



Универзитет у Београду
Научна установа
Институт за хемију, технологију и металургију
Институт од националног значаја

Његошева 12, 11001 Београд, П. фах 473
Телефони: централа 011/3640-232; директор 011/3640-227; факс 011/
3640-234

e-mail: ihtm@ihtm.bg.ac.rs; web: <http://www.ihtm.bg.ac.rs>

ПИБ:100160355; ЈБКЈС:81325; Матични број: 07805497; Жиро рачун: 205-67091-90

Београд 17.11.2021.
Бр. 1911

ЕКОХЕМИЈСКИ СТАТУС И АЛГОЛОШКА АНАЛИЗА ВОДЕ РЕКА И ЈЕЗЕРА КРАЈИШТА

ИХТМ-Центар изузетних вредности
за хемију и инжењеринг животне средине
Руководилац Центра

Др Драгана Ђорђевић, научни саветник

Универзитет у Београду
Директор НУ ИХТМ

Др Јасмина Стевановић, научни саветник



У изради ове студије учествовали су:

Др Драгана Ђорђевић, научни саветник и руководилац Центра изузетних вредности за хемију и инжењеринг животне средине, Научни институт Институт за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја, Универзитет у Београду

Др Сања Сакан, научни саветник, Центар изузетних вредности за хемију и инжењеринг животне средине, Научни институт Институт за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја, Универзитет у Београду

Др Љубиша Игњатовић, редовни професор, Факултет за физичку хемију Универзитета у Београду

Др Јелена Кризманић, ванредни професор Биолошког факултета, Универзитета у Београду

Др Данијела Видаковић, научни сарадник, Центар изузетних вредности за хемију и инжењеринг животне средине, Научни институт Институт за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја, Универзитет у Београду

Мр Александра Михајлиди – Зелић, истраживач сарадник, Центар изузетних вредности за хемију и инжењеринг животне средине, Научни институт Институт за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја, Универзитет у Београду

Игор Кодранов, мастер хемије, Хемијски факултет, Универзитет у Београду

Садржај

Увод

1. Садржај елемената и главних анјона у речној води	1
1.1. Материјал и методе	3
1.2. Концентрације елемената у испитиваним узорцима вода	3
1.3. Концентрације анјона у испитиваним узорцима вода.....	36
1.4. Анализа резултата мерења у односу на прописане граничне вредности.....	42
2. Испитивање садржаја елемената у узорцима речног седимента и земље	49
2.1. Материјал и методе	49
2.2. Резултати	50
2.3. Дискусија резултата.....	83
3. Алголошка анализа воде река и језера крајишта	87
3.1. Материјал и методе	87
3.2. Резултати квантитативне анализе фитобентоса река и језера крајишта	89
4. Закључна разматрања	96
5. Референце	97

У периоду од 13. до 14. августа 2020. године, сакупљени су узорци вода, речних седимената, земљишта и силикатних алги у површинским водама у области Крајиште у југоисточној Србији.

Ово истраживање је урађено у оквиру буџета научног пројекта основних истраживања број ОН172001: „Проучавање физичкохемијских и биохемијских процеса у животној средини који утучу на загађење и истраживање могућности за минимизирање последица“ (2011 – 2019), финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, чији је руководилац Др Драгана Ђорђевић научни саветник и буџета Центра изузетних вредности за хемију и инжењеринг животне средине.

За оцену екохемијског стауса вода и алголошке анализе, у сакупљеним узорцима урађене су следеће анализе:

- Укупан садржај алкалних, земноалкалних и тешких метала и главних јона у узорцима речних вода;
- Укупан и парцијални садржаји алкалних, земноалкалних и тешких метала (у односу на њихов укупни садржај) у узорцима седимената и земљишту урађен је у следећим фракцијама (њиховим хемијским облицима):

Прва фракција: адсорбована + карбонатна фракција (мигрантивна у системима вода/земља/седимент, биодоступна и уједно најнеповољнија по животну средину јер је лако растволјива и улази у ланац исхране),

Друга фракција: оксидна фракција метала (везана за супстрат оксида гвожђа и мангана, углавном природног порекла),

Трећа фракција: фракција метала везана за органску материју из природе (везана за хуминске киселине, витамине, органске киселине.... и многе друге органске молекуле из природе) и

Четврта фракција: кристална фракција - елементи најчешће садржани у кристалним структурама алумосиликата, која нема никакав неповољни утицај по животну средину.

- Састав заједнице фитобентоса на основу дијатомних индекса.

Увод

У оквиру екохемијских испитивања површинских вода (речних система и акумулација), речних седимената и земљишта одређен је укупан и парцијални садржај (у речним седиментима и земљишту) алкалних, земноалкалних и тешких метала, у односу на њихов укупни садржај). Истраживања везана за контаминацију речних седимената и земљишта тешким металима су обухватала одређивање асоцијација метала са супстратима речних седимената и земљишта, на основу чега се може проценити могућност мобилизације и биодоступности испитиваних елемената, као и потенцијална опасност коју ови елементи представљају за животну средину. За ова истраживања примењена је метода секвенцијалне екстракције, која представља пут за одређивање реалне активности метала у животној средини.

Силикатне алге су једноћелијски еукариотских микроорганизама и представљају једну од најуспешнијих група фотосинтетских организама данашњице, који колонизују различита микростаништа у воденим екосистемима, а могу се пронаћи и ван воде (Spaulding i Edlund 2008). Имају глобални значај као произвођачи 20-25% од укупне количине фиксираног угљеника и атмосферског кисеоника (Mann 1999).

Силикатне алге имају вишеструки значај за живи свет (примарна продукција, фитотоксини, нанотехнологија, форензика, фармаколошки активне компоненте, палеоекологија, дијатомит, биомониторинг, итд.). Због глобалног распрострањенја и кратког времена генерације индивидуалних популација, опште су прихваћене као индикатори процене стања и промена услова у воденим екосистемима и од краја XX века се користе у процени њиховог еколошког статуса (Whitton i sar. 1991). Један од најефикаснијих начин изражавања односа између индикаторских врста силикатних алги и квалитета воде представљају дијатомни индекси.

Европска директива о водама (European Parliament 2000) као једну од обавезних метода мониторинга површинских вода прописује мониторинг на основу бентосних заједница силикатних алги. Закон о водама у Републици Србији усвојен је 2010. године. Први програм мониторинга еколошког статуса површинских вода, који је усклађен са захтевима Оквирне директиве о водама (ОДВ) започет је 2012. године (Агенција за заштиту животне средине 2015, 2018). Елементи који се користе за оцену еколошког статуса површинских вода класификују се у три групе: (1) биолошки елементи, (2) хидроморфолошки елементи и (3) физичко-хемијски и хемијски елементи. За процену еколошког статуса површинских вода у Србији прописана је употреба два дијатомна индекса, IPS и CEE (Службени гласник РС 74/2011).

1. Садржај елемената и главних ањона у речној води

Др Драгана Ђорђевић, научни саветник
Др Љубиша Игњатовић, редовни професор
Мр Александра Михајлиди – Зелић, истраживач сарадник
Игор Кодранов, мастер хемије

У августу 2020. године на територији Крајишта, у близини Босилеграда, узети су узорци вода (табела 1) из седам водотокова (Безимени поток Караманичке реке, Голема река, Бранковачка река, Краснодолски поток, Црна река, Љубатска река), два језера (Лисинско језеро и Власинско језеро), и узорак изворске воде, како би се одредиле концентрације елемената и ањона и поређењем са прописаним граничним вредностима проценио квалитет воде испитиваних водотокова, који су у близини рудника. Поред наведених узорака, узет је и узорак воде из реке Јерме, након њеног уласка у Србију из Бугарске.

Локалитети на којима су узети узорци за хемијску анализу приказани су на слици 1, а називи локалитета, њихове GPS координате и врсте узетих узорака дати су у табели 1.

Табела 1. Списак локалитета, врсте узетих узорака и датуми узимања узорака

Ознака на мапи	Назив локалитета	GPS координате	Датуми узимања узорака	Врсте узорака
1	Безимени поток Караманичке реке, узводно од флотације рудника Подвирови	N 42.349999°, E 22.3384774°	13.08.2020.	вода, речни седимент
2	Јаловиште рудника Подвирови	N 42.34602°, E 22.34382°	13.08.2020.	јаловина
3	Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови)	N 42.3444682°, E 22.3449898°	13.08.2020.	вода, нанос поред реке
4	Голема река, Оматица	N 42.3410672°, E 22.3668551°	13.08.2020.	вода, речни седимент, земљиште
5	Бранковачка река, пре бране МХЕ Градиште	N 42.4150061°, E 22.4915979°	13.08.2020.	вода, речни седимент
6	Краснодолски поток, испод старе флотације рудника Грот	N 42.5171703°, E 22.248264°	14.08.2020.	вода, речни седимент
7	Црна река, пре улива Краснодолског потока	N 42.516755°, E 22.248210°	14.08.2020.	вода, речни седимент
8	Црна река, после улива Краснодолског потока	N 42.516702°, E 22.248553°	14.08.2020.	вода, речни седимент
9	Љубатска река, пре водозавхвата за Лисинско језеро	N 42.5028795°, E 22.30225°	14.08.2020.	вода, речни седимент
10	Лисинско језеро, после бране	N 42.5508947°, E 22.3880402°	14.08.2020.	вода, речни седимент
11	Власинско језеро, код улива Божичког канала	N 42.6792604°, E 22.3519681°	14.08.2020.	вода, речни седимент
12	Босилеград, двориште		13.08.2020.	земљиште
13*	Извор, Доње Гламино		13.08.2020.	вода
14*	Јерма, између Горње Држине и Комја	N 43.0120057°, E 22.6525372°	19.08.2020.	вода

*није приказано на мапи

1.1. Материјал и методе

Узорци вода из водотокова (река и потока) су прикупљани са средине водотока, на средини дубине водотока у полиетиленске бочице. Узорци вода из језера су узети на дубини од 10 cm испод површине језера, на удаљености од око 1 m од обале. Узорци вода су филтрирани кроз 0,2 μ m мембранске филтере, а део узорка у коме су одређиване концентрације елемената је конзервиран додатком концентроване азотне киселине до $\text{pH} < 2$. Узорци су чувани на температури од 4 °C (Batsaikhan и др. 2017, Piroozfar и др. 2021).

Након узимања првог узорка, из Безименог потока Караманичке реке на локацији низводно од флотације рудника Подвирови, уочено је интезивирање мутноће и боје воде у потоку, па је узет и други узорак воде.

Садржаји испитиваних елемената анализирани су индуктивно спрегнутом плазмом помоћу уређаја ICP-OES iCAP-6500 Duo (Thermo Scientific, United Kingdom) и ICP-MS Thermo Scientific iCAPQ (Thermo Scientific, UK), а садржаји анјона помоћу јонског хроматографа Metrohm, Switzerland, type 761 CompactIC, са кондуктометријским детектором. За јонскохроматографско раздвајање анјона коришћена је колона Metrosep A Supp1-250, са 3mM Na_2CO_3 као елуентом.

1.2. Концентрације елемената у испитиваним узорцима вода

Концентрације елемената у испитиваним узорцима вода и границе детекције примењених метода представљене су у табели 1.2.1, а опсези концентрација дати су у табели 1.2.2.

Концентрације елемената у испитиваним узорцима вода и прописане граничне вредности су приказане на сликама 1.2.1 – 1.2.31.

Граничне вредности, и домаће и међународне норме које их прописују су дате и у табели 1.4.1, поглавље 1.4.

Вредности концентрација елемената које су ниже од границе детекције примењене методе у табелама 1.2.1 и 1.2.2 су обележене са < гд.

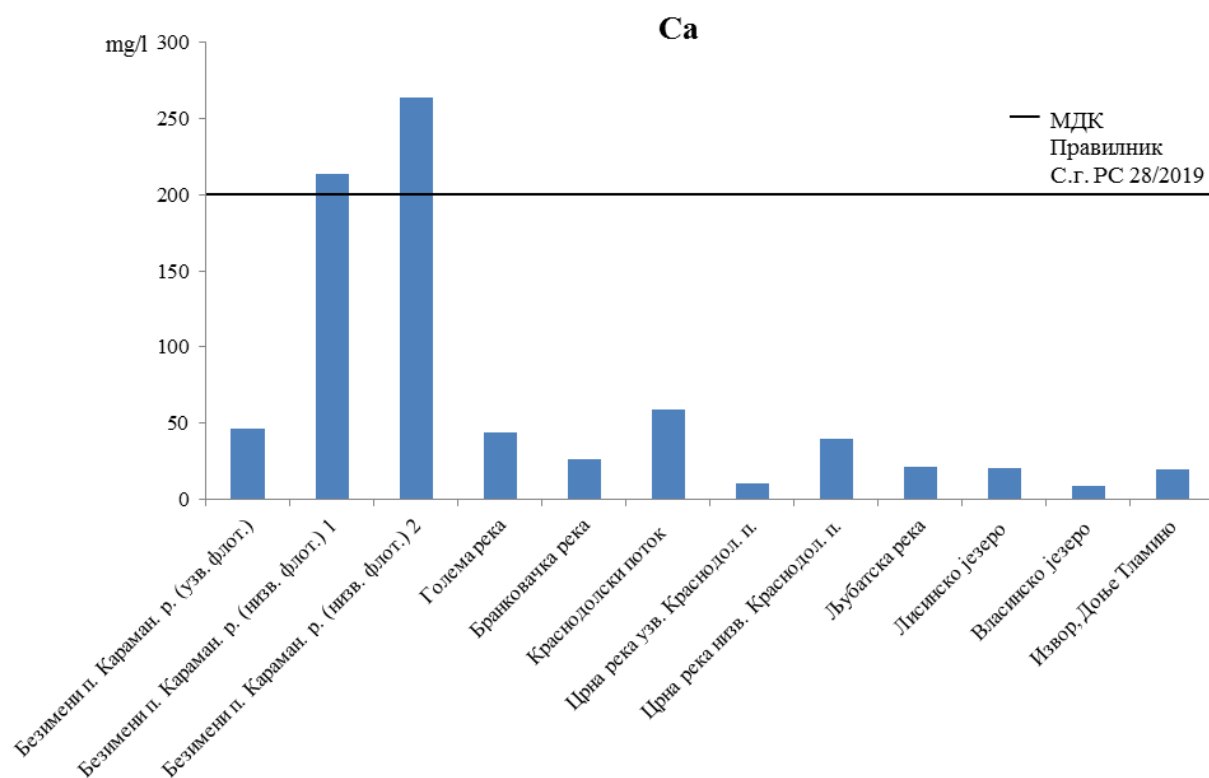
Табела 1.2.1. Измерене концентрације елемената у водама

Узорак	Безимени поток Караманичке реке, узвод. од флот. рудн. Подвирови	Безимени поток Караманичке реке, низв. од флот. рудн. Подвирови 1	Безимени поток Караманичке реке, низв. од флот. рудн. Подвирови 2	Голема река, Оматица	Бранковачка река, пре бране МХЕ Градиште	Краснодолски поток, испод старе флот. рудн. Грот	Црна река, пре улива Краснодолског потока	Црна река, после улива Краснодолског потока	Љубатска река, пре водозахв. за Лисинско језеро	Лисинско језеро, о после бране	Власинско језеро, код Божичког канала	Извор, Доње Тламино	Јерма, између Горње Држине и Комја	Граница детекције (г/л)
Ca (mg/l)	46,0	214	263	43,8	26,2	58,6	9,91	39,6	21,5	20,6	8,80	19,7	53,4	0,181
Fe (mg/l)	8,42	5,38	5,89	9,05	8,35	4,50	6,13	9,03	3,19	5,06	< г/л	0,227	0,836	0,181
K (mg/l)	3,26	14,2	17,3	1,69	2,66	0,707	0,698	2,41	1,48	1,13	1,16	0,396	1,84	0,119
Mg (mg/l)	10,0	< г/л	< г/л	3,89	4,43	4,17	0,517	3,03	3,21	2,71	1,62	2,10	10,3	0,284
Na (mg/l)	3,91	11,3	14,0	6,41	5,49	5,81	3,91	4,31	4,77	4,21	3,45	1,54	5,50	0,198
Li (μg/l)	6,22	25,9	33,2	3,92	1,19	8,55	< г/л	5,31	1,47	1,17	0,483	0,704	3,58	0,46
B (μg/l)	< г/л	< г/л	43,7	< г/л	< г/л	< г/л	< г/л	< г/л	< г/л	< г/л	< г/л	< г/л	< г/л	5,1
Al (μg/l)	9,49	2,90	5,31	2,26	3,36	1,74	2,83	0,94	0,54	0,95	1,31	0,639	< г/л	0,43
V (μg/l)	0,030	0,059	0,058	0,197	1,00	0,015	0,194	0,019	0,346	0,273	0,377	0,083	0,588	0,003
Cr (μg/l)	< г/л	0,316	0,395	0,073	0,038	< г/л	0,018	< г/л	0,017	0,036	0,020	0,043	0,033	0,004
Mn (μg/l)	183	1,45	2,84	69,3	0,180	318	0,099	172	0,105	0,248	0,098	4,81	0,094	0,014
Co (μg/l)	0,472	5,44	6,77	0,485	0,099	0,381	0,011	0,214	0,014	0,019	0,031	0,054	0,039	0,005
Ni (μg/l)	6,21	0,212	0,237	1,12	< г/л	1,251	< г/л	0,712	< г/л	0,066	< г/л	< г/л	0,028	0,015
Cu (μg/l)	14,0	54,9	101	74,9	1,70	1,93	< г/л	0,936	0,135	0,268	0,090	1,18	0,139	0,021
Zn (μg/l)	916	29,4	84,5	24,8	< г/л	877	6,96	551	75,5	69,7	< г/л	1,38	0,465	0,037
Ga (μg/l)	< г/л	0,033	0,061	< г/л	< г/л	0,028	< г/л	< г/л	< г/л	< г/л	< г/л	< г/л	< г/л	0,026
As (μg/l)	1,71	137	139	5,62	4,47	0,429	0,932	0,536	3,02	3,25	0,612	48,0	0,883	0,020
Se (μg/l)	0,021	0,165	0,190	0,023	0,017	0,163	< г/л	0,096	< г/л	0,023	< г/л	< г/л	0,017	0,017
Sr (μg/l)	200	835	907	242	228	317	63,7	207	113	106	45,7	37,7	279	0,013
Mo (μg/l)	0,865	16,2	20,8	1,81	0,868	2,30	0,733	1,57	0,968	0,865	0,321	0,178	0,425	0,006
Cd (μg/l)	9,65	0,234	0,146	0,354	0,044	22,9	0,129	13,1	1,60	1,23	0,024	< г/л	< г/л	0,010
In (μg/l)	0,016	0,026	0,017	0,0088	0,011	0,0089	0,0058	0,0067	0,0055	0,0043	0,0044	< г/л	< г/л	0,0006
Ba (μg/l)	21,4	33,8	36,2	32,8	43,3	35,6	6,76	25,2	18,8	19,0	5,81	3,24	61,9	0,026
W (μg/l)	0,312	3,66	4,21	0,433	0,228	1,65	0,225	1,17	0,349	0,330	0,149	0,134	0,767	0,029
Tl (μg/l)	0,034	0,224	0,224	0,012	0,0035	0,047	0,0028	0,031	0,0071	0,0052	0,0016	0,0005	0,0038	0,0001
Pb (μg/l)	6,59	2125	5895	8,30	0,375	186	0,231	132	0,273	0,185	< г/л	0,081	< г/л	0,003
Bi (μg/l)	0,278	0,349	0,207	0,265	0,258	0,174	0,225	0,163	0,176	0,158	0,209	0,019	0,016	0,0002
Sc (μg/l)	0,400	< г/л	< г/л	0,305	0,498	0,338	0,307	0,296	0,333	0,265	< г/л	0,242	0,368	0,002
Rb (μg/l)	3,25	28,5	28,8	3,14	0,972	7,27	1,20	5,07	1,52	1,29	0,798	0,259	0,722	0,002
Th (μg/l)	0,015	0,026	0,011	0,013	0,010	0,017	0,0090	0,013	0,0093	0,010	0,010	0,0055	0,0043	0,0004
U (μg/l)	0,159	< г/л	< г/л	0,712	0,780	2,04	0,057	1,31	0,331	0,409	0,023	0,260	2,19	0,0001
Укуп. тврдоћа (mg/l)	156	534	658	125	84	163	27	111	67	63	29	58	176	2

Табела 1.2.2. Опсези концентрација мерених елемената

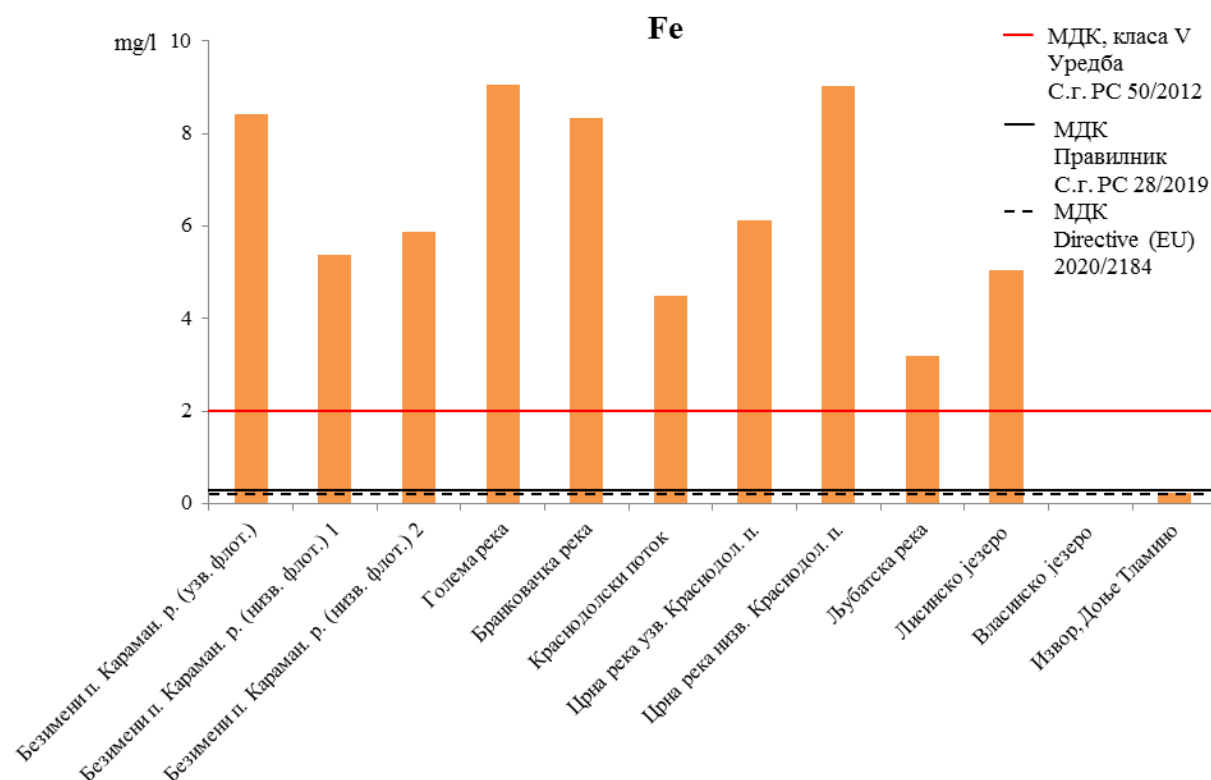
	Минимум	Максимум
Ca (mg/l)	8,80	263
Fe (mg/l)	< гд	9,05
K (mg/l)	0,396	17,3
Mg (mg/l)	< гд	10,0
Na (mg/l)	1,54	14,0
Li (µg/l)	< гд	33,2
B (µg/l)	< гд	43,7
Al (µg/l)	0,535	9,49
V (µg/l)	0,015	1,00
Cr (µg/l)	< гд	0,395
Mn (µg/l)	0,098	318
Co (µg/l)	0,011	6,77
Ni (µg/l)	< гд	6,21
Cu (µg/l)	< гд	101
Zn (µg/l)	< гд	916
Ga (µg/l)	< гд	0,061
As (µg/l)	0,429	139
Se (µg/l)	< гд	0,190
Sr (µg/l)	37,7	907
Mo (µg/l)	0,178	20,8
Cd (µg/l)	< гд	22,9
In (µg/l)	< гд	0,026
Ba (µg/l)	3,24	43,3
W (µg/l)	0,134	4,21
Tl (µg/l)	0,0005	0,224
Pb (µg/l)	< гд	5895
Bi (µg/l)	0,019	0,349
Sc (µg/l)	< гд	0,498
Rb (µg/l)	0,259	28,8
Th (µg/l)	0,0055	0,026
U (µg/l)	< гд	2,04

Калцијум: Вредности концентрације калцијума у испитиваним узорцима вода су били у широком опсегу концентрација, 8,80 - 263 mg/l (табела 1.2.2). Највише вредности концентрације калцијума, знатно више него у осталим узорцима вода, измерене су у узорцима Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 и 2 (214 mg/l и 263 mg/l). Најнижа вредност концентрације калцијума изерена је у узорку воде Власинског језера (8,80 mg/l) (табела 1.2.1 и слика 1.2.1).



