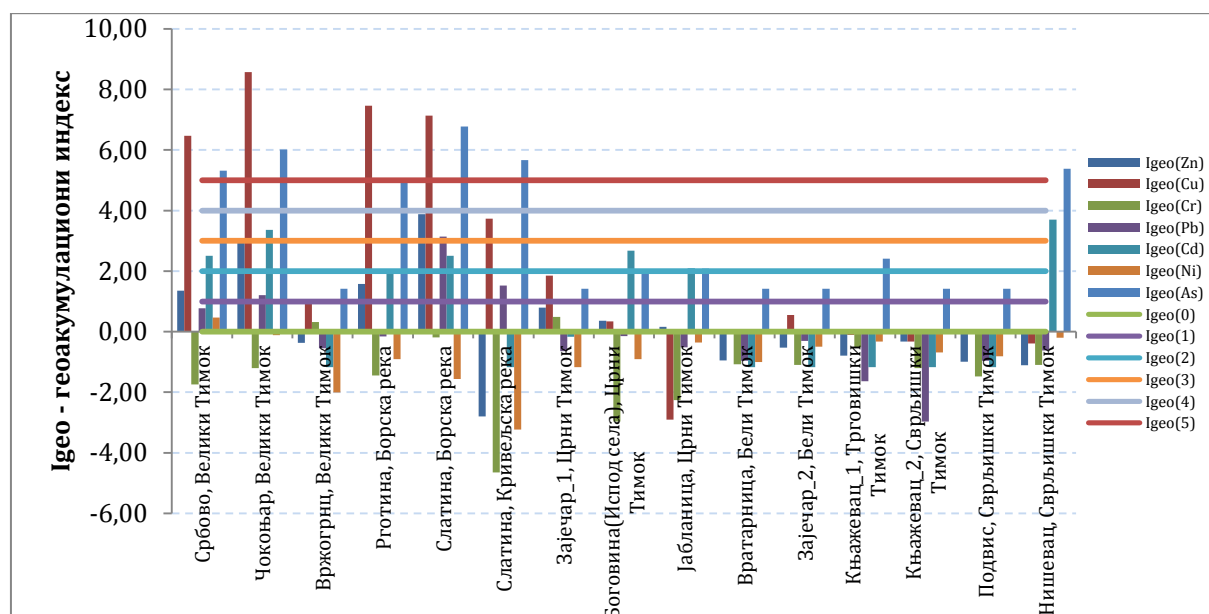


График 4.3.5.10. Вредности геоакумулационог индекса (*Igeo*) седимената по профилима/рекама за слив Великог Тимока и критеријуми за оцену загађености металима

²⁸ *European waters - Assessment of status and pressures 2018*, EEA Report No 7/2018, p. 67. „У другом Плану управљања водним подручјима (2016-2021) државе чланице су утврдиле да дифузно загађење утиче на 38% површинских водних тела и 35% подземних водних тела. Пољопривредна производња је главни извор дифузног загађења.“



Борска река, 2018

Применом индикатора **фактора контаминације (CF)**, а на бази дефинисаних критеријума за оцену загађености седимента металима, констатована је веома висока загађеност на профилима: Србово (Cu, Cd и As), Чокоњар (Cu, Cd, As и Zn), Рготина (Cu и As), Слатина (Борска река) (Cu, Cd, As, Pb и Zn), Слатина (Кривељска река) (Cu и As), Боговина (Испод села) (Cd и As), Јабланица (Cd и As), Књажевац_1 (As) и Нишевац (Cd и As), (График 4.3.5.11).