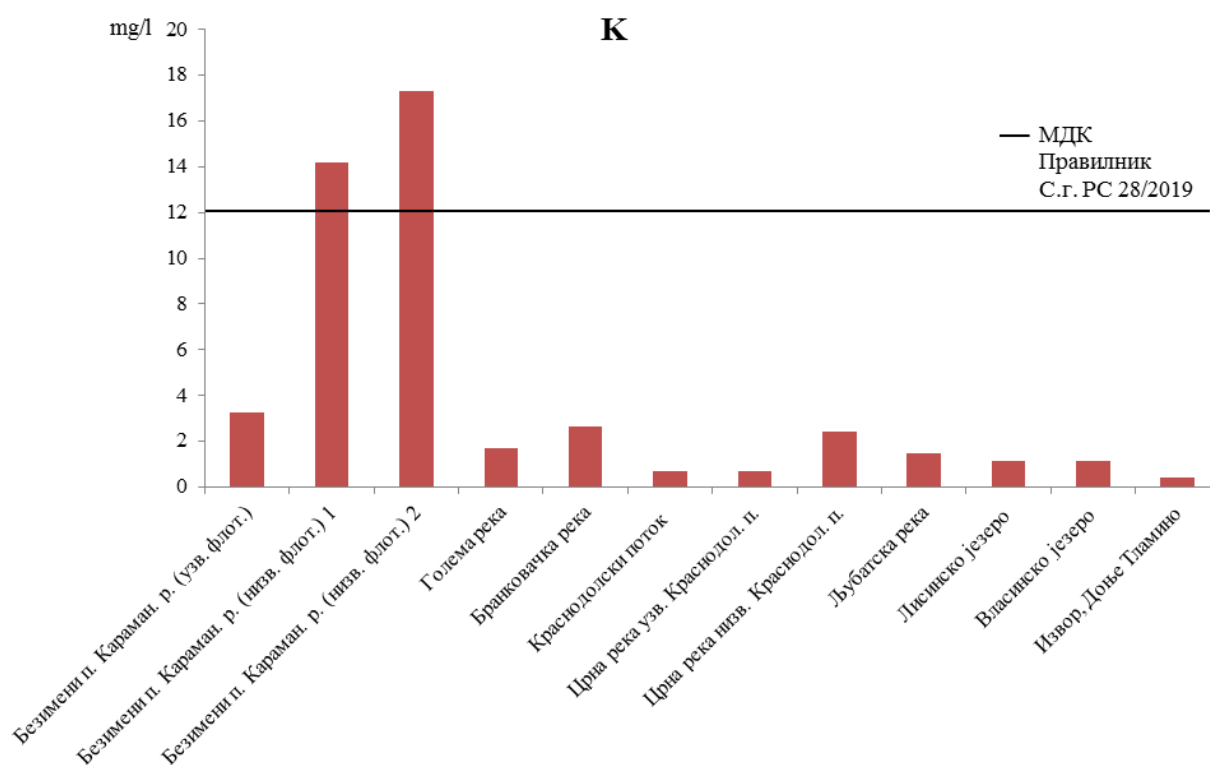
Слика 1.2.1. Концентрације калцијума (Ca) у испитиваним узорцима вода

Гвожђе: У узорку воде из Власинског језера концентрација гвожђа је била нижа од границе детекције примењене методе. У осталим узорцима површинских вода опсег измерених концентрација гвожђа је био између 0,227 – 9,05 mg/l (табеле 1.2.1 и 1.2.2). Највише вредности концентрација гвожђа измерене се у узорцима Голема река, Оматика (9,05 mg/l) и Црна река, после улива Краснодолског потока (9,03 mg/l), а најнижа у узорку Извор, Доње Тламино (табела 1.2.1 и слика 1.2.2).



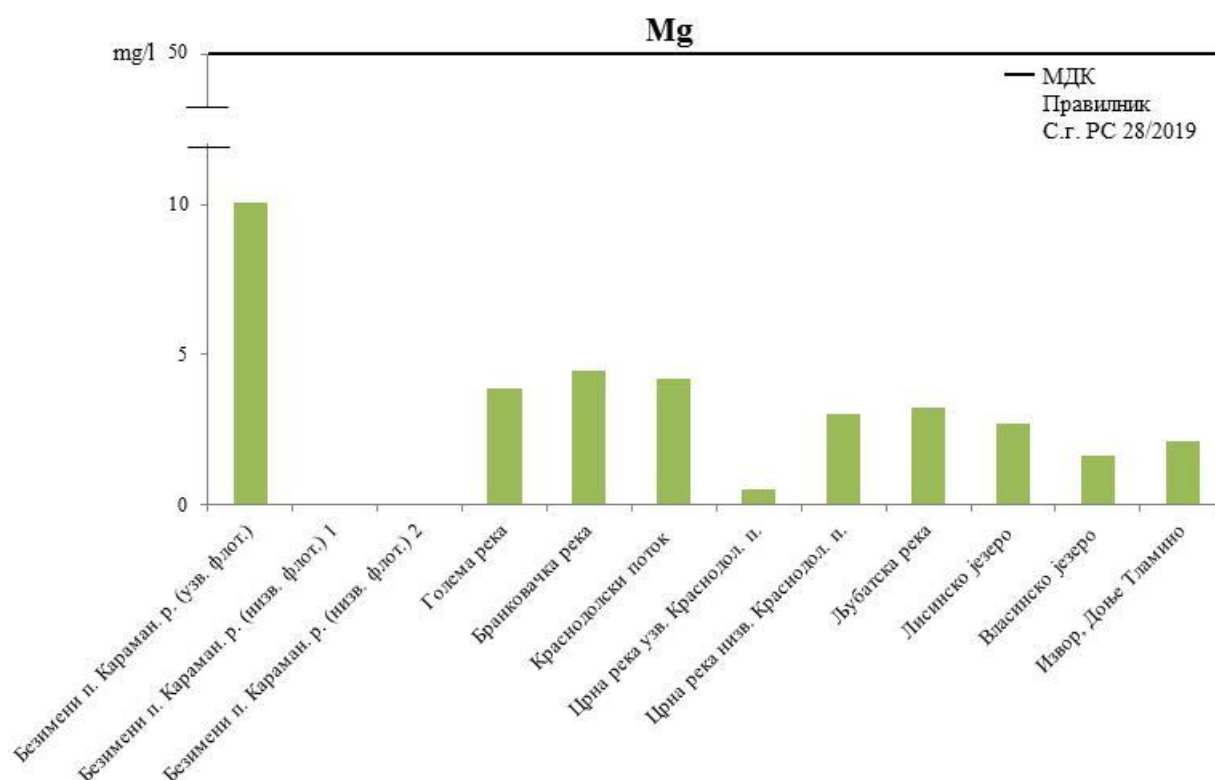
Слика 1.2.2. Концентрације гвожђа (Fe) у испитиваним узорцима вода

Калијум: Вредности концентрација калијума у испитиваним узорцима вода су у опсегу од 0,396 mg/l (Извор, Доње Тламино) до 17,3 mg/l (Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 2) (табеле 1.2.1, 1.2.2 и слика 1.2.3). Виша вредност концентрације калијума, у односу на остале узорке, измерена је и у узорку Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 (14,2 mg/l).



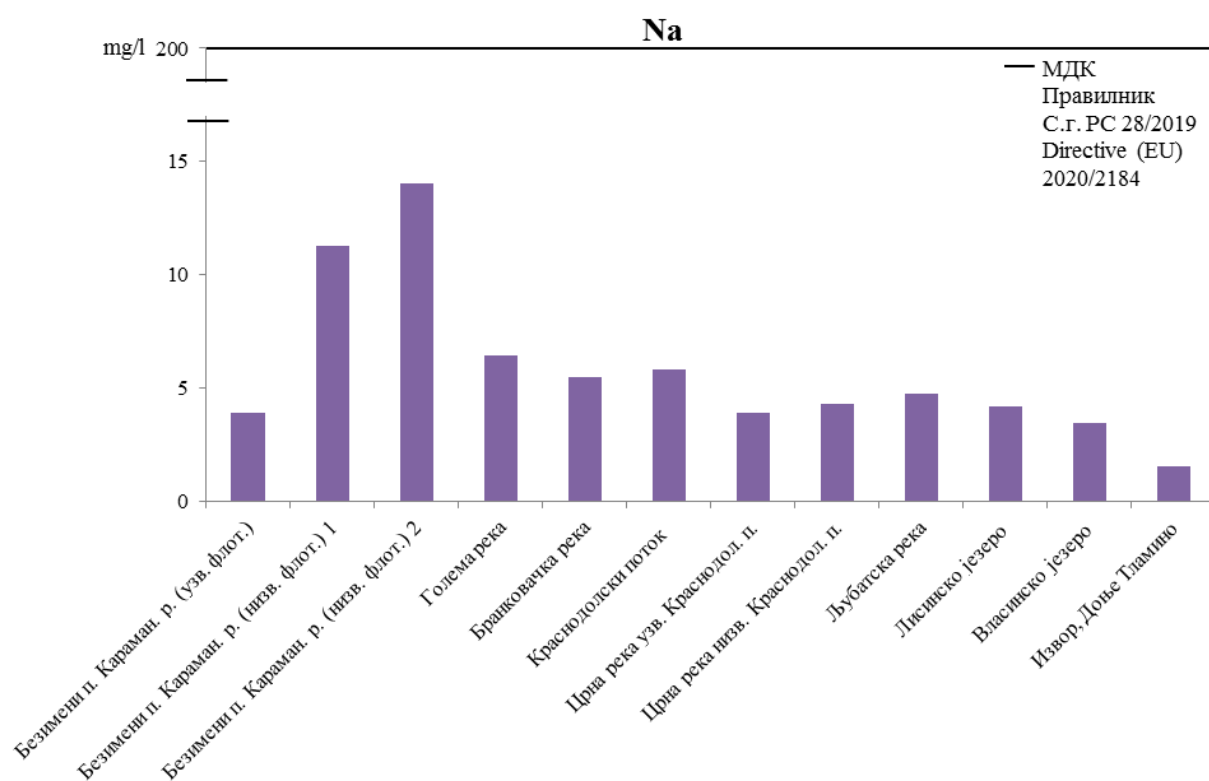
Слика 1.2.3. Концентрације калијума (К) у испитиваним узорцима вода

Магнезијум: У узорцима Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 и 2 концентрације магнезијума су биле испод границе детекције примењене методе. У осталим узорцима испитиваних вода најнижа вредност концентрације магнезијума измерена је у узорку Црна река, пре улива Краснодолског потока (0,517 mg/l), а на највиша у узорку Безимени поток Караманичке реке, узводно од флотације рудника Подвирови (10,0 mg/l) (табела 1.2.1 и слика 1.2.4).



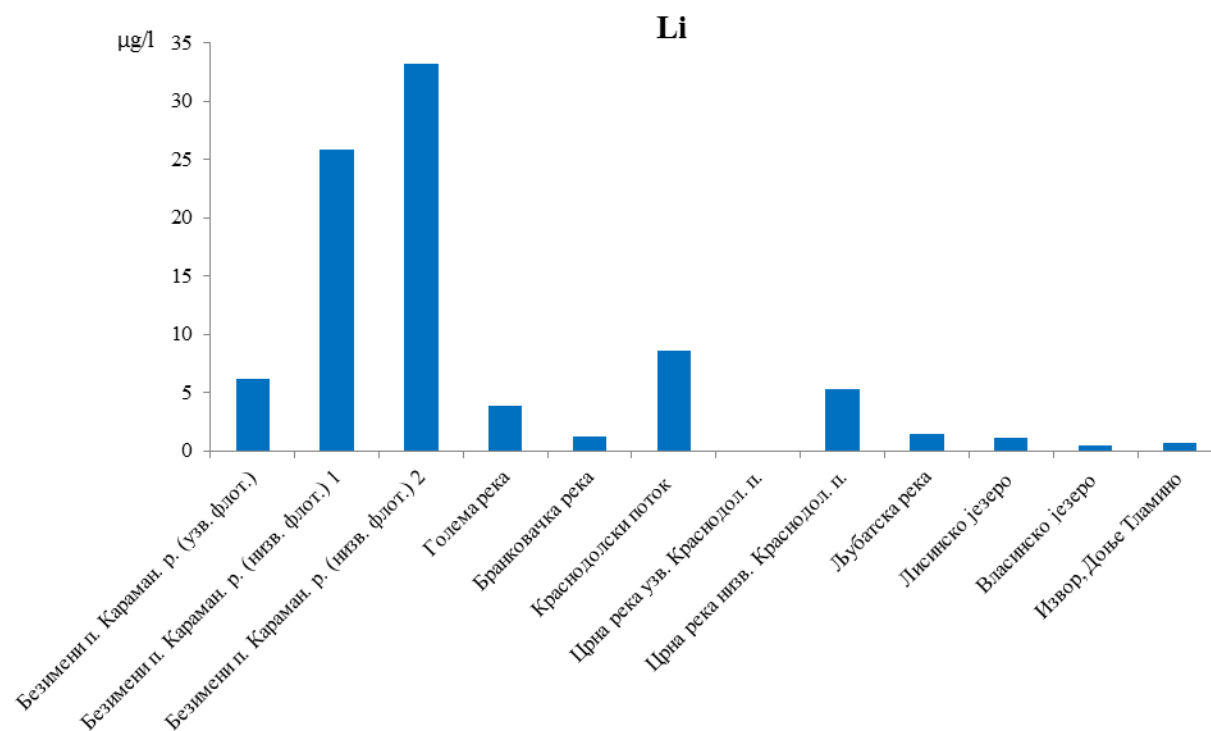
Слика 1.2.4. Концентрације магнезијума (Mg) у испитиваним узорцима вода

Натријум: Вредности концентрације натријума у испитиваним узорцима вода су у опсегу 1,54 - 14,0 mg/l (табела 1.2.2). Највише вредности концентрација натријума измерене су у узорцима Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 и 2 (11,3 mg/l и 14,0 mg/l), док је најнижа вредности концентрације измерена у узорку Извор, Доње Тламино (1,54 mg/l) (табела 1.2.1 и слика 1.2.5).



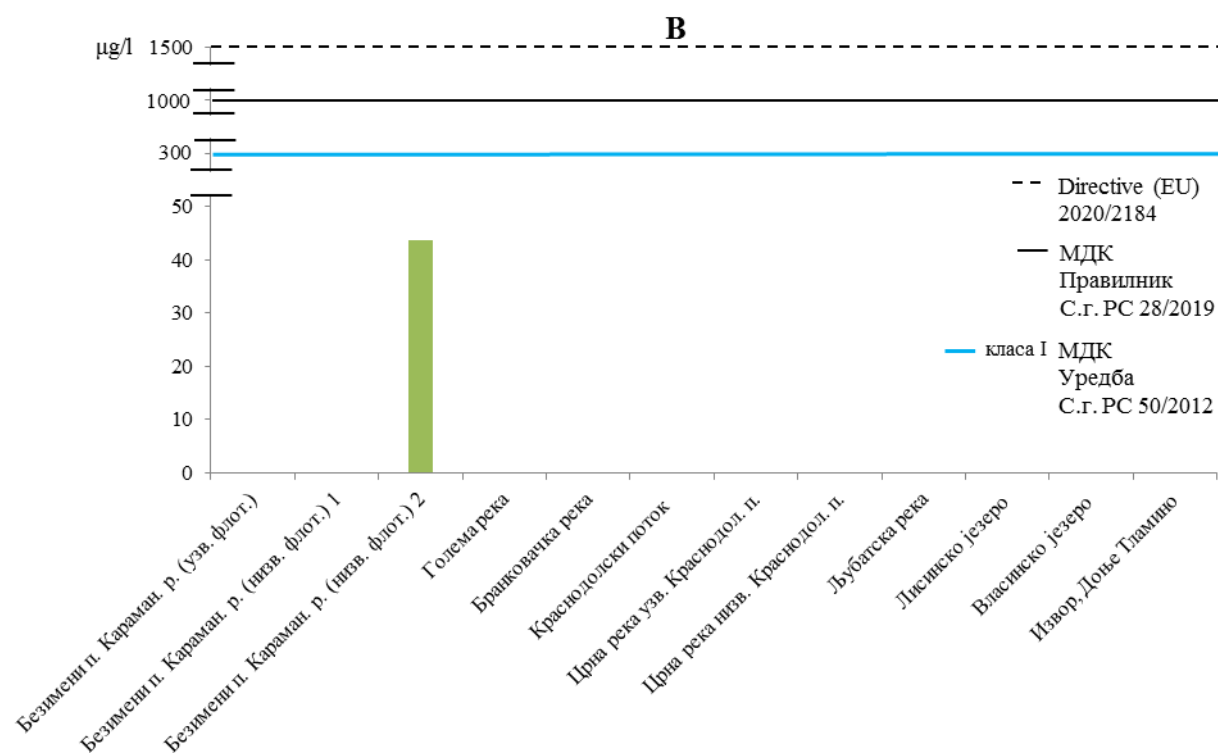
Слика 1.2.5. Концентрације натријума (Na) у испитиваним узорцима вода

Литијум: Концентрација литијума у узорку Црна река, пре улива Краснодолског потока била је нижа од границе детекције примењене методе (табела 1.2.1). Највише концентрације литијума измерене су у узорцима Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 и 2 (25,5 $\mu\text{g/l}$ и 33,2 $\mu\text{g/l}$), а најнижа концентрација у узорку Власинско језеро, код Божичког канала (0,483 $\mu\text{g/l}$) (табела 1.2.1 и слика 1.2.6).



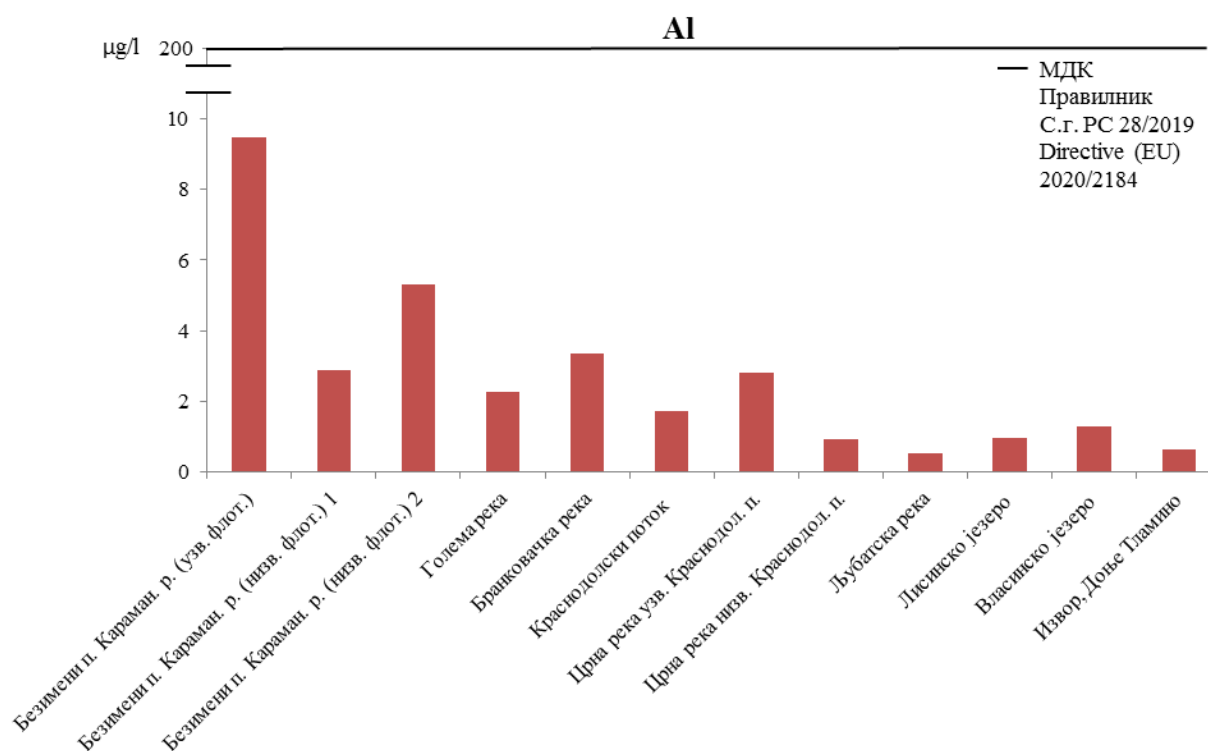
Слика 1.2.6. Концентрације литијума (Li) у испитиваним узорцима вода

Бор: Концентрација бора је била виша од границе детекције примењене методе само у узорку Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 2, и износила је 43,7 $\mu\text{g/l}$ (табела 1.2.1 и слика 1.2.7).