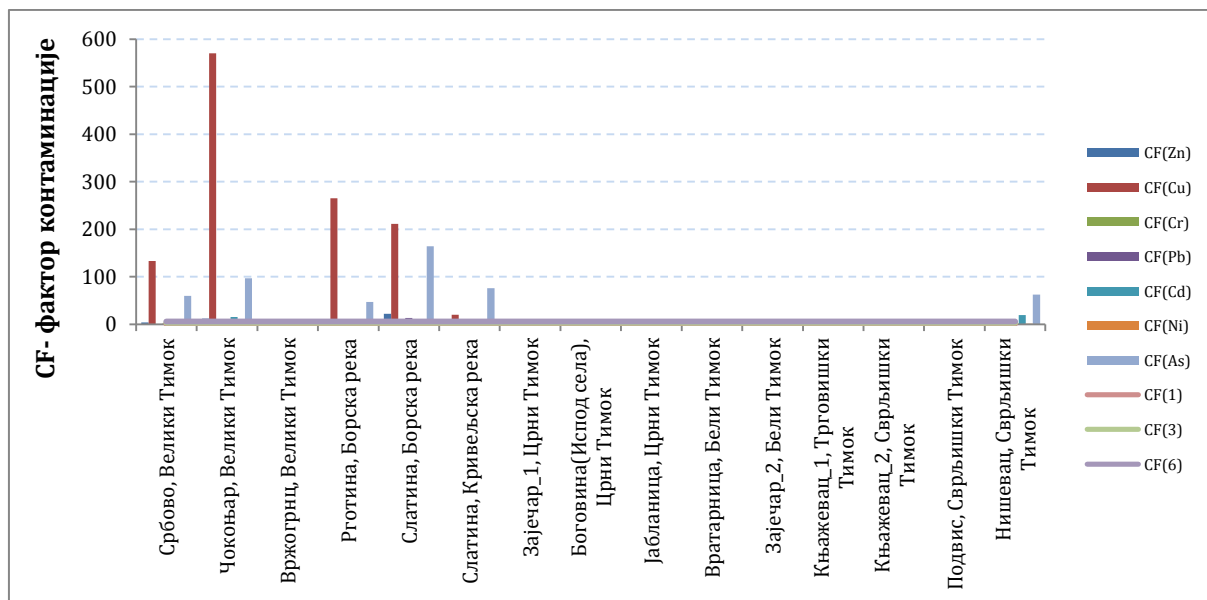


График 4.3.4.11. Вредности фактора контаминације (CF) седимента по профилима/рекама за слив Великог Тимока и критеријуми за оцену загађености металима

5. ПРЕПОРУКЕ И ЗАКЉУЧАК

5.1. Препоруке

Даља хармонизација домаће регулативе у сектору вода у складу са Оквирном директивом о водама ЕУ условљава и одговарајући ниво обухвата и управљања седиментом. Интегрисање одрживог управљања седиментом мора бити обухваћено иновираном водном политиком²⁹. Нацрт Закона о водама (2018) је у циљевима животне средине у оквиру „Плана управљања водама“ дефинисао, осим осталих, и принцип управљања тако да се „не повећава концентрација у седименту и биоти приоритетних супстанци које имају тенденцију да се акумулирају у седименту и/или биоти“ (члан 46, Нацрта Закона о водама, 2018). Резултати анализа квалитета седимента у нашим рекама, презентовани у овом раду, указују на сву специфичност проблема у вези управљања седиментом и јасно упућују на недовољну свеобухватност приступа. У том смислу се могу издвојити следеће препоруке које имају интегрално полазиште проблему:

1. Постојећа регулатива која уређује област депонија и отпада се мора проширити узимајући у обзир специфична својства материјала багерованог са речног дна. Овај материјал третирати као „муљ од јаружења“ који може садржати опасне материје.
2. Афирмисати настојање за корисном употребом седимента са или без претходног третмана, тако да се размотре стандарди квалитета за третиране седименте.
3. 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.