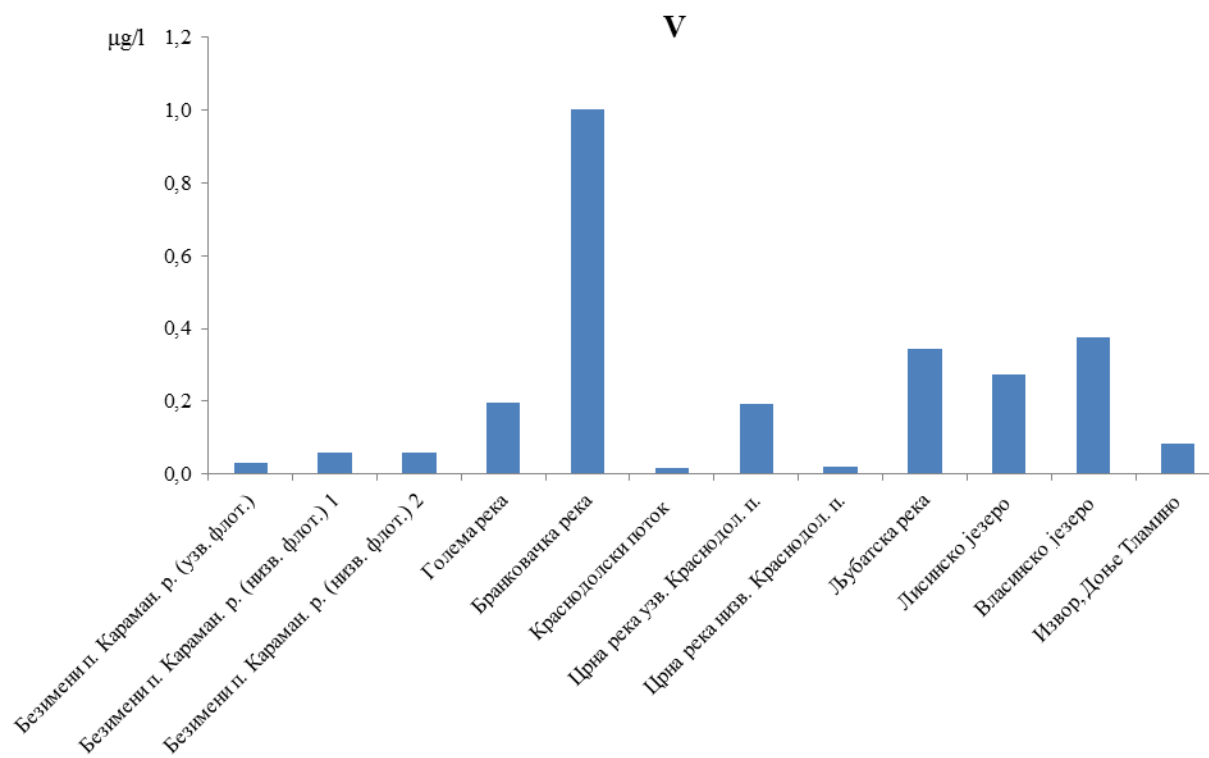
Слика 1.2.7. Концентрације бора (В) у испитиваним узорцима вода

Алуминијум: Опсег измерених вредности концентрација алуминијума у испитиваним узорцима вода је 0,535 - 9,49 µg/l (табела 1.2.2). Највиша вредност концентрације алуминијума измерена је у узорку Безимени поток Караманичке реке, узводно од флотације рудника Подвирови, најнижа у узорку Љубатска река, пре водозахвата за Лисинско језеро (табела 1.2.1 и слика 1.2.8).



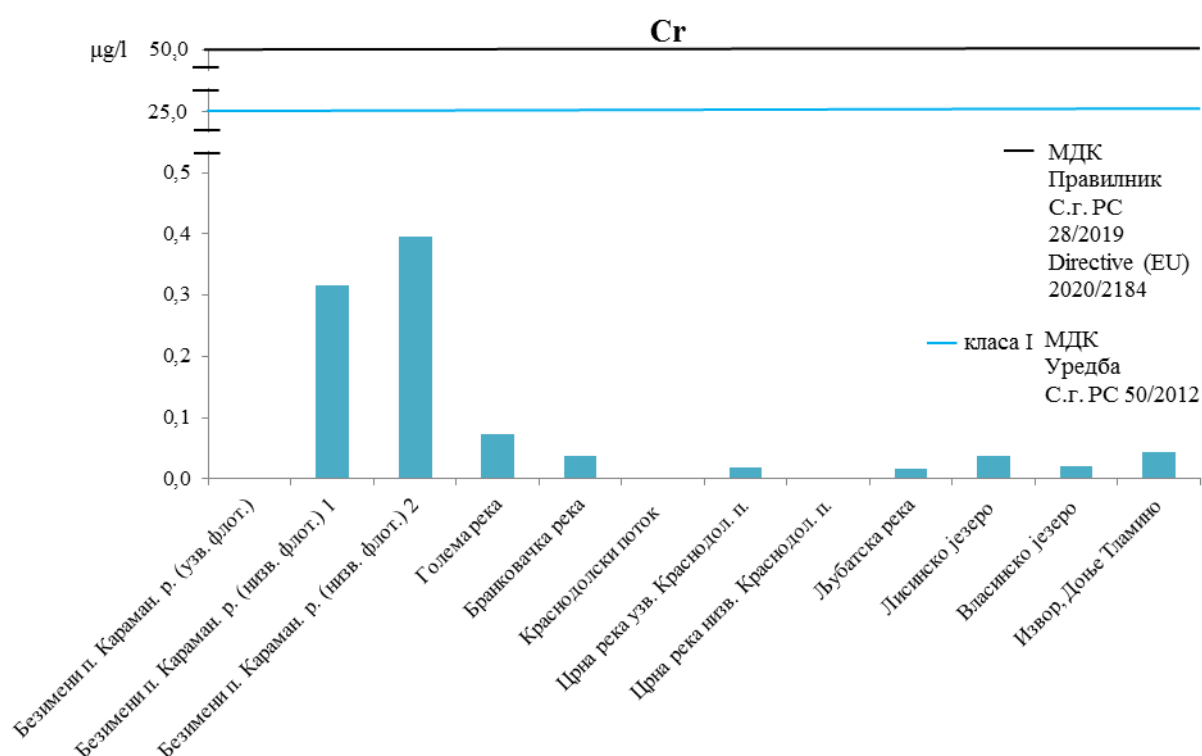
Слика 1.2.8. Концентрације алуминијума (Al) у испитиваним узорцима вода

Ванадијум: Вредности концентрација ванадијума у испитиваним узорцима вода су у опсегу од 0,015 $\mu\text{g/l}$ (Краснодолски поток, испод старе флотације рудника Грот) до 1,00 $\mu\text{g/l}$ (Бранковатка река, пре бране МХЕ Градиште) (табела 1.2.1, 1.2.2 и слика 1.2.9).



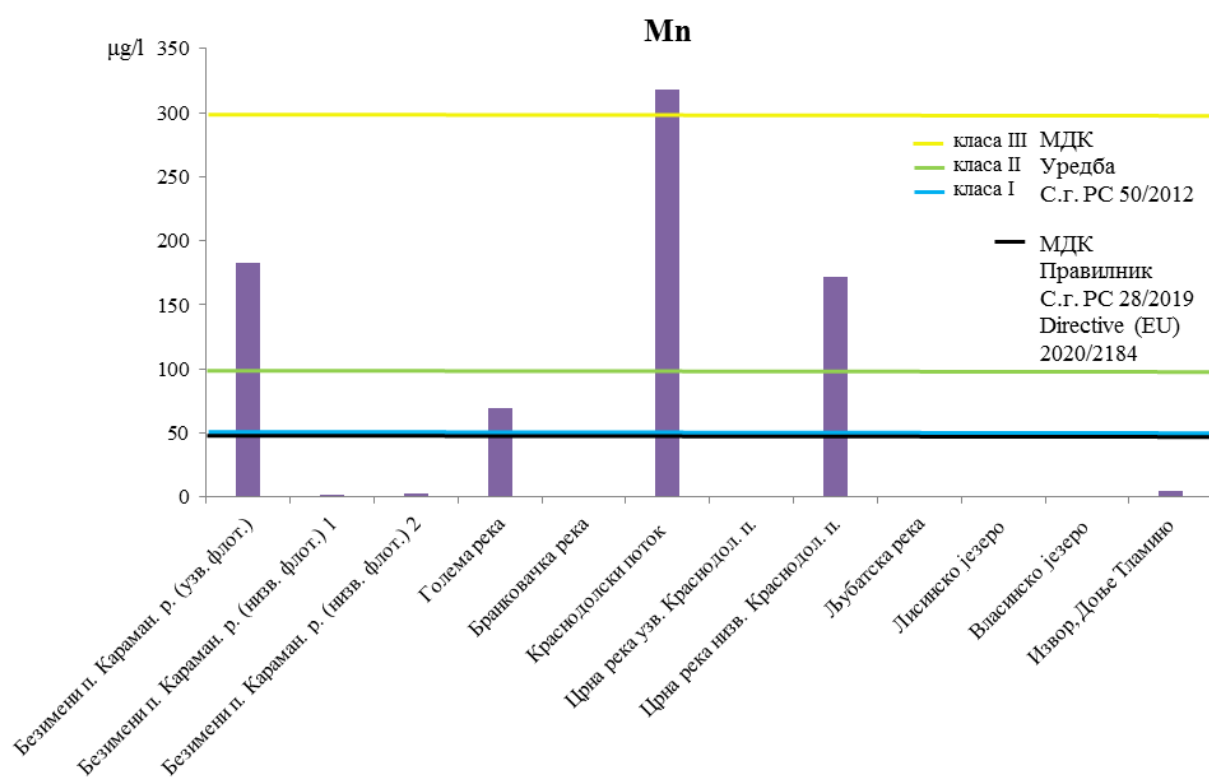
Слика 1.2.9. Концентрације ванадијума (V) у испитиваним узорцима вода

Хром: У узорцима Безимени поток Караманичке реке, узводно од флотације рудника Подвирови, Краснодолски поток, испод старе флотација рудника Грот, и Црна река, после улива Краснодолског потока, концентрације хрома су ниже од граница детекције примењене методе (табеле 1.2.1). Највише вредности концентрација хрома, знатно више него у осталим узорцима, измерене су у узорцима Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 и 2 (0,316 $\mu\text{g/l}$ и 0,395 $\mu\text{g/l}$) (табела 1.2.1, слика 1.2.10).



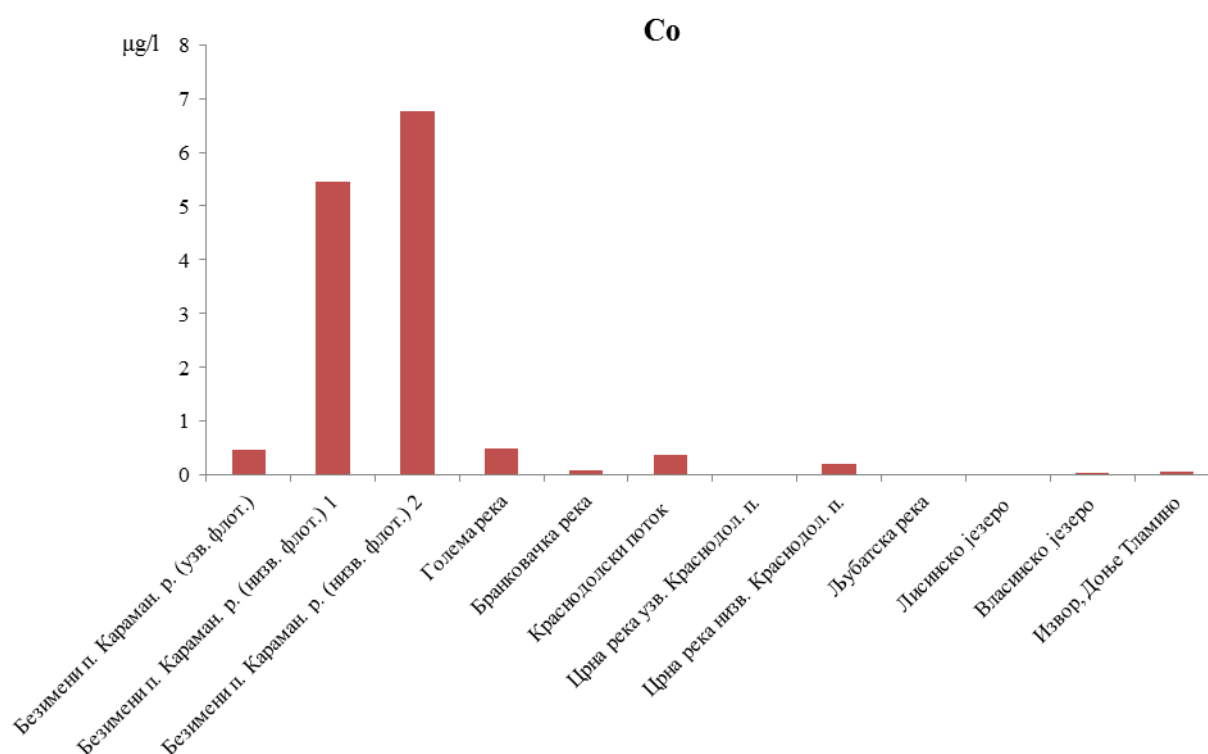
Слика 1.2.10. Концентрације хрома (Cr) у испитиваним узорцима вода

Манган: Измерене вредности концентрације мангана у испитиваним узорцима вода су у опсегу 0,098 – 318 $\mu\text{g/l}$ (табела 1.2.2). Повишене вредности концентрације, значајно више у односу на остале узорке, измерене су узорцима Краснодолски поток, испод старе флотација рудника Грот (318 $\mu\text{g/l}$), Безимени поток Караманичке реке, узводно од флотације рудника Подвирови (183 $\mu\text{g/l}$), Црна река, после улива Краснодолског потока (172 $\mu\text{g/l}$) и Голема река, Оматица (69,3 $\mu\text{g/l}$) (табела 1.2.1 и слика 1.2.11). Најниже вредности концентрације мангана измерене су у узорцима Власинско језеро, код улива Божичког канала (0,098 $\mu\text{g/l}$) и Црна река, пре улива Краснодолског потока (0,099 $\mu\text{g/l}$).



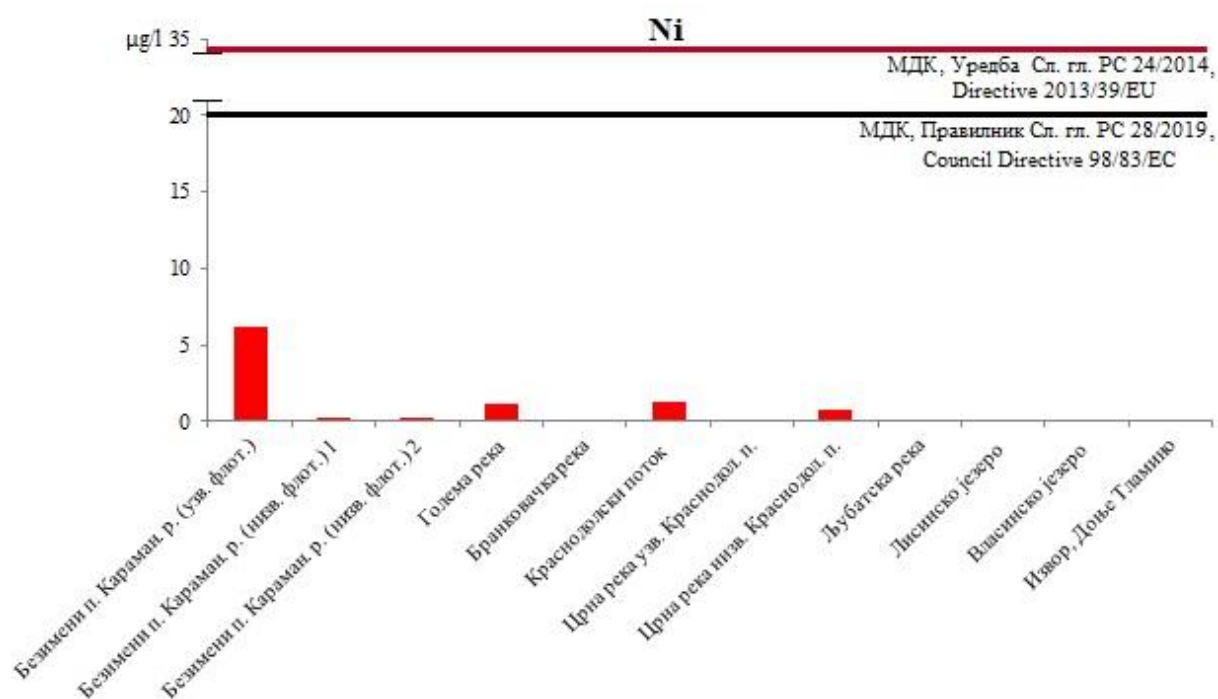
Слика 1.2.11. Концентрације мангана (Mn) у испитиваним узорцима вода

Кобалт: Опсег вредности концентрација кобалта у испитиваним узорцима вода је 0,011 - 6,77 $\mu\text{g/l}$ (табела 1.2.2). Највише вредности концентрација кобалта, знатно више него у осталим узорцима, измерене су у узорцима Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 и 2 (5,44 $\mu\text{g/l}$ и 6,77 $\mu\text{g/l}$), а најнижа у узорку Црна река, пре улива Краснодолског потока (0,011 $\mu\text{g/l}$) (табела 1.2.1 и слика 1.2.12).



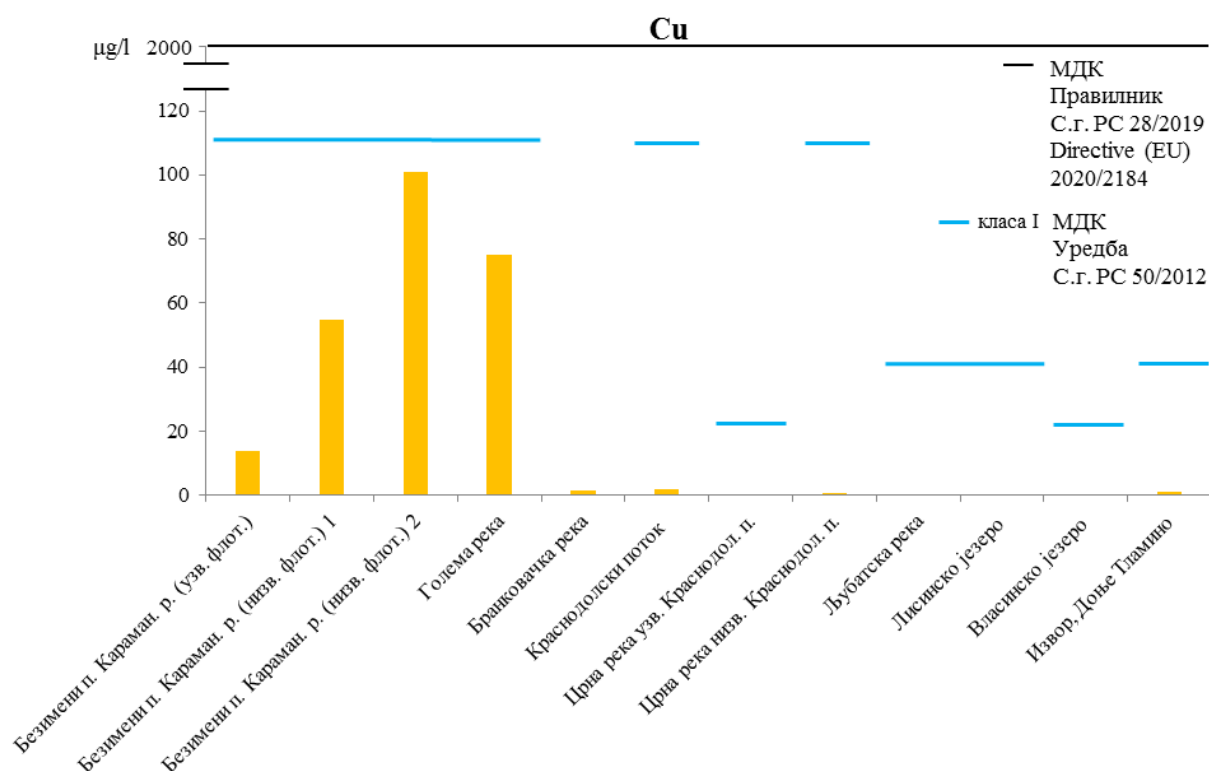
Слика 1.2.12. Концентрације кобалта (Co) у испитиваним узорцима вода

Никал: У узорцима Бранковачка, река пре бране МХЕ Градиште, Црна река ,пре улива Краснодолског потока, Љубатска река, пре водозахвата за Лисинско језеро, Власинско језеро, код Божичког канала и Извор, Доње Тламино концентрације никла су биле испод границе детекције примењене методе (табела 1.2.1). Највиша вредност концентрације никла забележена је у узорку Безимени поток Караманичке реке, узводно од флотације рудника Подвирови (6,21 $\mu\text{g/l}$) (табела 1.2.1 и слика 1.2.13).



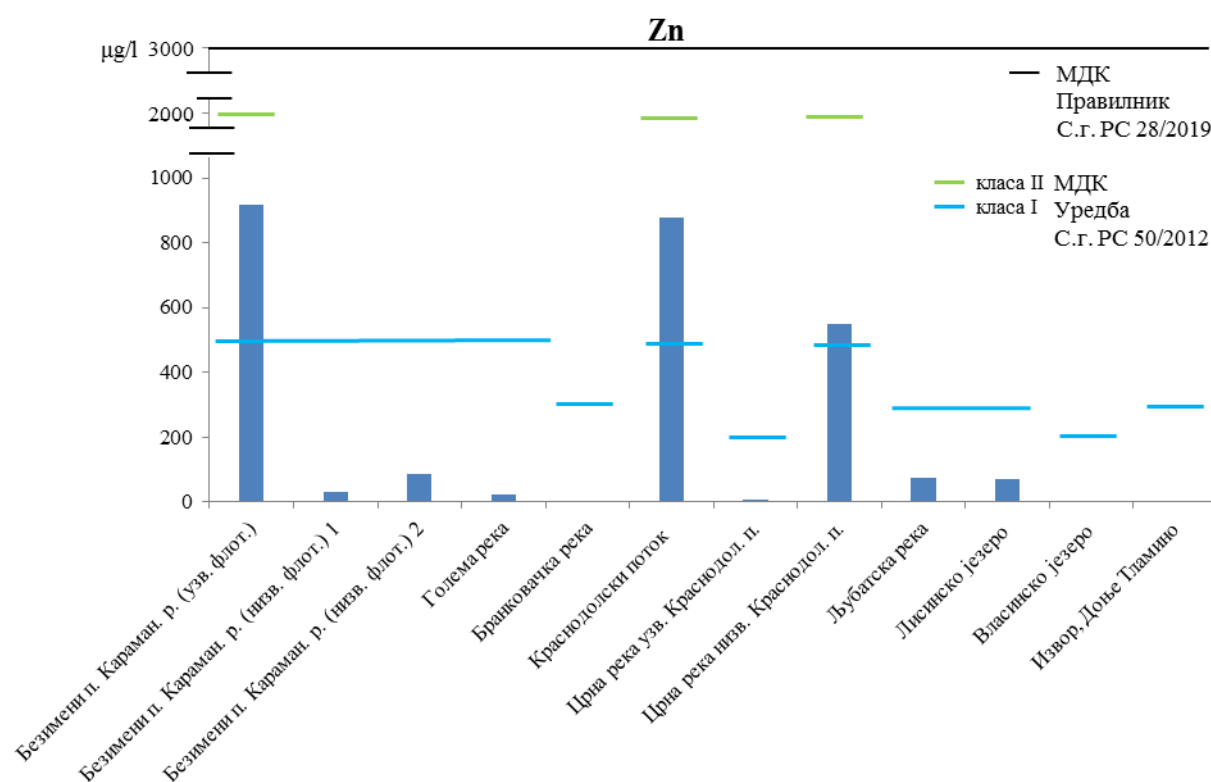
Слика 1.2.13. Концентрације никла (Ni) у испитиваним узорцима вода

Бакар: Концентрација бакра у узорку Црна река пре улива Краснодолског потока била је нижа од границе детекције примењене методе (табела 1.2.1). У осталим узорцима опсег вредности концентрација бакра је 0,090 - 101 $\mu\text{g/l}$ (табела 1.2.1 и 1.2.2). У узорцима Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 и 2 и Голема река, Оматица, измерене су знатно више концентрације бакра него у осталим узорцима вода: 54,9 $\mu\text{g/l}$, 101 $\mu\text{g/l}$ и 74,9 $\mu\text{g/l}$. Најнижа вредност концентрације бакра измерена је у узорку Власинско језеро, код Божичког канала (0,090 $\mu\text{g/l}$) (табела 1.2.1 и слика 1.2.14).