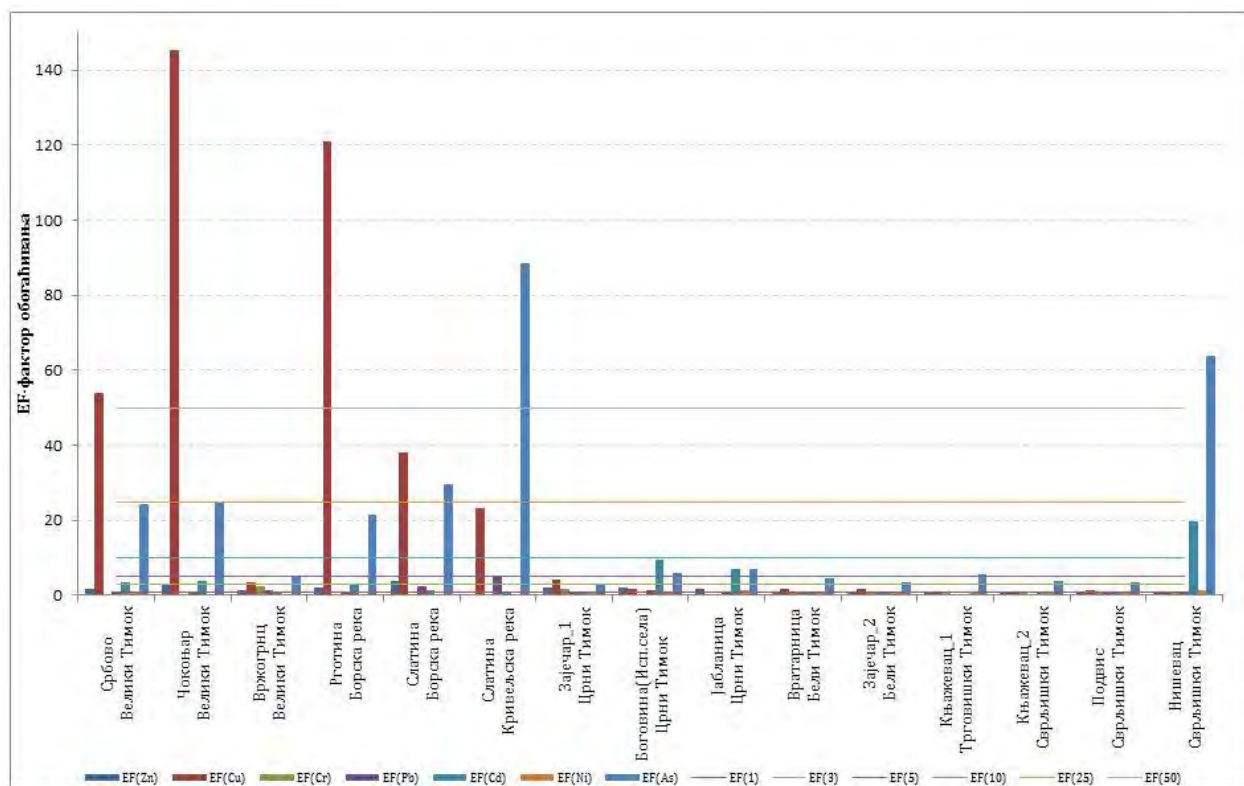
²⁹ <https://staklenozvono.rs/2017/10/kakvo-je-upravljanje-vodama-u-srbiji/>

5.2. Закључак

На основу великог броја резултата испитивања квалитета седимената, са укупним бројем од 277 узорака 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.

Истовремено, резултати анализе садржаја органских микрополутаната у седименту река Србије указују на присуство органохлорних пестицида. Издвајају се р,р-DDT, р,р-DDD и р,р-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).

Добијени резултати у седиментима акумулација указују на повећани садржај метала са највећом релативном учесталашћу 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 токсичног 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.



Слика 5.1.1. Фактор обогаћивања седимента (EF) металима: нема обогаћивања ($EF < 1$), низак ($1 \leq EF < 3$), умерен ($3 \leq EF < 5$), средње озбиљан ($5 \leq EF < 10$), озбиљан ($10 \leq EF < 25$), веома озбиљан ($25 \leq EF < 50$) и екстремно озбиљан ($EF > 50$) ниво обогаћивања

У седименту акумулација Србије резултати анализе садржаја органских микрополутаната указују на присуство органохлорних пестицида. Издваја се р,р-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 р,р-DDE у концентрацијама већим од MDK. Такође је утврђено присуство изодрина у акумулацијама Сјеница и Нова Грошница. Статистичка анализа је поткрепљена оценом тренда садржаја метала у седименту реке Дунав на профилу Бездан и реке Тисе на профилу Мартонош. Утврђен је статистички значајан растући тренд за садржај никла и арсена у седименту реке Дунав на профилу Бездан и статистички значајан опадајући тренд за садржај живе у седименту реке Тисе на профилу Мартонош на левој обали. За садржај осталих метала у седиментима реке Дунав и реке Тисе примењеном методологијом нису квантификовани значајни трендови. Посебним испитивањем резултата квалитета седимента за слив Великог Тимока у погледу садржаја метала примењена је кластер анализа. Груписање профила са сличним квалитетом седимента је указала на могуће факторе који имају доминантан

утицај на стање загађености седимента. За слив река Велики Тимок урађена је и процена обима загађености седимента применом индикатора загађености: *фактора обogaћивања (EF)*, *геоакумулационог индекса (Igeo)*, *фактора контаминације (CF)* и *степен контаминације (CD)* и утврђен је веома висок степен загађења седимента металима на профилима: Србово/Велики Тимок, Чокоњар/Велики Тимок, Рготина/Борска река, Слатина/Борска река, Слатина/Кривељска река и Нишевац/Сврљишки Тимок.

Сви ови резултати анализа квалитета седимента река Србије показују, уз већ довољно документованих података међународних истраживања, да се стварни утицаји контаминације седимента морају разматрати упоређењем штетних ефеката на нивоу акватичног екосистема, а не само на основу стандардне оцене граничних концентрација хемијских показатеља квалитета. Ово је веома важно код доношења одлуке о потреби ремедијације и каснијег коришћења депонованог муља. Други део је мониторинг седимента као област којој није посвећена пажња у односу на мониторинг квалитета површинских вода, на начин како ову област методолошки поставља Оквирна директива о водама ЕУ. Искуство стекнуто у претходном периоду заједно са резултатима анализа презентованих у овом раду, али и међународне препоруке, указују да учесталост мониторинга седимента не треба бити више од једном годишње, изузетно код специфичних локалитета и два пута, и то у периоду маловођа пре кишно/снежног режима. Програм мониторинга седимента треба да обухвати циклус како је дефинисано Планом управљања водама, односно шест година. Критеријум за избор параметара који се прате у седименту треба заснивати на резултатима мониторинга површинских вода и идентификацији нових или новонасталих загађивача. Истовремено уврстити и биомониторинг јер међународно искуство у праћењу дистрибуције органских полутаната и њихових штетних ефеката на речне екосистеме ово снажно подржава (Qiong Lu *et al*, 2017)³⁰. Иако се за седимент најчешће каже да квалитативно садржи „историјски запис“ о загађивачима, ипак ће под одређеним хидролошким режимом постати „нови“ извор секундарног загађивања у низводним зонама. Новостворени депоновани материјал тако постаје извор хране за макроинвертебрате (безкичмењаке) на дну реке и самим тим за рибе, чиме цела прича о седименту улази у још недовољно истражени сценарио који говори о ланцу исхране на чијем врху се налазе људи.

³⁰ „Повезаност загађења седимента и риба у одређеном речном систему није очигледна на први поглед, односно простим поређењем добијених тежинских концентрација ($\mu\text{g}/\text{kg}$) POPs у рибама. У рибама су пронађене веће концентрације него у одговарајућем седименту. Али, ако се ови подаци нормализују на садржај масти код риба и садржај органског угљеника код седимента добијају се слични нивои контаминације за ова два матрикса, чиме се потврђује оправданост биомониторинга као алтернативне методе за праћење загађења речних екосистема. Такође, веће концентрације POPs пронађене у рибама их чине одговарајућим маркерима за POPs загађења у воденим екосистемима.“

6. EXPENDED SUMMARY

Sediment acts as a potential „sponge“ for many toxic chemicals. Historically, since the Industrial Revolution artificially produced chemical substances, rinsed from soil or directly emitted into the water, end up in surface water. Certain metals and especially bio-accumulative toxic substances (like POPs chemicals) are the most problematic pollutants in the precipitated and suspended sediment. Because of its properties, many of these chemicals "hold on" to the sediment. This way, the rivers and reservoirs have property of long record in the sediment, thus giving us history of pollution in a given river basin.

Monitoring of river sediment quality in Serbia for 2012-2017 period was carried out with the different dynamics of sampling / testing, and varied from one test per profile for a period of 6 years, to a maximum of 25 tests in this period. Two different approaches were applied for the sediment quality assessment in order to define the limited values which will help their/passing/forming of viewpoints regarding the management of contaminated sediments. The first approach relies on the chemical characteristics of the sediment, which is compared with reference values giving us the quality rating (Decree 50/2012 RS and recommendations of ICPDR), and the second approach, where contamination of the sediment is compared to the toxic effects on aquatic life.