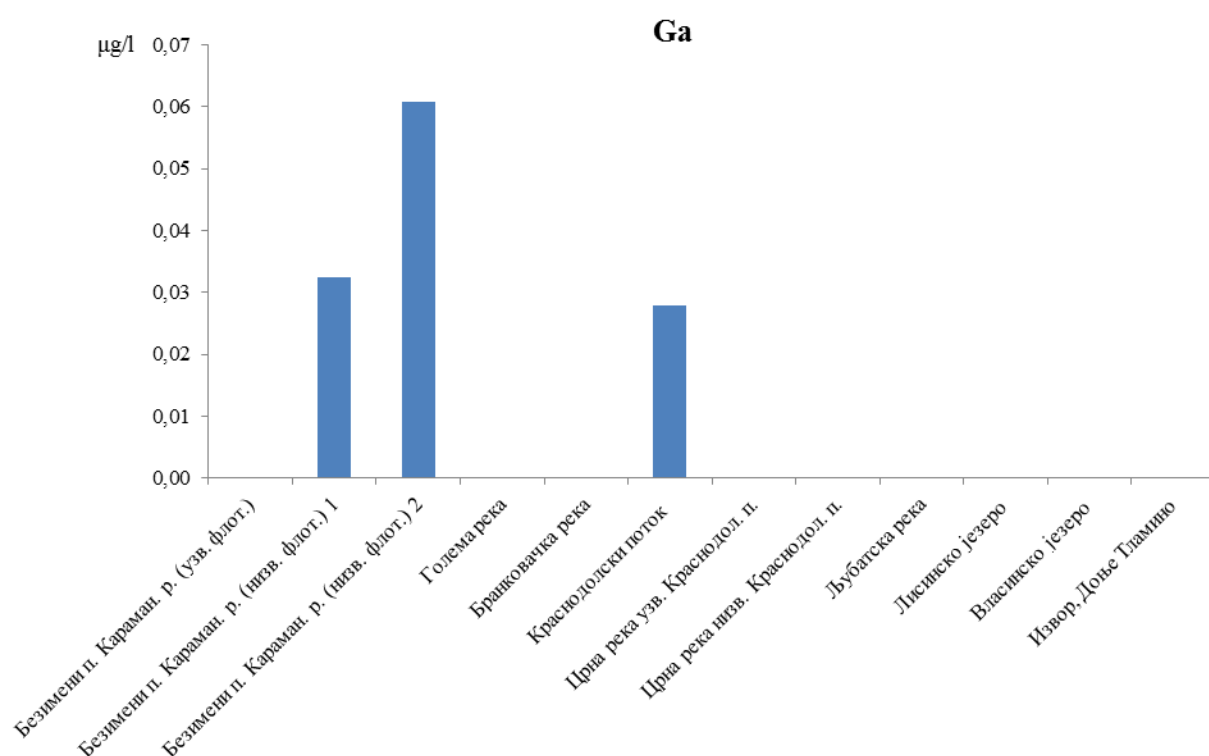
Слика 1.2.14. Концентрације бакра (Cu) у испитиваним узорцима вода (МДК прописана Уредбом Републике Србије, Сл. гл РС бр. 50/2012, зависи од тврдоће воде, табела 2.4.1)

Цинк: У узорцима Бранковачка река, пре бране МХЕ Градиште и Власинско језеро, код Божичког канала, концентрације цинка су биле испод границе детекције примењене методе (табела 1.2.1). Значајно више концентрације цинка, у односу на остале узорке, измерене су у узорцима Безимени поток Караманичке реке, узводно од флотације рудника Подвирови (916 $\mu\text{g/l}$), Краснодолски поток, испод старе флотација рудника Грот (877 $\mu\text{g/l}$) и Црна река, после улива Краснодолског потока (551 $\mu\text{g/l}$) (табела 1.2.1 и слика 1.2.15).



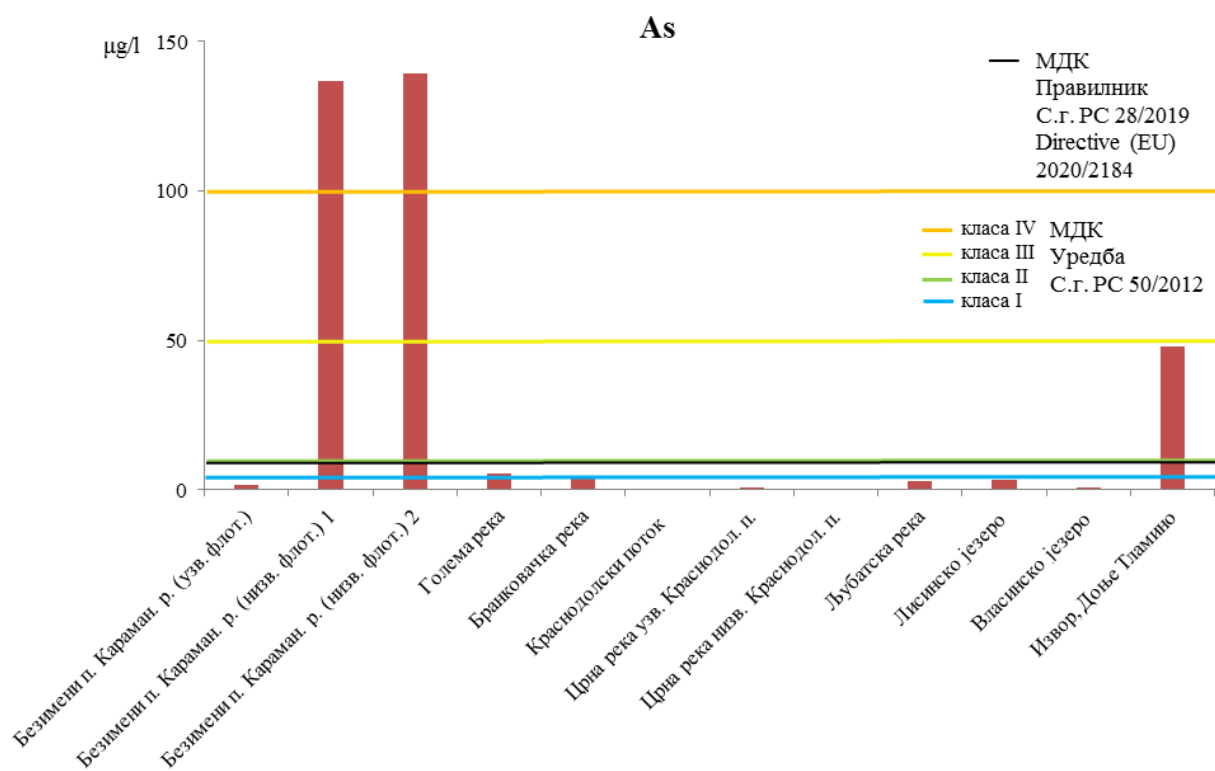
Слика 1.2.15. Концентрације цинка (Zn) у испитиваним узорцима вода (МДК прописана Уредбом Републике Србије, Сл. гл РС бр. 50/2012, зависи од тврдоће воде, табела 2.4.1)

Галијум: Опсег концентрација галијума у испитиваним узорцима је < гд - 0,061 µg/l (табеле 1.2.1 и 1.2.2). Концентрација галијума је измерена само у узорцима Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 и 2, и Краснодолски поток, испод старе флотација рудника Грот, при чему је највиша вредност концентрације измерена у узорку Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 2 (0,061 µg/l) (табеле 1.2.1, 1.2.2 и слика 1.2.16).



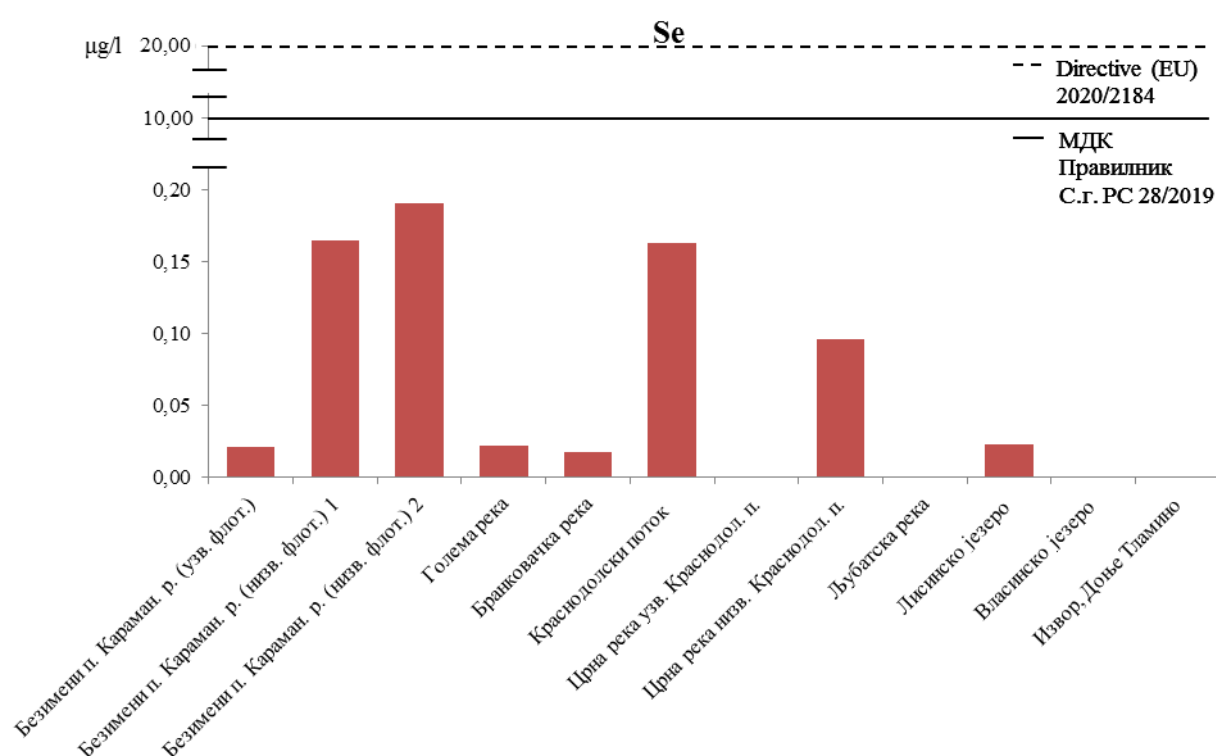
Слика 1.2.16. Концентрације галијума (Ga) у испитиваним узорцима вода

Арсен: Опсег вредности концентрација арсена у испитиваним узорцима вода је 0,429 – 139 $\mu\text{g/l}$ (табела 1.2.2). У узорцима Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 и 2 забележене су изузетно високе концентрације арсена: 137 $\mu\text{g/l}$ и 139 $\mu\text{g/l}$. Висока концентрација арсена измерена је и у узорку Извор, Доње Тламино (48,0 $\mu\text{g/l}$) Најнижа концентрација арсена измерена је у узорку Власинско језеро, код Божичког канала (0,612 $\mu\text{g/l}$) (табела 1.2.1 и слика 1.2.17).



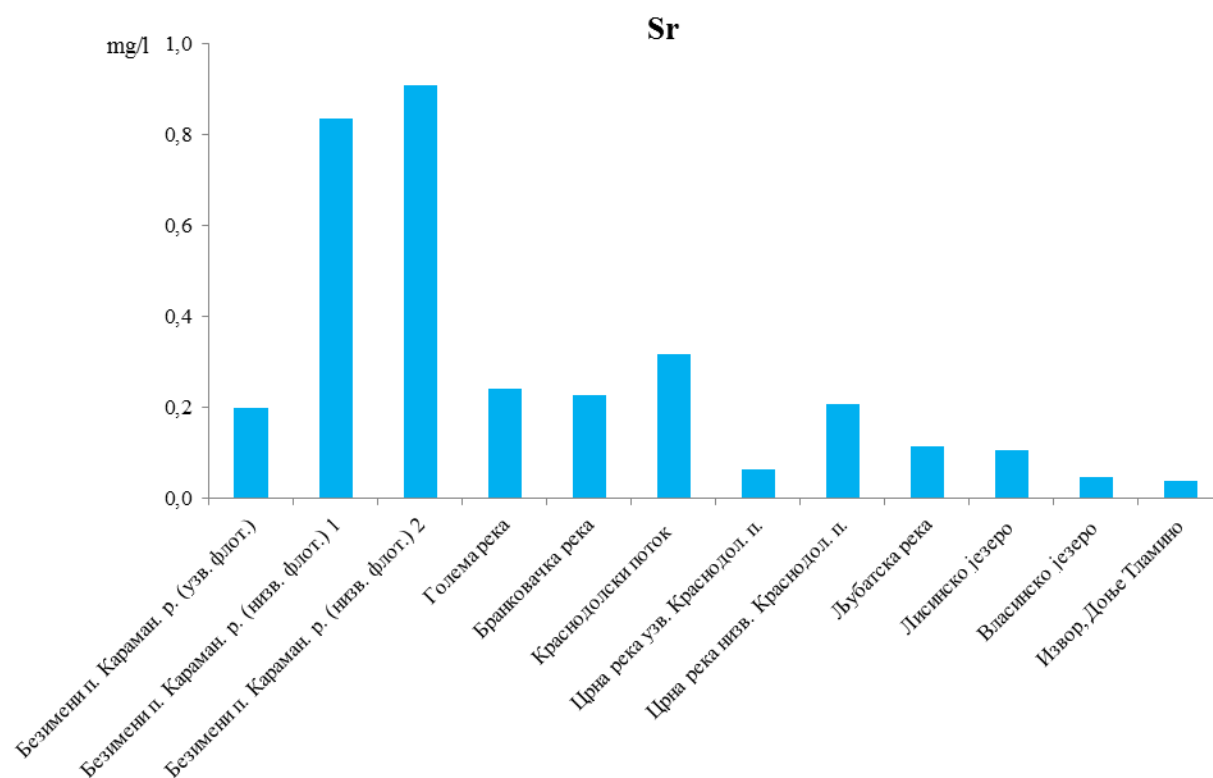
Слика 1.2.17. Концентрације арсена (As) у испитиваним узорцима вода

Селен: Концентрације селена у испитиваним узорцима вода су у опсегу од вредности нижих од границе детекције примењене методе у узорцима Црна река, пре улива Краснодолског потока, Љубатска река, пре водозахвата за Лисинско језеро, Власинско језеро, код Божичког канала и Извор, Доње Тламино, до 0,190 µg/l у узорку Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 2 (табеле 1.2.1, 1.2.2 и слика 1.2.18).



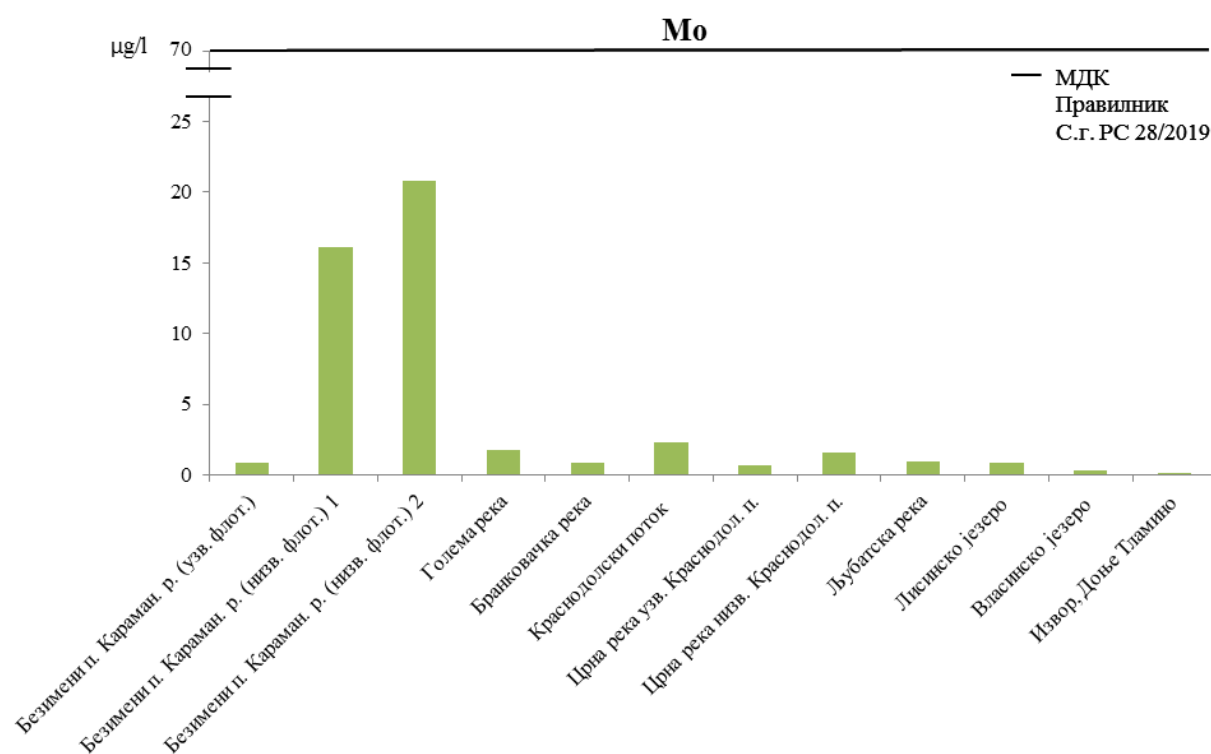
Слика 1.2.18. Концентрације селена (Se) у испитиваним узорцима вода

Стронцијум: Опсег вредности концентрација стронцијума у испитиваним узорцима вода је 37,7 - 907 $\mu\text{g/l}$ (табела 1.2.2). У узорцима Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 и 2 су измерене највише концентрације стронцијума (835 $\mu\text{g/l}$ и 907 $\mu\text{g/l}$), а најнижа концентрација је забележена у узорку Извор, Доње Тламино (табела 1.2.1 и слика 1.2.19).



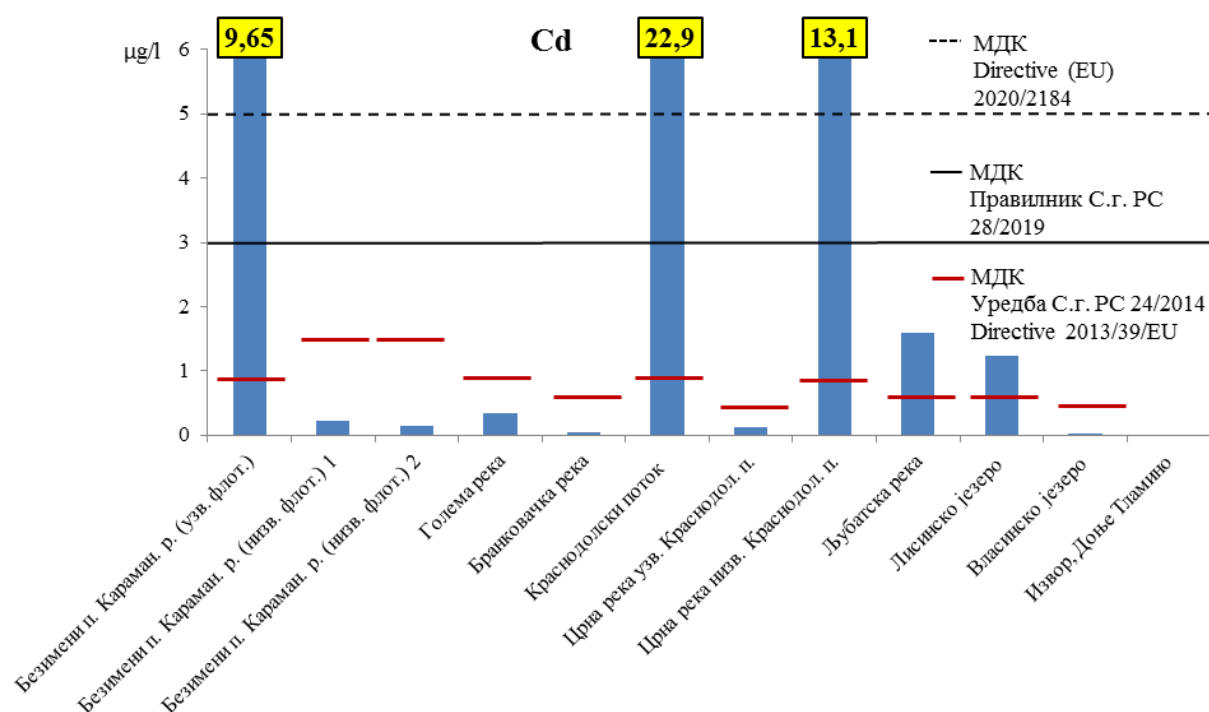
Слика 1.2.19. Концентрације стронцијума (Sr) у испитиваним узорцима вода

Молибден: Вредности концентрација молибдена у испитиваним узорцима вода су у опсегу од 0,178 $\mu\text{g/l}$ (Извор, Доње Тламино) до 20,8 $\mu\text{g/l}$ (Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 2) (табела 1.2.1, 1.2.2 и слика 1.2.20). Виша вредност концентрације молибдена, у односу на остале узорке, измерена је и у узорку Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 (16,2 $\mu\text{g/l}$).