Second approach is the quality criterion of the sediment which generally sets two threshold levels of the pollutant content in the sediment: first threshold, below which adverse effects rarely occurs on aquatic invertebrates (macroinvertebrate) [the lowest effect level (LEL), threshold effect level (TEL), effects range low (ERL), minimal effect threshold (MET)]; and the second threshold, beyond which the adverse effects probably occur [the severe effect level (SEL), probable effects level (PEL), effect range median (ERM), toxic effect threshold (TET)].

Monitoring of the river sediment quality in Serbia for the period 2012. to 2017. was conducted with the different dynamics of sampling / testing and ranged from one test per profile for a period of 6 years, to a maximum of 25 tests in this period. Sediment quality (testing) results analysis from rivers and reservoirs was done in three ways for the period of investigation.

The first method, carried out in order to estimate the state of the sediment quality, included a comparison of the measured concentrations of metals and micro pollutants with the up-to-date quality standards (SQG) for the sediment. Second method uses the assessment of extent of sediment pollution with metals, (specific) for pilot basin (Case study) and it was performed on the basis of contamination indicators: factor of enrichment (EF), geo-accumulation index (IgeoE), factors of contamination (CF) and the degree of contamination (CD) designed to identify potential factors / sources of pollution. In third way/Using the

third method, the interpretation of the results from sediment quality monitoring was carried out using the statistical methods for the estimation of the trend assessment (Mann Kendall test) assay on international profiles of Danube and Tisza using multivariable statistical analysis or cluster analysis of profile similarity, applying the Ward's method, in the Veliki Timok river basin.

The sediment quality results analysis presented in this paper, points out the specificity of the issues regarding the management of sediment and clearly indicate the lack of comprehensiveness of the approach. The obtained results suggest an increased metal content in the sediments of rivers with the highest relative frequency of occurrence for Ni (33%), followed by: Cr (14%), As (9%), Zn (8%), Cu (6%), Pb (6%) and Cd (4%) in concentrations which exceed the limit values of the sediment quality standards (the probable effect level PEL, low range effect ERM, the serious effect level SEL and toxic effect threshold (TET). Negative effects on aquatic invertebrates can be expected in rivers with these sediments. The highest concentrations of: nickel (Ni) and chromium (Cr) are found in the sediment from Čemernica river on profile Trbušani; arsenic (As) in sediment from Jadar river on profile Lešnica; zinc (Zn) and lead (Pb) in the sediment from Borska river on profile Slatina; copper (Cu) in the sediment from Big Timok river on profile Čokonjar; cadmium (Cd) in sediment from Pek river on profile Blagojev stone.

At the same time, the results of organic micro pollutants analysis in Serbian river sediments indicate the presence of organochlorine pesticides. The presence of p,p-DDT, p,p-DDD and p,p-DDE has been detected in some river sediments in concentrations greater than MAC and ERM (low range effect), as well as γ HCH (γ -hexachlorocyclohexane) in concentration greater than the threshold limit value of toxic effects/ toxic effect threshold (TET) and the serious effect level (SEL) (Rasina river/Lepenac profile). From triazine and *chloroacetanilide* pesticides the occurrence of terbutrine (Zemun, Smederevo Beograd_Vinča and / Danube); terbuthylazine and desethylterbuthylazine (Bački Breg_2/Plazović), metolachlor-*chloroacetanilide* herbicide (Martonoš_RB/Tisza), atrazine (Zaječar_2/White Timok) and acetochlor-*chloroacetanilide* herbicide (Novi Pazar/Jošanica) was detected.

The results obtained from the accumulation sediment suggests an increased metals content with the highest relative frequency occurrence for Ni (58%), followed by Cr (34%), As (18%), and Cd (3%) in concentrations that exceeded the threshold value of a standard quality sediment (the level of the probable effects PEL, low range effect ERM, the threshold limit value of toxic effects (TET) and the serious effect level (SEL). Negative effects on aquatic invertebrates can be expected in accumulations with these sediments. The highest values of nickel (Ni), chromium (Cr) and cadmium (Cd) were found in sediments from Vrutci accumulation, while the highest value of arsenic (As) was detected in sediments from Gruža accumulation.