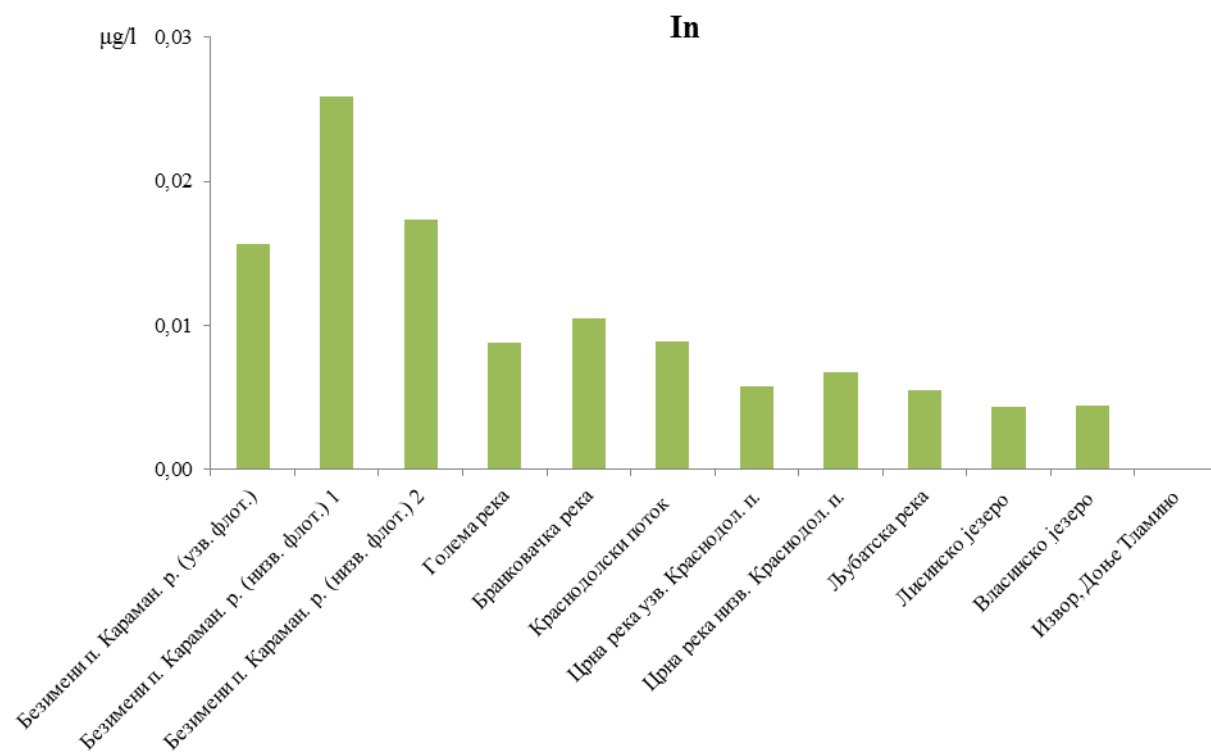
Слика 1.2.20. Концентрације молибдена (Mo) у испитиваним узорцима вода

Кадмијум: Опсег концентрација кадмијума у испитиваним узорцима је од вредности ниже од границе детекције (Извор, Доње Тламино) до изузетно високе концентрације од 22,9 $\mu\text{g/l}$ која је измерена у узорку Краснодолски поток, испод старе флотације рудника Грот (табела 1.2.1 и 1.2.2). Високе концентрације кадмијума забележене су и у узорцима Црна река, после улива Краснодолског потока (13,1 $\mu\text{g/l}$), Безимени поток Караманичке реке, узводно од флотације рудника Подвирови (9,65 $\mu\text{g/l}$), Љубатска река, пре водозахвата за Лисинско језеро (1,60 $\mu\text{g/l}$) и Лисинско језеро, после бране (1,23 $\mu\text{g/l}$) (табела 1.2.1 и слика 1.2.21).



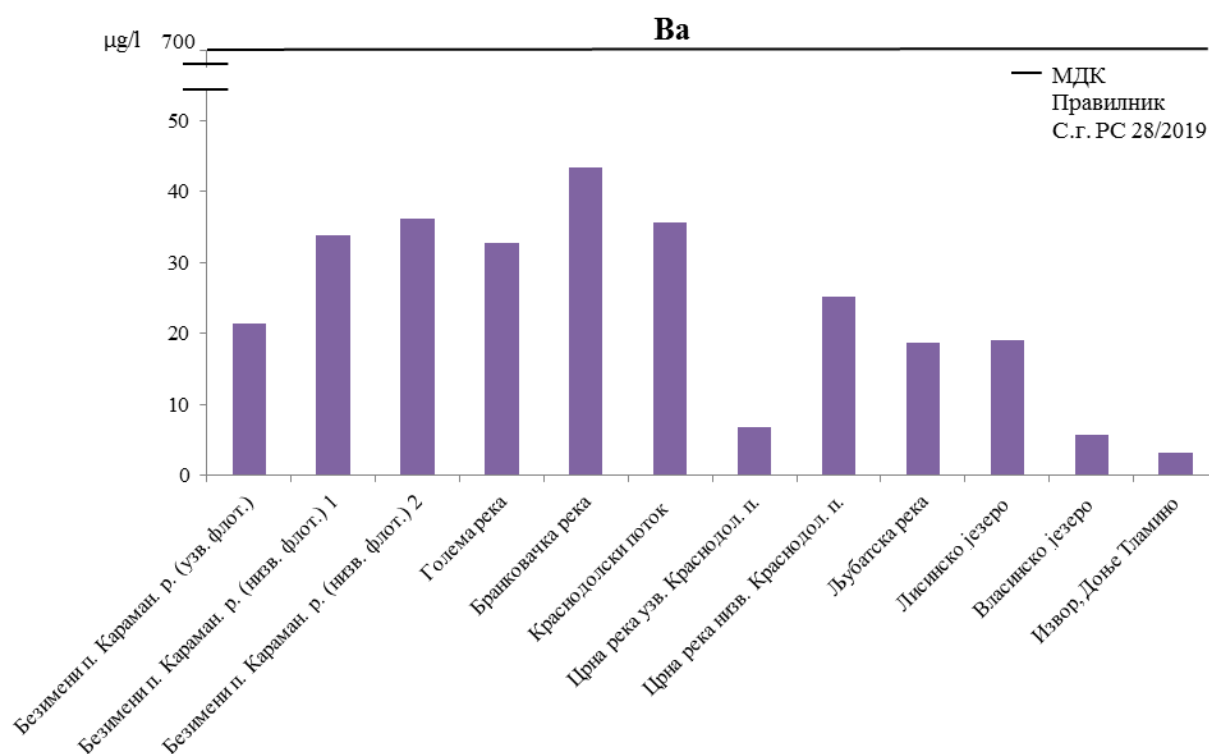
Слика 1.2.21. Концентрације кадмијума (Cd) у испитиваним узорцима вода (МДК прописана Уредбом Републике Србије, Сл. гл РС бр. 24/2014, и Директивом Савета Европске Уније, Directive 2013/39/EU, зависи од тврдоће воде)

Индијум: Опсег концентрација индијума у испитиваним узорцима вода је од $< \text{гд}$ (Извор, Доње Тламино) до $0,026 \text{ } \mu\text{g/l}$ (Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1) (табеле 1.2.1, 1.2.2 и слика 1.2.22).



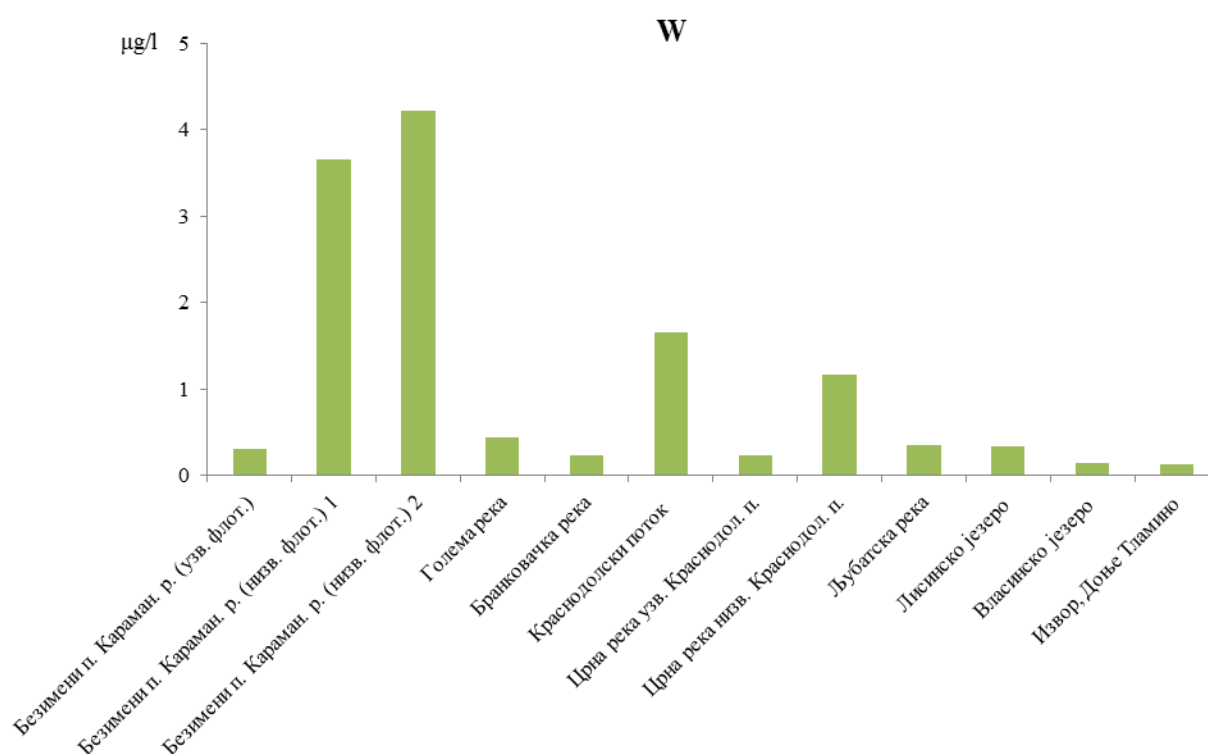
Слика 1.2.22. Концентрације индијума (In) у испитиваним узорцима вода

Баријум: Опсег вредности концентрација баријума у испитиваним узорцима вода је 3,24 - 43,3 $\mu\text{g/l}$ (табела 1.2.2). Највиша вредност концентрације баријума измерена је у узорку Бранковачка река, пре бране МХЕ Градиште, најнижа у узорку Извор, Доње Тламино (табела 1.2.1 и слика 1.2.23).



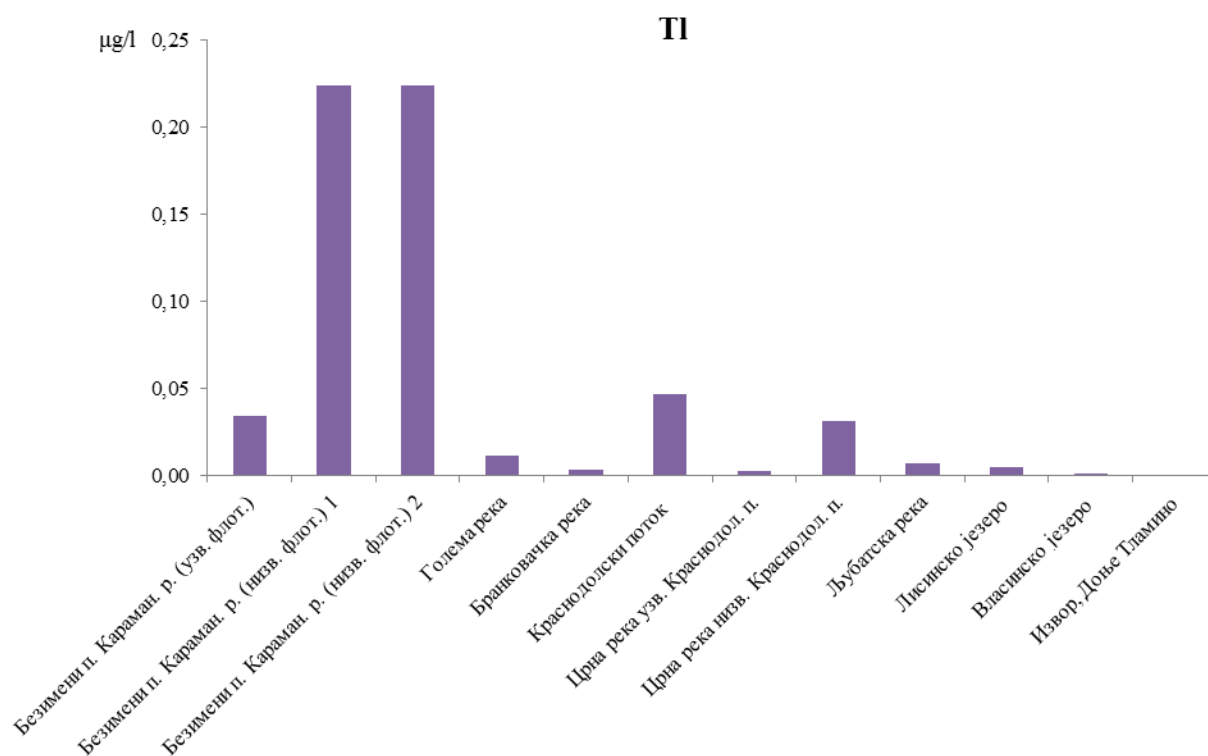
Слика 1.2.23. Концентрације баријума (Ba) у испитиваним узорцима вода

Волфрам: Опсег измерених вредности концентрација волфрама у испитиваним узорцима вода је 0,134 - 4,21 $\mu\text{g/l}$ (табела 1.2.2). Највише вредности концентрација волфрама, више него у осталим узорцима, измерене су у узорцима Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 и 2 (3,66 $\mu\text{g/l}$ и 4,21 $\mu\text{g/l}$), а најнижа вредност концентрације је измерена у узорку Извор, Доње Тламино (табела 1.2.1 и слика 1.2.24).



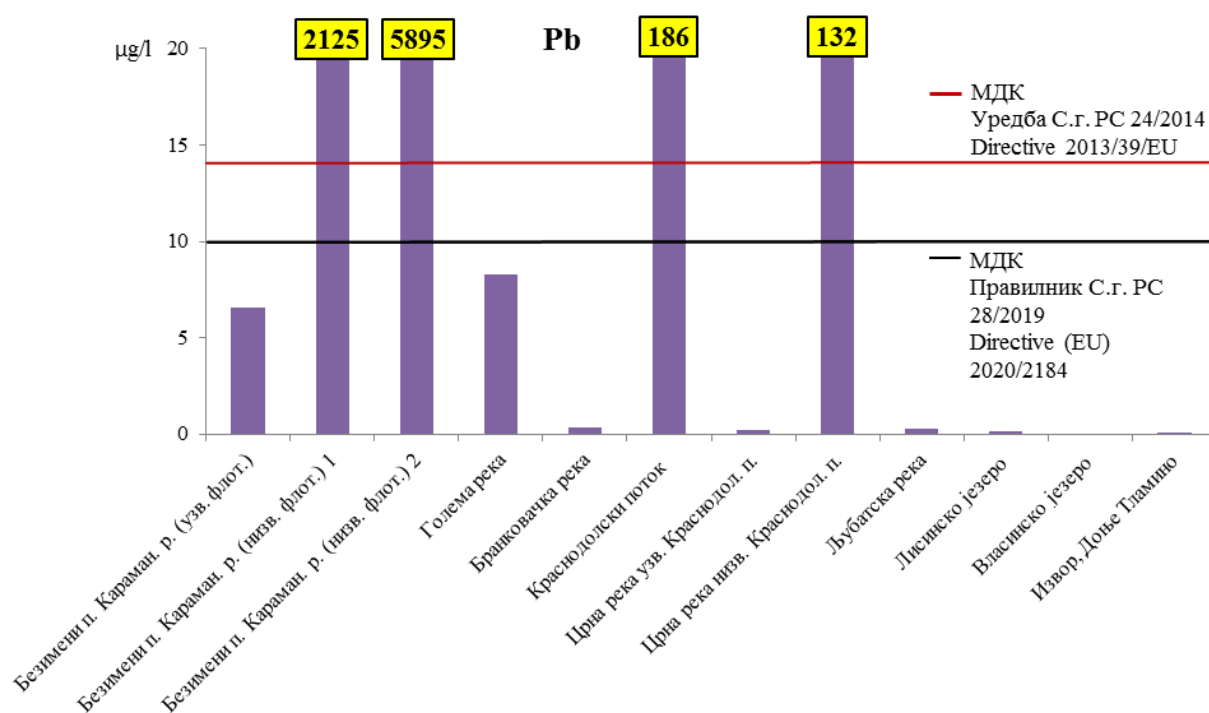
Слика 1.2.24. Концентрације волфрама (W) у испитиваним узорцима вода

Талијум: Измерене вредности концентрација талијума су у опсегу од 0,0005 $\mu\text{g/l}$ у узорку Извор, Доње Тламино, до 0,224 $\mu\text{g/l}$ у узорцима Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 и 2 (табеле 1.2.1, 1.2.2 и слика 1.2.25).



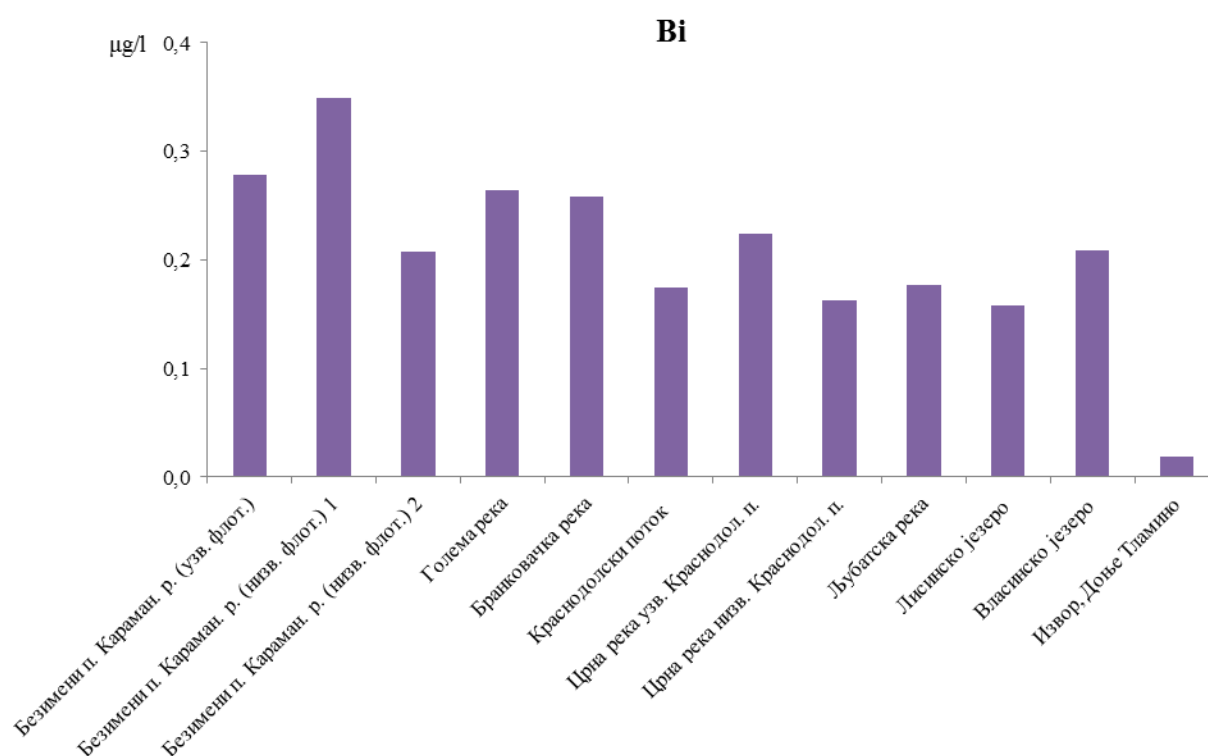
Слика 1.2.25. Концентрације талијума (Tl) у испитиваним узорцима вода

Олово: Концентрације олова у испитиваним узорцима вода су у широком опсегу од вредности ниже од границе детекције примењене методе у узорку Власинско језеро, код Божичког канала, до јако високих концентрација у узорцима Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 и 2 од 2125 $\mu\text{g/l}$ и 5896 $\mu\text{g/l}$ (табеле 1.2.1, 1.2.2 и слика 1.2.26). Високе концентрације олова измерене су и у узорцима Краснодолски поток, испод старе флотације рудника Грот (186 $\mu\text{g/l}$) и Црна река, после улива Краснодолског потока (132 $\mu\text{g/l}$), а повишене концентрације су забележене у узорцима Безимени поток Караманичке реке, узводно од флотације рудника Подвирови (6,59 $\mu\text{g/l}$) и Голема река, Оматица (8,30 $\mu\text{g/l}$) (табела 1.2.1 и слика 1.2.26).



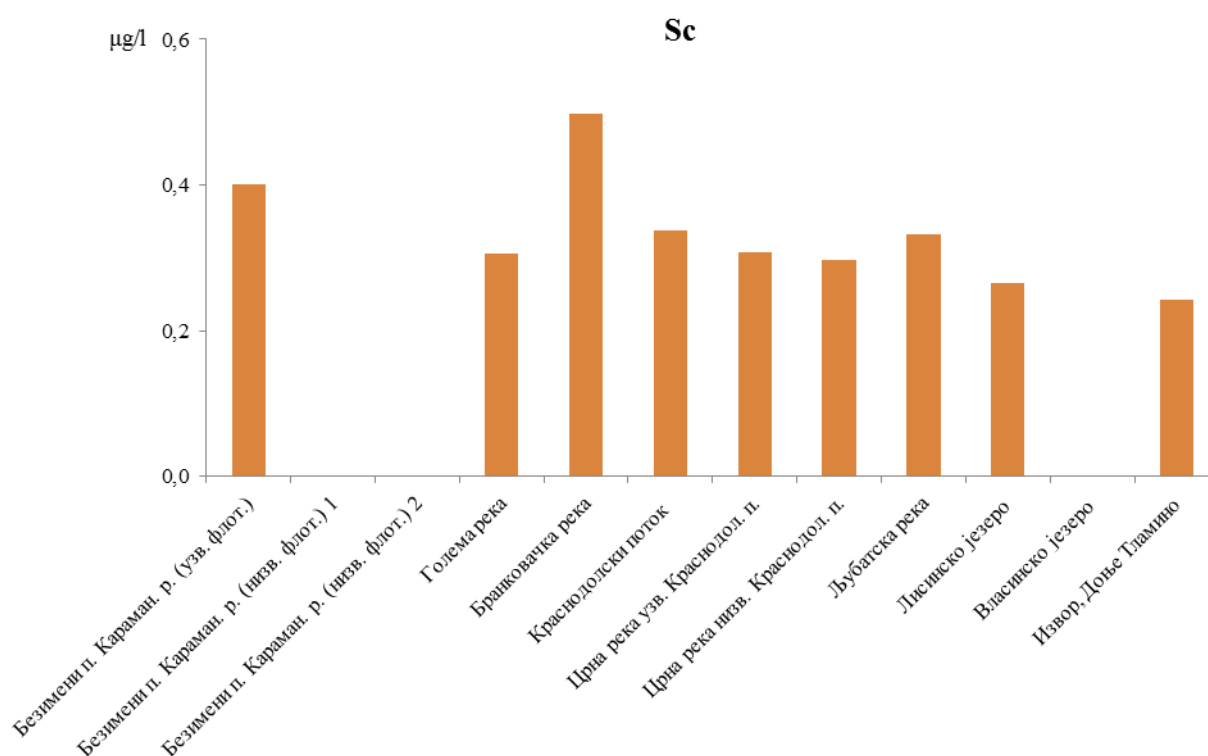
Слика 1.2.26. Концентрације олова (Pb) у испитиваним узорцима вода

Бизмут: Измерене вредности концентрације бизмута у испитиваним узорцима вода су у опсегу од 0,019 $\mu\text{g/l}$ (Извор, Доње Тламино) до 0,349 $\mu\text{g/l}$ (Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1) (табеле 1.2.1, 1.2.2 и слика 1.2.27).