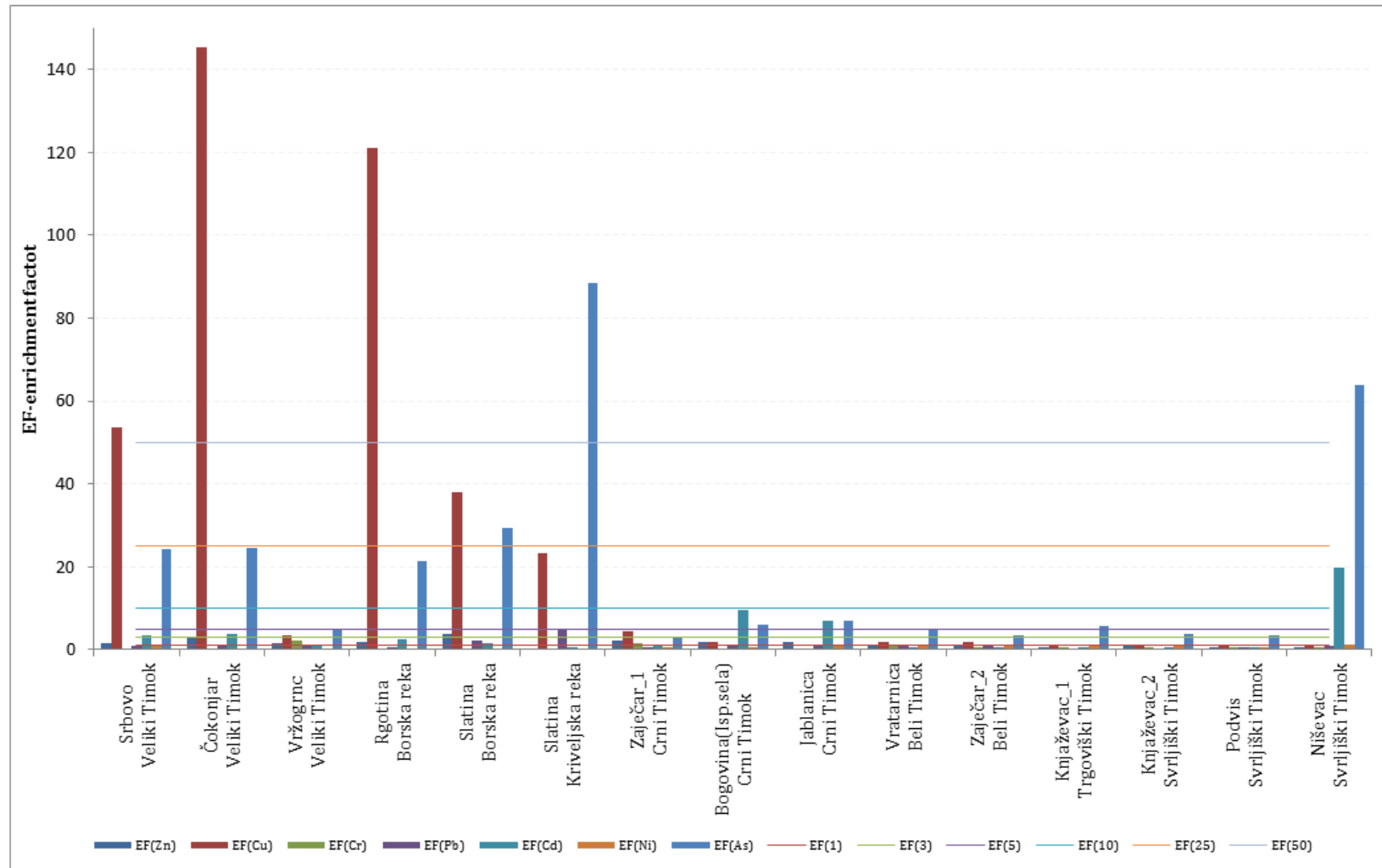


Figure 6.1. Metal enrichment factor (EF) in the sediments: No enrichment ($EF < 1$), minor ($1 \leq EF < 3$), moderate ($3 \leq EF < 5$), moderately severe ($5 \leq EF < 10$), severe ($10 \leq EF < 25$), very severe ($25 \leq EF < 50$) and extremely severe ($EF > 50$) enrichment

The results of organic micro pollutants analysis from Serbian accumulation sediments indicate the presence of organochlorine pesticides. The concentrations of p, p-DDT, detected in the reservoirs Grlišće and Sjenica was greater than the ERM (low range effect) and MAC, while in the reservoirs Barje and Prvonek were greater than the ERM (low range effect), TET (toxic effect threshold) and MAC. In Grlišće, Bukulja, Vrutci and Brestovac-Bojnik reservoirs the concentrations of p, p-DDE were greater than MAC. The presence of isodrin in Sjenica and Nova Grošnica reservoirs was detected.

All presented results of river sediment quality analysis in Serbia show, with the well-documented international research data, that the actual effects of sediment pollution must be considered by comparing the expected negative effects on level of aquatic invertebrates, not only on the basis of the standard assessment of limit concentrations of chemical quality indicators. This is very important in terms of remediation and subsequent use of the deposited sludge. The second part is monitoring of sediment as field that lacks attention compared to surface waters quality monitoring field, in a way that Water Framework Directive sets up methodology for it (this field).

7. ЛИТЕРАТУРА

- Ábalos M. *et al.*, Levels of regulated POPs in fish samples from the Sava River Basin - Comparison to legislated quality standard values, *Science of the Total Environment* 647 (2019), p. 20–28.
- Burton A., Sediment quality criteria in use around the world, *Limnology* (2002) 3: p. 65–75.
- Baumard P, *Origin and Bioavailability of PAHs in the Mediterranean Sea from Mussel and Sediment Records*, *Coastal and Shelf Science*, Volume 47, Issue 1, July 1998, 77-90.
- Belanović, S., *et al.*, Assessment of soil erosion intensity in Kolubara district Serbia, *Fresenius Environmental Bulletin*, Volume 22, No 5a, 2013, p. 1556 – 1563.
- Brils J., *Sediment monitoring and the European Water Framework Directive*, *Ann Ist Super Sanità* 2008 | Vol. 44, No. 3: 218-223, Deltares, Utrecht, The Netherlands.
- Daekyun Kim Thomas Young, *Significance of indirect deposition on wintertime PAHs concentrations in urban northern California creek*, *ENVIRONMENTAL ENGINEERING SCIENCE*, 2009 Feb; 26(2): 269–277.
- Decena S *et al*, *Assessing Heavy Metal Contamination in Surface Sediments in an Urban River in the Philippines*, *Pol. J. Environ. Stud.* 2018;27(5):1983–1995
[DOI: https://doi.org/10.15244/pjoes/75204](https://doi.org/10.15244/pjoes/75204)
- Gioia R. *et al*, *Evidence for Major Emissions of PCBs in the West African Region*, *Environ. Sci. Technol.*, 2011, 45 (4), pp 1349–1355
- Heath E. *et al.*, *A complex investigation of the extent of pollution in sediments of the Sava River: part 2: persistent organic pollutants*, *Environ Monit Assess* (2010) 163:277–293, DOI 10.1007/s10661-009-0833-9
- Levei E *et al*, *Assessment of contamination and origin of metals in mining affected river sediments: a case study of the Aries River catchment, Romania*, *J. Serb. Chem. Soc.* 79 (8) 1019–1036 (2014) <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0352-5139/2014/0352-51391300086L.pdf>
- Manoli E *et al*, *Profile analysis of ambient and source emitted particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons from three sites in northern Greece*, *Chemosphere* 56, 2004, 867–878.
- Manz K. *et al*, *Persistent organic pollutants in agricultural soils of central Germany*, *Science of The Total Environment*, Volume 277, Issues 1–3, 28 September 2001, 187-198
- Mosert M. *et al.*, *Application of chemometrics to analysis of soil pollutants*, Godwin A.Ayoko, SergeKokot, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 29 (2010 May), 430-445.

Matijević B. *et al.*, *Interpretacija rezultata kvaliteta površinskih voda primenom multivarijalne analize*, Hem. Ind. 69 (1) 29–36 (2015) doi: 10.2298/HEMIND131016015M

Muškatirović D., *Regulacija reka*, Građevinski fakultet Beograd, 1979.