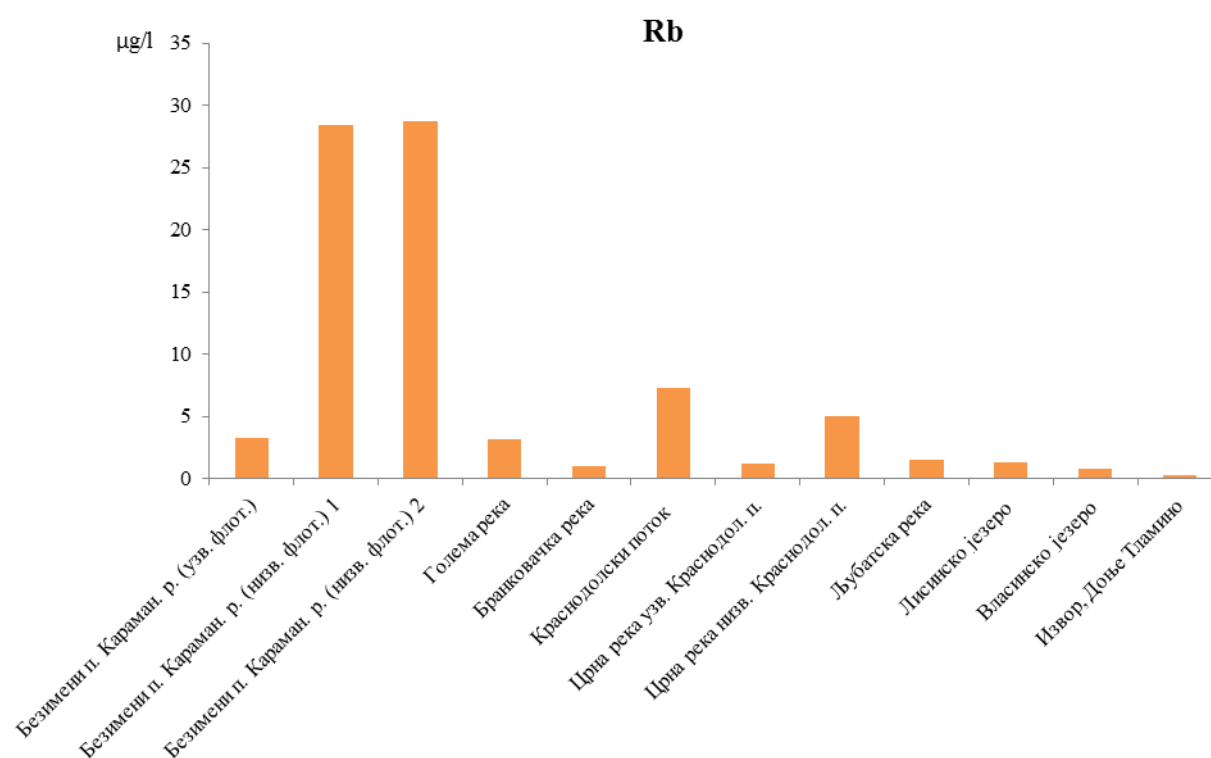
Слика 1.2.27. Концентрације бизмута (Bi) у испитиваним узорцима вода

Скандијум: Концентрације скандијума у узорцима Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 и 2 и Власинско језеро, код Божичког канала, биле су ниже од границе детекције примењене методе. Највиша вредност концентрације скандијума измерена је у узорку Бранковачка река, пре бране МХЕ Градиште (0,498 $\mu\text{g/l}$) (табеле 1.2.1, 1.2.2 и слика 1.2.28).



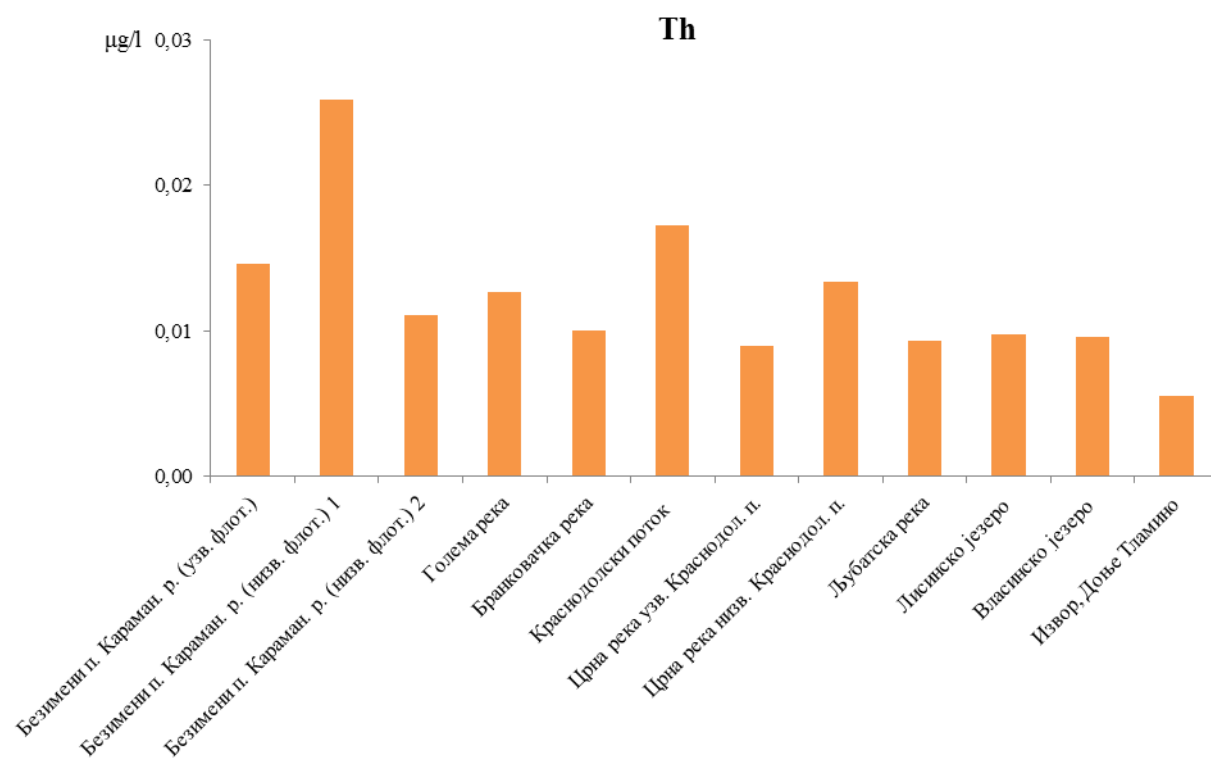
Слика 1.2.28. Концентрације скандијума (Sc) у испитиваним узорцима вода

Рубидијум: Измерене вредности концентрације рубидијума у испитиваним узорцима вода су у опсегу 0,259 - 28,8 $\mu\text{g/l}$ (табела 1.2.2). Најнижа вредност концентрације рубидијума измерена је у узорку Извор, Доње Тламино (0,259 $\mu\text{g/l}$), а највише у узорцима Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 и 2 (28,5 $\mu\text{g/l}$ и 28,8 $\mu\text{g/l}$) (табела 1.2.1 и слика 1.2.29).



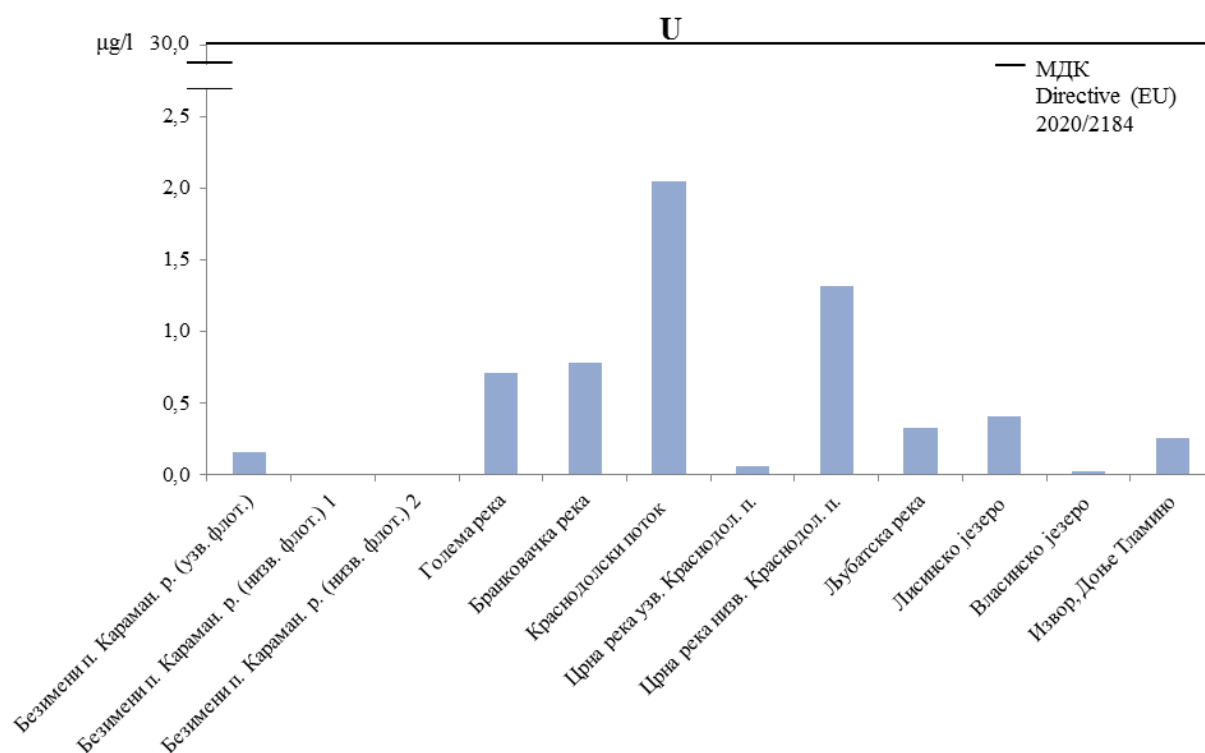
Слика 1.2.29. Концентрације рубидијума (Rb) у испитиваним узорцима вода

Торијум: Концентрације торијума у испитиваним узорцима вода су у опсегу од 0,0055 $\mu\text{g/l}$ у узорку Извор, Доње Тламино, до 0,026 $\mu\text{g/l}$ у узорку Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 2 (табеле 1.2.1, 1.2.2 и слика 1.2.30).



Слика 1.2.30. Концентрације торијума (Th) у испитиваним узорцима вода

Уранијум: У узорцима Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 и 2 концентрација уранијума је била испод границе детекције примењене методе. У осталим узорцима вода најниже концентрације уранијума измерене су у узорцима Власинско језеро, код улива Божичког канала (0,023 µg/l) и Црна река, пре улива Краснодолског потока (0,057 µg/l). Највиша концентрација уранијума измерена је у узорку Краснодолски поток, испод старе флотације рудника Грот (2,04 µg/l) (табеле 1.2.1, 1.2.2 и слика 1.2.31). Слична вредност концентрације уранијума измерена је и у узорку воде реке Јерме, између Горње Држине и Комја (2,19 µg/l) (табела 1.2.1.). Иако су забележене повишене концентрације уранијума у води Краснодолског потока и реке Јерме који указују на утицаје рудничких активности, ипак измерени садржаји уранијума у речној води ни у једном узорку нису прекорачили граничну вредност.



Слика 1.2.31. Концентрације уранијума (U) у испитиваним узорцима вода

1.3. Концентрације анјона у испитиваним узорцима вода

У табелама 1.3.1. и 1.3.2 приказане су концентрације анјона у испитиваним узорцима вода, границе детекције примењене методе и опсежи мерених вредности.

Вредности концентрација које су ниже од границе детекције примењене методе у табелама 1.3.1 и 1.3.2 су обележене са < гд.

Измерене вредности концентрација анјона у узорцима вода и прописане граничне вредности су представљене и на сликама 1.3.1 - 1.3.4. Граничне вредности, и домаће и међународне норме које их прописују су дате и у табели 1.4.1, поглавље 1.4.

Табела 1.3.1. Концентрације анјона у испитиваним узорцима вода

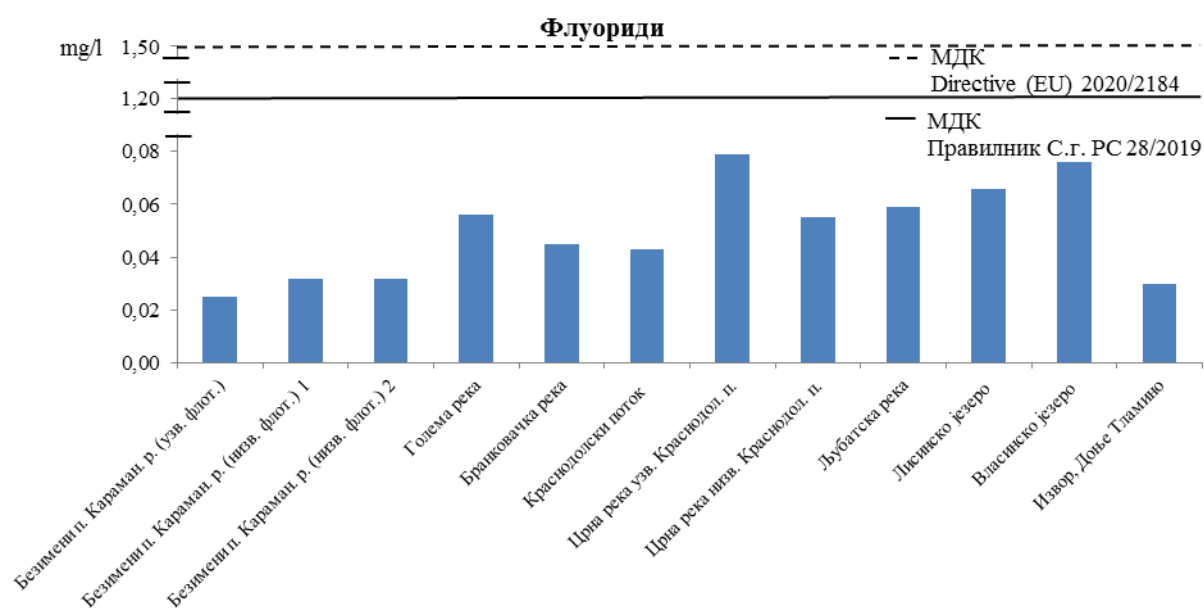
		Безимени поток Караманичке реке, узвод. од флот. рудн. Подвирови	Безимени поток Караманичке реке, низв. од флот. рудн. Подвирови 1	Безимени поток Караманичке реке, низв. од флот. рудн. Подвирови 2	Голема река, Оматица	Бранковачка река, пре бране МХЕ Градиште	Краснодолски поток, испод старе флот. рудн. Грот	Црна река, пре улива Краснодол. потока	Црна река, после улива Краснодол. потока	Љубатска река, пре водозахв. за Лисинско језеро	Лисинско језеро, после бране	Власинско језеро, код Божичког канала	Извор, Доње Тламино	Јерма, између Горње Држине и Комја	Граница детекције (гд)
F⁻	(mg/l)	0,025	0,032	0,032	0,056	0,045	0,043	0,079	0,055	0,059	0,066	0,076	0,030	0,045	0,010
Cl⁻	(mg/l)	1,17	9,26	10,1	1,99	1,95	0,335	0,253	0,300	0,670	0,734	1,34	0,529	3,47	0,020
Br⁻	(mg/l)	< гд	0,336	< гд	< гд	< гд	< гд	< гд	< гд	< гд	< гд	< гд	< гд	< гд	0,020
NO₃⁻	(mgN/l)	0,542	1,96	2,20	0,540	< гд	2,36	0,537	1,79	0,547	0,510	< гд	< гд	1,02	0,005
PO₄³⁻	(mgP/l)	< гд	< гд	< гд	< гд	< гд	< гд	< гд	< гд	< гд	< гд	< гд	< гд	< гд	0,007
SO₄²⁻	(mg/l)	155	701	813	66,5	22,8	170	10,3	102	27,7	23,3	6,13	10,0	19,04	0,020

Табела 1.3.2. Опсези концентрација мерених анјона

		Минимум	Максимум
F⁻	(mg/l)	0,025	0,079
Cl⁻	(mg/l)	0,253	10,09
Br⁻	(mg/l)	< гд	0,336
NO₃⁻	(mgN/l)	< гд	2,36
PO₄³⁻	(mg/l)	< гд	< гд
SO₄²⁻	(mg/l)	6,13	813

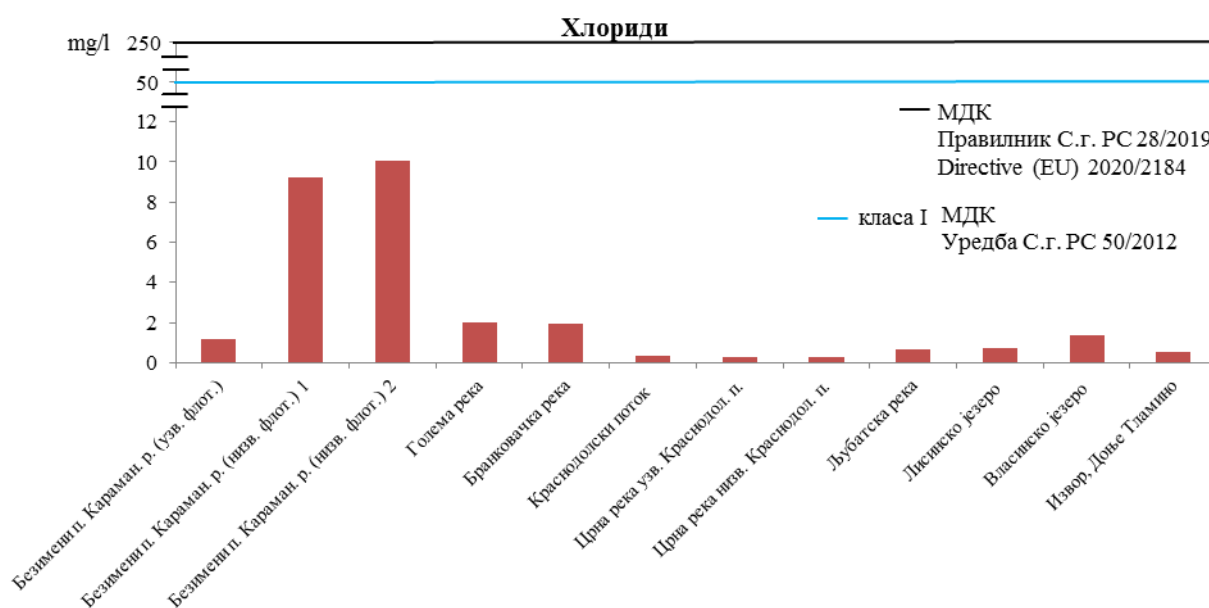
Од измерених анјона, садржаји фосфата у свим испитиваним узорцима вода били су нижи од границе детекције примењене методе.

Флуориди: Концентрације флуорида у испитиваним узорцима вода били су у опсегу од 0,025 mg/l у узорку Безимени поток Караманичке реке, узводно од флотације рудника Подвирови, до 0,079 mg/l у узорку Црна река, пре улива Краснодолског потока (табеле 1.3.1, 1.3.2 и слика 1.3.1).



Слика 1.3.1. Концентрације флуорида у испитиваним узорцима вода

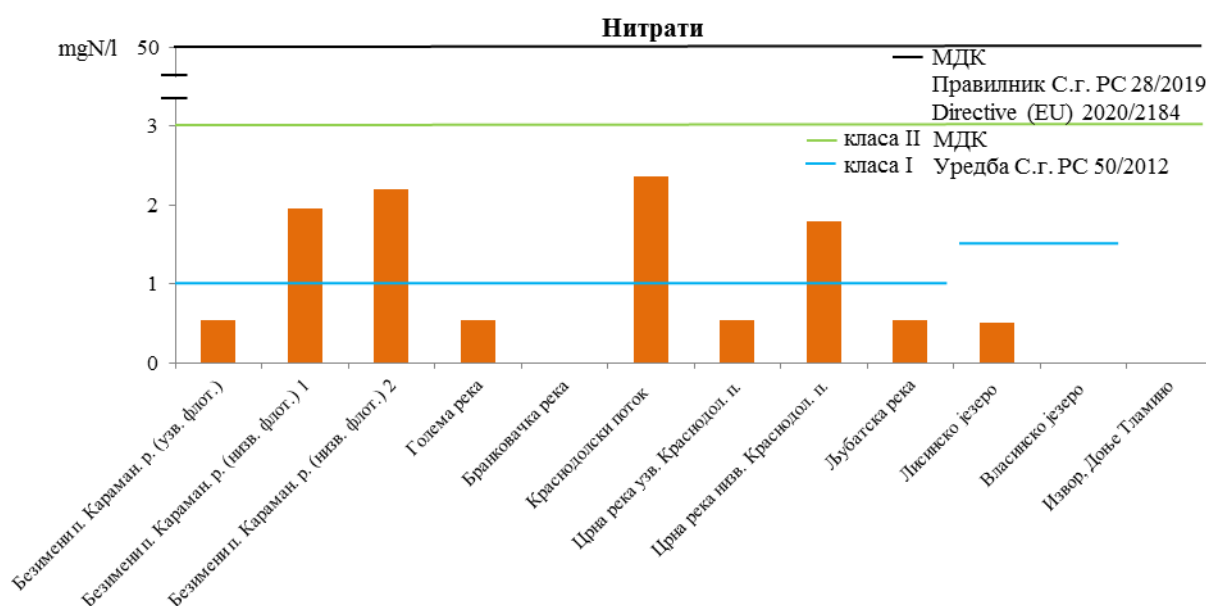
Хлориди: Опсег концентрација хлорида у испитиваним узорцима вода је од 0,253 mg/l (Црна река, пре улива Краснодолског потока) до 10,09 mg/l (Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 2) (табеле 1.3.1, 1.3.2 и слика 1.3.2). Виша концентрација хлорида у односу на остале узорке забележена је и у узорку Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1.



Слика 1.3.2. Концентрације хлорида у испитиваним узорцима вода

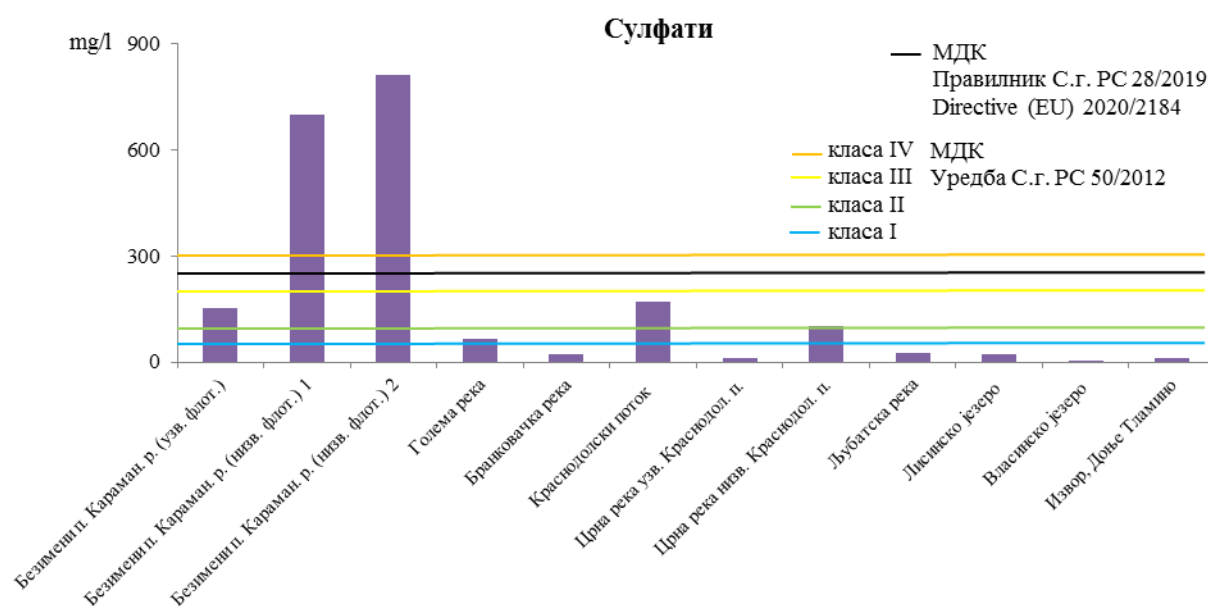
Бромиди: Концентрација бромида је била виша од границе детекције примењене методе само у узорку Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 (0,336 mg/l) (табеле 1.3.1 и 1.3.2).