Petrović T., Veljković N. *et al.*, *Hydrogeological conditions for the forming and quality of mineral waters in Serbia*, [Journal of Geochemical Exploration](#), Volume 107, Issue 3, 2010, Pages 373-381, <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2010.07.009>

Petrović T., Veljković N. *et al.*, *Makro i mikroelementi u flaširanim vodama i vodama iz javnih vodovoda u Srbiji*, Hem. Ind. 66 (1) 107–122 (2012), doi: 10.2298/HEMIND110729062P

Qiong Lu *et al.*, *Persistent Organic Pollutants in sediment and fish in the River Thames Catchment (UK)*, *Science of the Total Environment* 576, (2017), 78–84.

Sakan S. *et al.*, *Persistent organic pollutants (POPs) in sediments from river and artificial lakes in Serbia*, *Journal of Geochemical Exploration*, Volume 180, September 2017, p. 91-100. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2017.06.008>

Petković S. *et al.*, *River Sediment Transport in Serbia*, *Water Research and Management*, Vol. 4, No. 4 (2014) 25-38.

Soni Madhulatha T., *An overview on clustering methods*, *IOSR Journal of Engineering* Apr. 2012, Vol. 2(4) pp: 719-725.

Stojanović Z. *et al.*, *Surface Water Quality Assessment in Serbia - Water Quality Index and Ecological Status Comparison*, *Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, Vol. 8, Iss.10, 2018, p. 7-14.

Tasca L. *et al.*, *Terbutylazine and desethylterbutylazine: Recent occurrence, mobility and removal techniques*, *Chemosphere*, 2018 Jul; 202:94-104.

Tobiszewski M, Namiesnik J., *PAH diagnostic ratios for the identification of pollution emission sources*, *Environmental Pollution*, march 2012, 110-119.

Veljković N. *et al.*, *Modeliranje i procena difuznog zagađenja vodotokova slika Kolubare*, *Voda i sanitarna tehnika*, br. 3/2013, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Beograd, str. 47-52.

Veljković N. *et al.*, *Uticaj klimatskih faktora na kvalitet vodotokova Pomoravlja: analiza metodom sSWQIRB*, *Voda i sanitarna tehnika*, br. 5-6/2012, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Beograd, str. 31-37.

Veljković N. *et al.*, *Analiza rezultata monitoringa POPs supstanci u površinskim vodama Srbije*, "Workshop on Stockhol Convention Persistent Organic Pollutants Supstances (POPs)", Sarajevo, 2013.

<http://www.sepa.gov.rs/download/prezentacije/2013/POPsSrbijaVeljkovic.pdf>

Veljković N., *et al.*, *Modeling and Assessment of Diffuse Water Pollution Load – Principles and application*, LAP Lambert Academic Publishing, 2013.

Veljković N., Jovičić M., *Razdvajanje industrijskog rasta od uticaja na životnu sredinu: Studija slučaja za sliv Južne Morave*, Hem. Ind. 69 (5) 493–502 (2015),
doi: 10.2298/HEMIND140526065V

Veljković N., *Sustainable development indicators: Case study for South Morava river basin*, Hem. Ind. 67 (2) 357–364 (2013), doi: 10.2298/HEMIND111226059V

Toan V. D, Mai N. T., *Contamination of selected persistent organic pollutants POPs in sediment of some areas in Vietnam*, IntechOpen, Chapter 8, 2018

Yim O., Ramdeen T., *Hierarchical Cluster Analysis: Comparison of Three Linkage Measures and Application to Psychological Data*, TQMP, 2015, vol. 11, no. 1,
<http://www.tqmp.org/RegularArticles/vol11-1/p008/p008.pdf>

Yunker M *et al.*, *PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition*, Organic Geochemistry, Volume 33, Issue 4, April 2002, 489-515.

CIP - Каталогизација у публикацији - Народна библиотека Србије, Београд

502.51:551.435.12(497.11)(0.034.2)

КВАЛИТЕТ седимента река и акумулација Србије [Електронски извор] /
[аутори Небојша Вељковић ... и др.]. - Београд : Министарство заштите
животне средине, Агенција за заштиту животне средине, 2019 (Београд :
Енергодата). - 1 електронски оптички диск (CD-ROM) ; 12 cm
Системски захтеви: Нису наведени. - Насл. са насловне стране документа. -
Тираж 200. - Подаци о ауторима преузети из колофона. –

Садржи библиографију.
ISBN 978-86-87159-23-5

1. Вељковић, Небојша, 1955- [аутор]

а) Речни наноси - Квалитет - Србија
COBISS.SR-ID 274801420