Нитрати: Опсег концентрација нитрата у испитиваним узорцима вода је од вредности нижих од границе детекције примењене методе (Бранковачка река, пре бране МХЕ Градиште, Власинско језеро, код Божичког канала, Извор, Доње Тламино) до 2,36 mgN/l (Краснодолски поток, испод старе флотације рудника Грот) (табеле 1.3.1 и 1.3.2). Више концентрације нитрата су измерене и у узорцима Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 и 2 (1,96 mgN/l и 2,20 mgN/l) и Црна река, после улива Краснодолског потока (1,79 mgN/l) (табела 1.3.1 и слика 1.3.3).



Слика 1.3.3. Концентрације нитрата у испитиваним узорцима вода (МДК прописана Уредбом Републике Србије, Сл. гл РС бр. 50/2012, зависи од типа водног тела)

Сулфати: Измерене вредности концентрација сулфата у испитиваним узорцима вода биле су у широком опсегу од 6,13 mg/l у узорку Власинско језеро, код Божичког канала, до јако високих вредности 701 mg/l и 813 mg/l у узорцима Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 и 2 (табеле 1.3.1 и 1.3.2). Повишене вредности концентрација сулфата забележене су и у узорцима Краснодолски поток, испод старе флотације рудника Грот (170 mg/l), Безимени поток Караманичке реке, узводно од флотације рудника Подвирови (155 mg/l), Црна река, после улива Краснодолског потока (102 mg/l) и Голема река, Оматица (66,5 mg/l) (табела 1.3.1 и слика 1.3.4).



Слика 1.3.4. Концентрације сулфата у испитиваним узорцима вода

1.4. *Анализа резултата мерења у односу на прописане граничне вредности*

Резултати анализа узорака површинских вода су упоређени са граничним вредностима прописаним за површинске воде

- *Уредбом о граничним вредностима приоритетних и приоритетних хазардних супстанци које загађују површинске воде и роковима за њихово достизање (Сл. гласник РС бр. 24/2014),*
- *Уредбом о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање (Службени гласник РС бр. 50/2012) (узимајући у обзир типове и припадајућа водна тела према Правилнику о утврђивању водних тела површинских и подземних вода, Службени гласник РС бр. 96/2010 и Правилнику о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода Службени гласник РС бр. 74/2011),*
- *Директивом Савета Европске Уније (Directive 2013/39/EU of the European Parliament and of the Council of 12 August 2013 amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy, Off. J. Eur. Union, L226 (2013),*

а такође су упоређени и са граничним вредностима за воду за пиће прописаним

- *Правилником о хигијенској исправности воде за пиће (Службени лист СРЈ, бр. 42/98 и 44/99 и Службени гласник РС, бр. 28/2019),*
- *Директивом Савета Европске Уније (Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption, Off. J. Eur. Union, L 435 (2020)), и које су препоручене од стране Светске здравствене организације (Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum, World Health Organization, Geneva (2017)).*

Граничне вредности вредности прописане наведеним нормама приказане су у табелама 1.4.1 и 1.4.2 и на сликама у поглављима 1.2 и 1.3.

Табела 1.4.1. Граничне вредности параметара у површинским водама и води за пиће регулисане нашим и иностраним нормама

	ПРИРОДНЕ ВОДЕ							ВОДА ЗА ПИЋЕ				
	PC ⁽¹⁾		PC ⁽²⁾				EY ⁽³⁾		PC ⁽⁴⁾	CZO ⁽⁵⁾	EY ⁽⁶⁾	
	MDK ⁽⁷⁾	PGK ⁽⁸⁾	I ⁽²⁾	II ⁽²⁾	III ⁽²⁾	IV ⁽²⁾	V ⁽²⁾	копн.површ. воде				
	MDK ⁽⁷⁾	PGK ⁽⁸⁾		ГВ ⁽⁹⁾				MDK ⁽⁷⁾	PGK ⁽⁸⁾	MDK ⁽⁷⁾	ГВ ⁽⁹⁾	MDK ⁽⁷⁾
Ca (mg/l)										200,0		
Fe (µg/l)			200	500	1000	2000	>2000			300		200
K (mg/l)										12		
Mg (mg l)										50		
Na (mg/l)										200,0		200
B (µg/l)			300 (или ПН ⁽¹¹⁾)	1000	1000	2500	>2500			1000	2400	1500
Al (µg/l)										200		200
Ba (µg/l)										700	1300	
Cr (µg/l)			25 (или ПН ⁽¹¹⁾)	50	100	250	>250			50	50	50
Mn (µg/l)			50	100	300	1000	>1000			50		50
Ni (µg/l)	34	4 ⁽¹²⁾						34	4 ⁽¹²⁾	20	70	20
Cu (µg/l)			5 (T=10) ⁽¹⁰⁾ 22 (T=50) 40 (T=100) 112 (T=300)	5 (T=10) ⁽¹⁰⁾ 22 (T=50) 40 (T=100) 112 (T=300)	500	1000	>1000			2000	2000	2000
Zn (µg/l)			30 (T=10) ⁽¹⁰⁾ 200 (T=50) 300 (T=100) 500 (T=500)	300 (T=10) ⁽¹⁰⁾ 700 (T=50) 1000 (T=100) 2000 (T=500)	2000	5000	>5000			3000	3000	
As (µg/l)			<5 (или ПН ⁽¹¹⁾)	10	50	100	>100			10	10	10
Se (µg/l)										10	40	20
Mo (µg/ l)										70		
Cd (µg/ l)	<0,45(T<40) ⁽¹⁰⁾ 0,45(T=40-50) 0,6(T=50-100) 0,9(T=100-200) 1,5(T≥200)	<0,08(T<40) ⁽¹⁰⁾ 0,08(T=40-50) 0,09(T=50-100) 0,15(T=100-200) 0,25 (T≥200)						<0,45 (T<40) ⁽¹⁰⁾ 0,45 (T=40-50) 0,6 (T=50-100) 0,9 (T=100-200) 1,5 (T≥200)	<0,08 (T<40) ⁽¹⁰⁾ 0,08 (T=40-50) 0,09 (T=50-100) 0,15 (T=100-200) 0,25 (T≥200)	3	3	5
Pb (µg/l)	14	1,2 ⁽¹²⁾						14	1,2 ⁽¹²⁾	10	10	10
U (µg/l)											30	30
F ⁻ (mg/l)										1,2	1,5	1,5
Cl ⁻ (mg/l)			50 (или ПН ⁽¹¹⁾)	100	150	250	>250			250		250
NO ₃ ⁻ (mgN/l)			1,0-1,5 ⁽¹⁴⁾	3,0 ⁽¹⁴⁾	6	15	>15			50,0 ⁽¹³⁾	50 ⁽¹³⁾	50 ⁽¹³⁾
PO ₄ ³⁻ (mgP/l)			0,02 ⁽¹⁴⁾	0,10 ⁽¹⁴⁾	0,2	0,5	>0,5					
SO ₄ ²⁻ (mg/l)			50 (или ПН ⁽¹¹⁾)	100	200	300	>300			250		250

(1) Уредба о граничним вредностима приоритетних и приоритетних хазардних супстанци које загађују површинске воде и роковима за њихово достизање, Службени гласник РС, бр. 24/2014

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

Класа I - Опис класе одговара одличном еколошком статусу према класификацији датој у правилнику којим се прописују параметри еколошког и хемијског статуса за површинске воде. Површинске воде које припадају овој класи обезбеђују на основу граничних вредности елемената квалитета услове за функционисање екосистема, живот и заштиту риба (салмонида и ципринида) и могу се користити у следеће сврхе: снабдевање водом за пиће уз претходни третман филтрацијом и дезинфекцијом, купање и рекреацију, наводњавање, индустријску употребу (процесне и расхладне воде).

Класа II - Опис класе одговара добром еколошком статусу према класификацији датој у правилнику којим се прописују параметри еколошког и хемијског статуса за површинске воде. Површинске воде које припадају овој класи обезбеђују на основу граничних вредности елемената квалитета услове за функционисање екосистема, живот и заштиту риба (ципринида) и могу се користити у исте сврхе и под истим условима као и површинске воде које припадају класи I.

Класа III - Опис класе одговара умереном еколошком статусу према класификацији датој у правилнику којим се прописују параметри еколошког и хемијског статуса за површинске воде. Површинске воде које припадају овој класи обезбеђују на основу граничних вредности елемената квалитета услове за живот и заштиту ципринида и могу се користити у следеће сврхе: снабдевање водом за пиће уз претходни третман коагулацијом, флокулацијом, филтрацијом и дезинфекцијом, купање и рекреацију, наводњавање, индустријску употребу (процесне и расхладне воде).

Класа IV - Опис класе одговара слабом еколошком статусу према класификацији датај у правилнику којим се прописују параметри еколошког и хемијског статуса за површинске воде. Површинске воде које припадају овој класи на основу граничних вредности елемената квалитета могу се користити у следеће сврхе: снабдевање водом за пиће уз примену комбинације претходно наведених третмана и унапређених метода третмана, наводњавање, индустријску употребу (процесне и расхладне воде).

Класа V - Опис класе одговара лошем еколошком статусу према класификацији датај у правилнику којим се прописују параметри еколошког и хемијског статуса за површинске воде. Површинске воде које припадају овој класи не могу се користити ни у једну сврху.

- (3) Directive 2013/39/EU of the European Parliament and of the Council of 12 August 2013 amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy, Off. J. Eur. Union, L226 (2013).
- (4) Правилник о хигијенској исправности воде за пиће, Службени лист СРЈ, бр. 42/98 и 44/99 и Службени гласник РС, бр. 28/2019.
- (5) Светска здравствена организација (СЗО), Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum, World Health Organization, Geneva (2017).
- (6) Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption, Off. J. Eur. Union, L 435 (2020).
- (7) МДК – максимално дозвољена концентрација
- (8) ПГК – просечна годишња концентрација
- (9) ГВ – гранична вредност
- (10) Т - тврдоћа воде (mg/l CaCO₃)
- (11) ПН - природни ниво
- (12) Ове вредности за стандард квалитета животне средине указују на концентрације супстанце које су биодоступне
- (13) Наведене вредности се односе на mg/l NO₃⁻, што износи 11,3 mgN/l
- (14) Гранична вредност зависи од типа површинске воде

Табела 1.4.2. Примена граничних вредности приоритетних и приоритетних хазардних супстанци прописаних *Уредбом Републике Србије (Службени гласник РС бр. 24/2014)* за утврђивање класе површинске воде дефинисане *Уредбом Републике Србије (Службени гласник РС бр. 50/2012)*

Класа	Садржај приоритетних и приоритетних хазардних супстанци у површинским водама
Класа I	У току годишњег испитивања измерена вредност не сме да прекорачи просечну годишњу концентрацију (ПГК)
Класа II	Измерена вредност је ≤ПГК
Класа III и класа IV	Измерена вредност је >ПГК и ≤МДК
Класа V	Измерена вредност је >МДК

За метале чије су концентрације мерене у узорцима вода (никал, кадмијум и олово) (табела 1.2.1), а за које су прописане граничне вредности *Уредбом Републике Србије (Службени гласник РС бр. 24/2014)* и *Директивом Савета Европске Уније (Directive 2013/39/EU)* за приоритетне и приоритетне хазардне супстанце у површинским водама (табела 1.4.1), више вредности од максимално дозвољених концентрација (МДК) су измерене у следећим узорцима испитиваних вода (слике 1.3.13, 1.3.21, 1.3.26), што је приказано и у табели 1.4.3:

- Безимени поток Караманичке реке, узводно од флотације рудника Подвинови (кадмијум – 9,65 µg/l, МДК 0,9 µg/l);
- Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвинови 1 (олово – 2125 µg/l, МДК 14 µg/l);

- Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 2 (олово – 5895 µg/l, МДК 14 µg/l);
- Краснодолски поток, испод од старе флотације рудника Грот (кадмијум – 22,9 µg/l, МДК 0,9 µg/l и олово - 186 µg/l, МДК 14 µg/l);
- Црна река, после улива Краснодолског потока (кадмијум – 13,1 µg/l, МДК 0,9 µg/l и олово - 132 µg/l, МДК 14 µg/l);
- Љубатска река, пре водозахвата за Лисинско језеро (кадмијум – 1,60 µg/l, МДК 0,6 µg/l);
- Лисинско језеро, после бране (кадмијум – 1,23 µg/l, МДК 0,45 µg/l).

Табела 1.4.3. Узорци испитиваних вода и метали (обележени црвеном бојом) за које су прекорачене МДК прописане *Уредбом Републике Србије (Службени гласник РС бр. 24/2014)* и *Директивом Савета Европске Уније (Directive 2013/39/EU)*

Узорак	Cd	Pb
Безимени поток Караманичке реке, узводно од флотације рудника Подвирови		
Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1		
Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 2		
Краснодолски поток, испод од старе флотације рудника Грот		
Црна река, после улива Краснодолског потока		
Љубатска река, пре водозахвата за Лисинско језеро		
Лисинско језеро, после бране		

Од параметара за које су граничне вредности за одговарајуће класе квалитета површинских вода прописане *Уредбом Републике Србије (Службени гласник РС, бр. 50/2012)* (табеле 1.4.1 и 1.4.2) у испитиваним узорцима речних вода одређивани су концентрације гвожђа, бора, хрома, мангана, никла, бакра, цинка, арсена, кадмијума и олова, концентрације хлорида и сулфата (показатељи салинитета), и концентрације нитрата и фосфата (показатељи садржаја нутријената) (табеле 1.2.1 и 2.3.1 и слике у поглављима 1.2 и 1.3).

Од испитиваних вода само је квалитет узорка воде Власинско језеро код улива Божичког канала по вредностима свих мерених параметара одговарао класи квалитета површинских вода I, односно води одличног еколошког статуса. Класе квалитета испитиваних површинских вода, представљене римским бројевима I – V (опис класа дат је у фусноти 2 табеле 1.4.1), за параметре дефинисане *Уредбом Републике Србије (Службени гласник РС бр. 50/2012)* су следеће (што је приказано и у табели 1.4.4):

- Безимени поток Караманичке реке, узводно од флотације рудника Подвирови: гвожђе и кадмијум – V, никал и олово – III/IV, манган и сулфати – III, цинк – II;
- Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 и 2: гвожђе, арсен, олово и сулфати – V, нитрати – II;
- Голема река, Оматица: гвожђе – V, кадмијум и олово – III/IV, бакар– III, , манган, арсен и сулфати – II;
- Бранковачка река, пре бране МХЕ Градиште: гвожђе – V;
- Краснодолски поток, испод од старе флотације рудника Грот: гвожђе, кадмијум и олово – V, манган – IV, сулфати– III, и нитрати – II;

- Црна река, пре улива Краснодолског потока: гвожђе – V, кадмијум – III/IV;
- Црна река, после улива Краснодолског потока: гвожђе, кадмијум и олово – V, манган и сулфати – III, цинк и нитрати – II;
- Љубатска река, пре водозахвата за Лисинско језеро: гвожђе и кадмијум – V;
- Лисинско језеро, после бране: гвожђе и кадмијум – V;
- Власинско језеро, код улива Божичког канала: сви испитивани параметри – I;
- Извор, Доње Тламино: арсен – III, гвожђе – II;
- Јерма, између Горње Држине и Комја: гвожђе – III.

Табела 1.4.4. Класе квалитета испитиваних површинских вода по параметрима дефинисаним Уредбом Републике Србије (Службени гласник РС бр. 50/2012) представљене римским бројевима и одговарајућим бојама: I – плаво, II – зелено, III – жуто, IV – наранџасто, V – црвено

Узорак	Fe	B	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻
Безимени поток Караманичке реке, узд. од флот рудн. Подвирови	V	I	I	III	III / IV	I-II	II	I	V	III / IV	I	I	I	III
Безимени поток Караманичке реке, низв. од флот. рудн. Подвирови 1	V	I	I	I	I	I-II	I	V	I	V	I	II	I	V
Безимени поток Караманичке реке, низв. од флот. руд. Подвирови 2	V	I	I	I	I	I-II	I	V	I	V	I	II	I	V
Голема река, Оматица	V	I	I	II	I	III	I	II	III / IV	III / IV	I	I	I	II
Бранковачка река, пре бране МХЕ Градиште	V	I	I	I	I	I-II	I	I	I	I	I	I	I	I
Краснодолски поток, испод старе флот. рудн. Грот	V	I	I	IV	I	I-II	II	I	V	V	I	II	I	III
Црна река, пре улива Краснодолског потока	V	I	I	I	I	I-II	I	I	III / IV	I	I	I	I	I
Црна река, после улива Краснодолског потока	V	I	I	III	I	I-II	II		V	V	I	II	I	III
Љубатска река, пре водозахв. за Лисинско језеро	V	I	I	I	I	I-II	I	I	V	I	I	I	I	I
Лисинско језеро, после бране	V	I	I	I	I	I-II	I	I	V	I	I	I	I	I
Власинско језеро, код улива Божичког канала	I	I	I	I	I	I-II	I	I	I	I	I	I	I	I
Извор, Доње Тламино	II	I	I	I	I	I-II	I	III	I	I	I	I	I	I
Јерма, између Горње Држине и Комја	III	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

Остали параметри испитиваних узорака вода по својим вредностима одговарају класи квалитета површинских вода I, односно за бакар, у складу са класификацијом датај у *Уредби Републике Србије (Службени гласник РС бр. 50/2012)*, класи квалитета површинских вода I-II.

Од параметара за које су граничне вредности за воду за пиће прописане *Правилником Републике Србије (Службени лист СРЈ, бр. 42/98 и 44/99 и Службени гласник РС, бр. 28/2019)*, *Директивом Савета Европске Уније (DIRECTIVE (EU) 2020/2184)*, и које су препоручене од стране *Светске здравствене организације (WHO, 2017)* (табела 2.4.1) у испитиваним узорцима површинских вода одређивани су концентрације калцијума, гвожђа, калијума, магнезијума, натријума, бора, алуминијума, хрома, мангана, никла, бакра, цинка, арсена, селена, молибдена, кадмијума, баријума, олова, уранијума, флуорида, хлорида, сулфата и нитрата (табеле 1.2.1 и 2.3.1).

Поређење измерених вредности параметара са граничним вредностима за воду за пиће (табеле 1.2.1, 2.3.1, 2.4.1 и слике у поглављима 1.2 и 1.3) показује да су измерене концентрације биле више од максимално дозвољене концентрације (МДК) у узорцима (табела 1.4.5):

- Безимени поток Караманичке реке, узводно од флотације рудника Подвирови (гвожђе, манган и кадмијум);
- Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1 и 2 (калцијум, гвожђе, калијум, сулфати, арсен, олово);
- Голема река, Оматца (гвожђе, манган);
- Бранковачка река, пре бране МХЕ Градиште (гвожђе);
- Краснодолски поток, испод од старе флотације рудника Грот (гвожђе, манган, кадмијум и олово);
- Црна река, пре улива Краснодолског потока (гвожђе);
- Црна река, после улива Краснодолског потока (гвожђе, манган, кадмијум и олово);
- Љубатска река, пре водозавата за Лисинско језеро (гвожђе и кадмијум);
- Лисинско језеро, после бране (гвожђе и кадмијум);
- Извор, Доње Гламино (арсен);
- Јерма, између Горње Држине и Комја (гвожђе).

Табела 1.4.5. Узорци испитиваних вода и параметри (обележени црвеном бојом) за које су прекорачене граничне вредности за воду за пиће

Узорак	Ca	Fe	K	Mn	As	Cd	Pb	SO ₄ ²⁻
Безимени поток Караманичке реке, узводно од флотације рудника Подвирови								
Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 1								
Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови 2								
Голема река, Оматица								
Бранковачка река, пре бране МХЕ Градиште								
Краснодолски поток, испод од старе флотације рудника Грот								
Црна река, пре улива Краснодолског потока								
Црна река, после улива Краснодолског потока								
Љубатска река, пре водозахвата за Лисинско језеро								
Лисинско језеро, после бране								
Власинско језеро, код улива Божичког канала								
Извор, Доње Тламино								
Јерма, између Горње Држине и Комја								

2. Испитивање садржаја елемената у узорцима речног седимента и земље

Др Драгана Ђорђевић, научни саветник

Др Сања Сакан, научни саветник

Игор Кодранов, мастер хемије

2.1. Материјал и методе

У августу 2020. године узети су узорци седимента из следећих река: Безимени поток, Голема река, Бранковачка река, Краснодолски поток, Црна река и Љубатска река, и два језера, Лисинског и Власинског. На локалитету Безимени поток Караманичке реке, низводно од флотације рудника Подвирови није било могуће узети узорке речног седимента из техничких разлога (замућеност воде је онемогућила видљивост дна у средишњем делу реке), па су узета два узорка акумулираног наноса седимента из воде на левој, односно десној обали. Узета су и два узорка земљишта. Један узорак земљишта је узет у Босилеграду (двориште), а други узорак је узет у близини Големе реке (Оматица). Поред узорака седимента из река и језера и земљишта, узет је и један узорак са јаловишта рудника Подвирови, као и узорак чврстог акумулираног наноса на биљци из Безименог потока. Локалитети на којима су узети узорци седимента и земљишта су приказани на Слици и у Табели са локалитетима на којима су узети узорци вода.

Узорци седимента и земљишта су узети пластичном лопатицом (Ђорђевић и др. 2021; Patel и др. 2018; Сакан и др. 2007). Пластичне лопатице се користе за прикупљање узорака седимента из плитких вода (Kemble и др. 1997), а такође и да би се избегла контаминација металима (Patel и др. 2018). Након узорковања, седимент је пакован у полиетиленске бочице и транспортован у лабораторију. У процесу припреме за анализу, из узорака су уклоњени каменчићи и биљни остаци и талог је хомогенизован мешањем узорка помоћу пластичне кашике у лабораторији. Узорци су пре анализе сушени 8 дана на ваздуху (Jamali и др. 2009).

Узорци седимента и земљишта су анализирани применом методе секвенцијалне екстракције. У оквиру ових истраживања је примењена стандардна БЦР (BCR) метода секвенцијалног фракционисања (Ure, A.M. и др. 1992). Стандардном методом су дефинисане следеће фракције, односно фазе:

Прва фаза – екстракција са сирћетном киселином – ослобађају се елементи слабо адсорбовани на површини честица речног седимента у узорку, елементи који учествују у јонизмењивачке процесе и елементи везани за карбонате; ова фаза је од посебног значаја јер представља мобилну и биодоступну фракцију елемената на датом локалитету.

Друга фаза – екстракција са хидроксиламин-хидрохлоридом – како би се мобилисала лако или умерена редуцибилна фракција (асоцирана са супстратима гвожђе и мангановим оксидима).

Трећа фаза – дигестија са водоник пероксидом уз додатак амонијум ацетата – издваја елементе везане за органски и сулфидни део.

Стандардној БЦР методи која садржи 3 фазе често се додаје још једна фаза:

Четврта (псеудо укупна) фаза – *aqua regia* дигестија (царска вода) – у циљу растварања свих оксида, хидроксида и других минерала сем силиката. Ова фаза је додата као завршна фаза на стандардну BCR методу (развијена и стандардизована за прве три фазе) у циљу одређивања укупног садржаја испитиваних метала у речном седименту и у земљишту.

Садржај испитиваних елемената, у екстрактима сваке од фазе секвенцијалне екстракције, одређен је помоћу индуктивно спрегнуте плазме применом ICP-OES iCAP-6500 Duo (Thermo Scientific, United Kingdom) и ICP-MS Thermo Scientific iCAPQ (Thermo Scientific, UK) лабораторијским техникама.

Укупан садржај испитиваних елемената, екстрахован из земљишта и седимената на испитиваном локалитету, који представља збир садржаја из три BCR фазе и четврте *aqua regia* фазе, је упоређен са граничним и ремедијационим вредностима прописаним Уредбом о граничним вредностима загађујућих, штетних и опасних материја у земљишту* ("Сл. Гласник РС", број 30/2018 и 64/2019) и Уредбом о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање (Службени гласник РС бр. 50/2012). Граничне вредности за садржај елемената у седименту се односе на стандардни седимент са 25% глине и 10% органске материје.

2.2. Резултати

У следећим табелама приказани су резултати садржаја испитиваних елемената по фракцијама секвенцијалне екстракције – I, II, III које репрезентују прве три BCR фазе и IV (*aqua regia*) фазе добијене разарањем остатка узорка царском водом, као и укупан садржај (збир наведене 4 фазе који искључује присуство елемената у облику силиката а који није од значаја за екохемијске процесе).

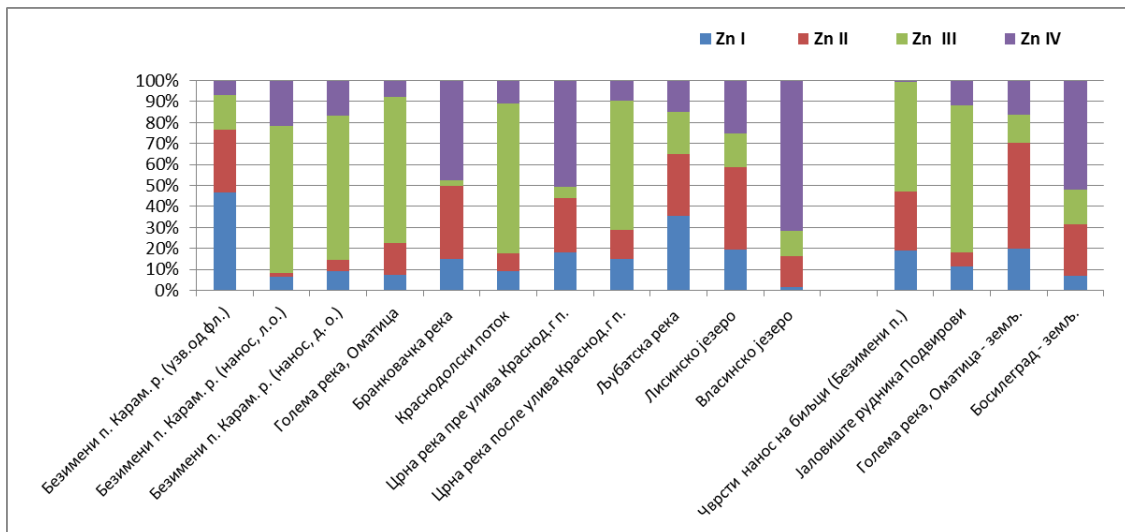
На графицима су приказани процентуални садржаји за сваки од испитиваних елемената добијеним у свим фазама BCR секвенцијалне екстракције, за сваки локалитет.

Наглашебне вредности (Bold) су оне које прекорачују МДК (максимално дозвољене концентрације) односно вредности изнад којих мора да се ради ремедијација (РВ).

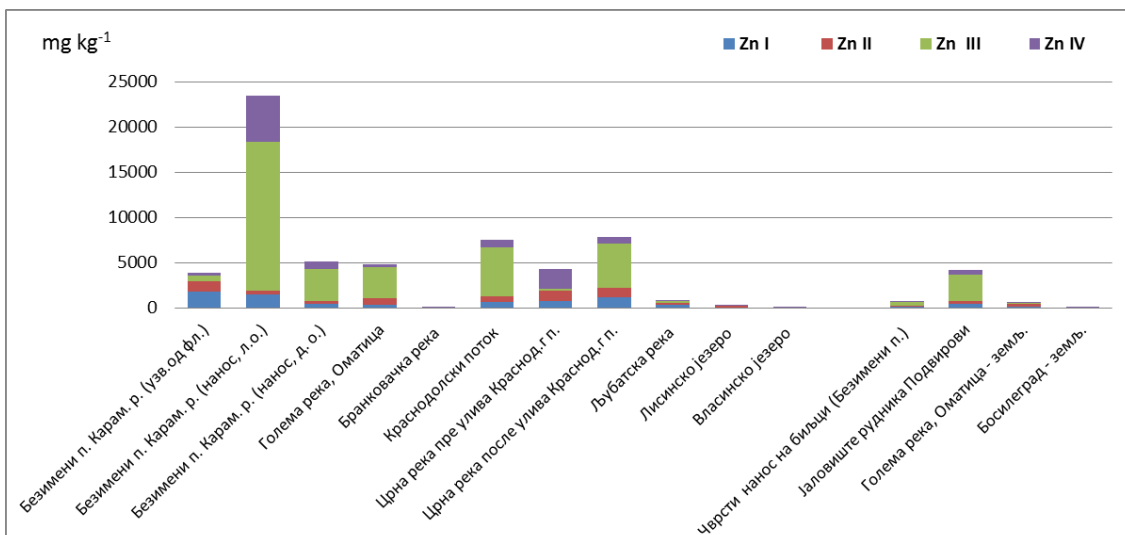
Табела 2.1. Садржај Zn у узорцима седимента и земљишта по фазама секвенцијалне екстракције [mgkg⁻¹]

Седимент	Zn I	Zn II	Zn III	Zn IV	Zn (Σ) ^a	МДК ^b	РВ ^c
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	1797	1162	642	258	3860	430	720
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	1536	425	16427	5111	23498	430	720
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	476	282	3566	868	5192	430	720
Голема река, Оматика	354	747	3410	381	4894	430	720
Бранковачка река	22,8	53,1	4,31	72,54	153	430	720
Краснодолски поток	692	653	5378	830	7554	430	720
Црна река пре улива Краснодолског потока	771	1114	224	2179	4287	430	720
Црна река после улива Краснодолског потока	1171	1097	4872	752	7892	430	720
Љубатска река	327	270	185	136	918	430	720
Лисинско језеро	75,3	150	61,3	97,1	384	430	720
Власинско језеро	1,18	11,03	9,00	53,1	74,3	430	720
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос						ГМВ ^d	РВ ^e
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	125	185	345	5,44	659	/	/
Јаловиште рудника Подвирови	481	283	2967	491	4222	/	/
Голема река, Оматика - земљиште	127	317	87	102	633	140	720
Босилеград - земљиште	6,85	25,23	16,64	52,8	102	140	720

^a сума екстрахованог Zn у 1, 2, 3 и 4 фази; ^b Максимално дозвољена концентрација; ^c Ремедијациона вредност (седимент); ^d Гранична максимална вредност; ^e Ремедијациона вредност (земљиште);



Слика 2.1. Процентуална расподела садржаја Zn по фазама екстракције.

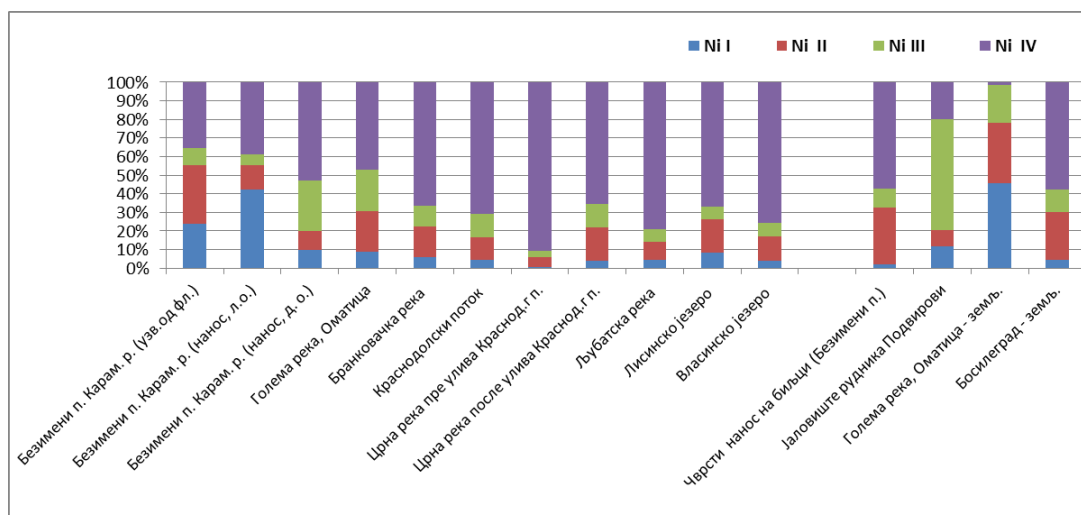


Слика 2.2. Садржај Zn по фазама екстракције.

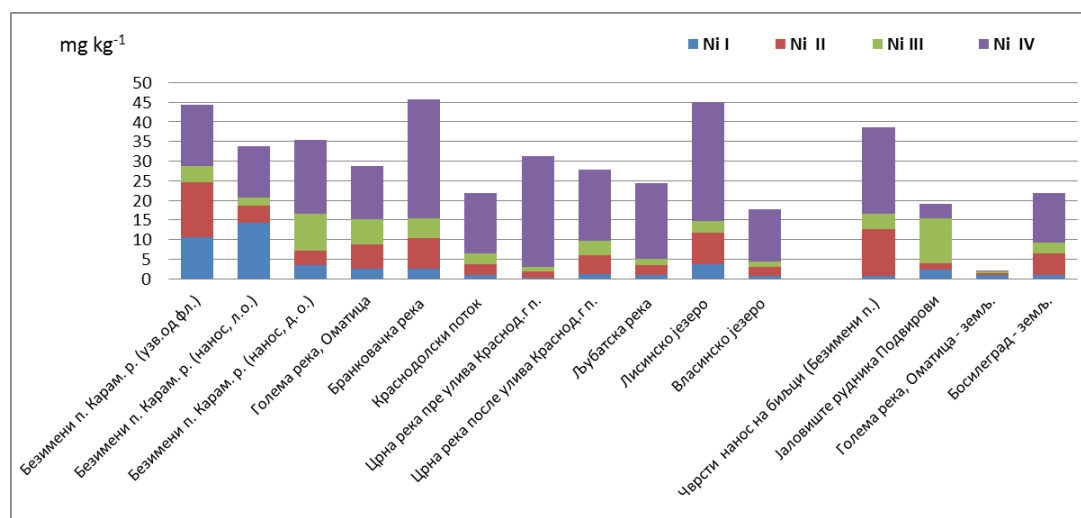
Табела 2.2. Садржај Ni у седимента и земљишта по фазама секвенцијалне екстракције [mg kg⁻¹]

Седимент	Ni I	Ni II	Ni III	Ni IV	Ni (Σ) ^a	МДК ^b	РВ ^b
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	10,7	13,9	4,11	15,7	44,4	44	210
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	14,3	4,35	2,03	13,0	33,7	44	210
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	3,46	3,65	9,56	18,8	35,5	44	210
Голема река, Оматича	2,52	6,25	6,51	13,4	28,7	44	210
Бранковачка река	2,66	7,68	5,01	30,5	45,8	44	210
Краснодолски поток	1,00	2,65	2,73	15,5	21,9	44	210
Црна река пре улива Краснодолског потока	0,18	1,71	1,05	28,4	31,3	44	210
Црна река после улива Краснодолског потока	1,10	4,98	3,56	18,3	27,9	44	210
Љубатска река	1,06	2,44	1,66	19,3	24,5	44	210
Лисинско језеро	3,80	7,99	3,04	30,3	45,1	44	210
Власинско језеро	0,72	2,30	1,33	13,4	17,7	44	210
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос						ГМВ^г	РВ^г
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	0,71	11,9	3,97	22,1	38,7	/	/
Јаловиште рудника Подвиови	2,30	1,65	11,4	3,85	19,2	/	/
Голема река, Оматича - земљиште	0,86	0,62	0,39	0,03	1,89	35	210
Босилеград - земљиште	0,94	5,65	2,64	12,6	21,9	35	210

^a сума екстрахованог Ni у 1, 2, 3 и 4 фази; ^b Максимално дозвољена концентрација; ^г Ремедијациона вредност (седимент); ^г Гранична максимална вредност; ^г Ремедијациона вредност (земљиште);



Слика 2.3. Процентуална расподела садржаја Ni по фазама екстракције.

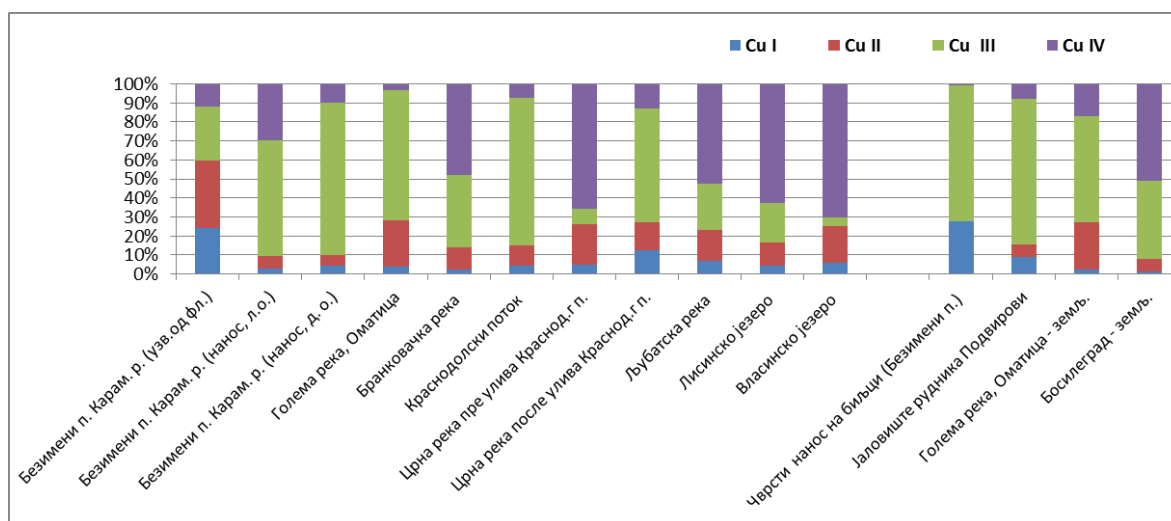


Слика 2.4. Садржај Ni по фазама екстракције.

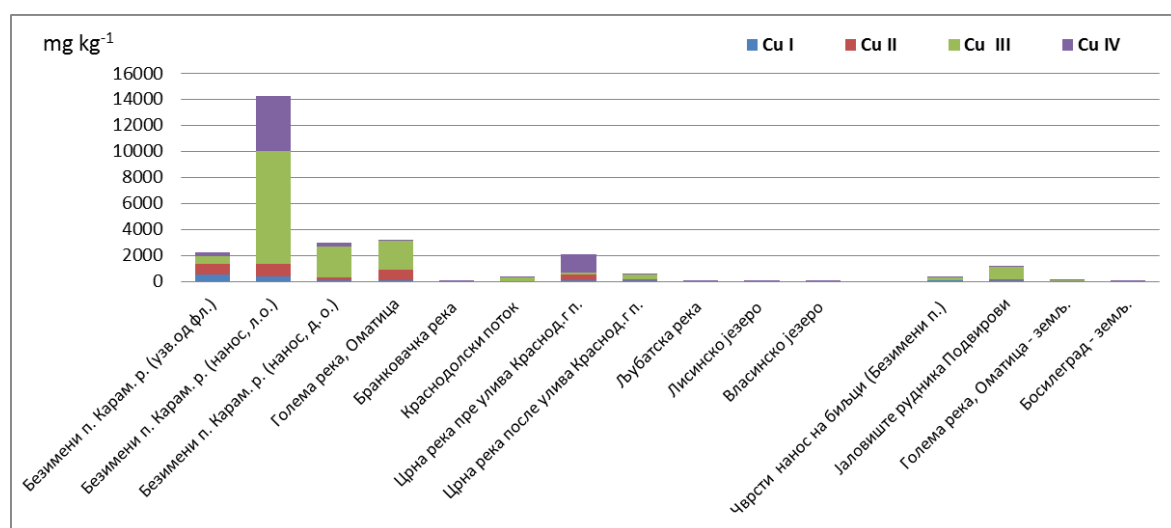
Табела 2.3. Садржај Cu у узорцима земљишта и седимента по фазама секвенцијалне екстракције [mg kg⁻¹]

Седимент	Cu I	Cu II	Cu III	Cu IV	Cu (Σ) ^a	МДК ^b	РВ ^a
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	544	795	640	271	2250	110	190
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	415	933	8685	4268	14300	110	190
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	128	177	2401	298	3004	110	190
Голема река, Оматица	125	786	2214	98	3224	110	190
Бранковачка река	1,97	11,1	35,53	44,61	93,2	110	190
Краснодолски поток	16,0	40,2	292,7	28,1	377	110	190
Црна река пре улива Краснодолског потока	99,9	455	180	1397	2132	110	190
Црна река после улива Краснодолског потока	79,5	93,2	381,5	80,9	635	110	190
Љубатска река	3,18	7,06	10,89	23,59	44,7	110	190
Лисинско језеро	2,03	5,54	9,26	28,46	45,3	110	190
Власинско језеро	1,29	4,04	0,98	14,93	21,2	110	190
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос						ГМВ^г	РВ^а
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	92,0	<гд ^б	236	1,95	330	/	/
Јаловиште рудника Подвирови	108	83,1	936	98,9	1226	/	/
Голема река, Оматица - земљиште	3,48	33,6	77,3	23,3	138	36	190
Босилеград - земљиште	0,45	1,94	12,8	15,7	31,0	36	190

^a сума екстрахованог Cu у 1, 2, 3 и 4 фази; ^b Максимално дозвољена концентрација; ^в Ремедијациона вредност (седимент); Гранична максимална вредност; ^а Ремедијациона вредност (земљиште); ^б <гд (гд = 0,61 μg/L)



Слика 2.5. Процентуална расподела садржаја Cu по фазама екстракције.

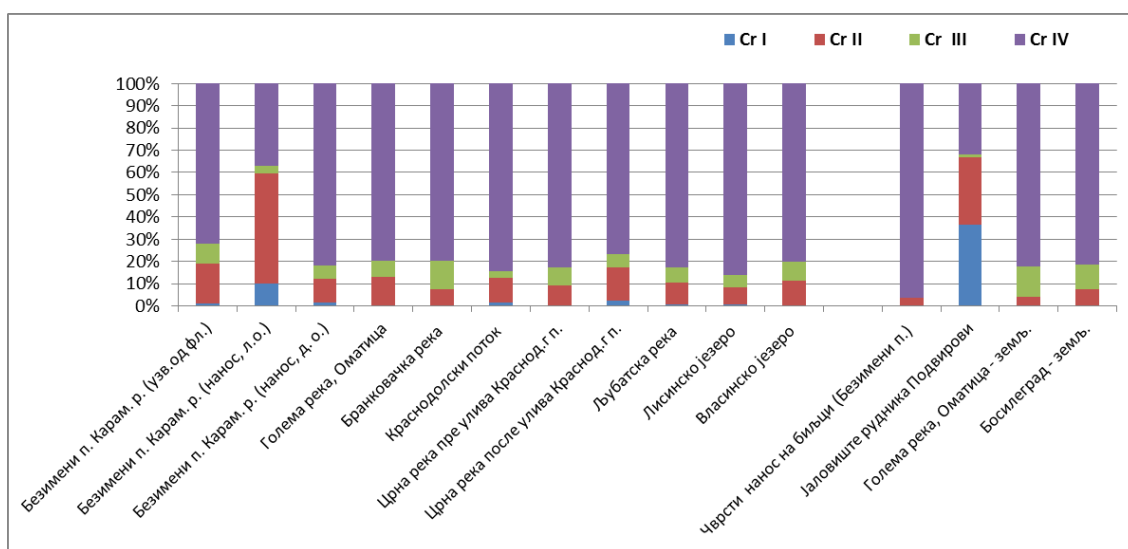


Слика 2.6. Садржај Cu по фазама екстракције.

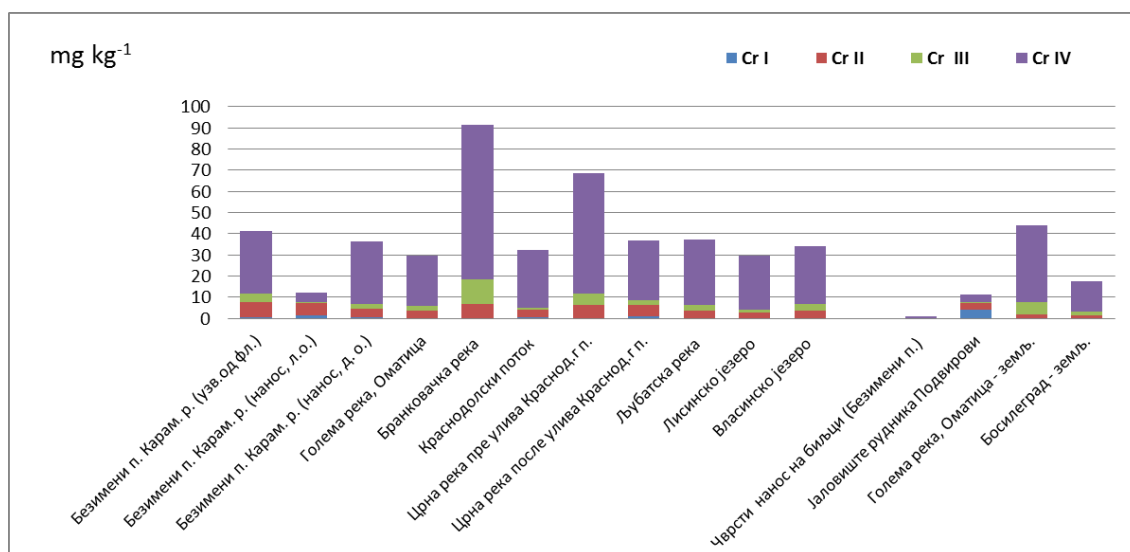
Табела 2.4. Садржај Cr у узорцима земљишта и седимента по фазама секвенцијалне екстракције [mg kg⁻¹]

Седимент	Cr I	Cr II	Cr III	Cr IV	Cr (Σ) ^a	МДК ^b	РВ ^a
Безимени поток Караманичке р. (уводно од флотације)	0,378	7,46	3,80	29,7	41,4	240	380
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	1,24	5,98	0,42	4,46	12,1	240	380
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	0,496	3,86	2,27	29,8	36,4	240	380
Голема река, Оматича	0,013	3,78	2,27	23,5	29,6	240	380
Бранковачка река	0,107	6,53	11,9	72,9	91,5	240	380
Краснодолски поток	0,547	3,58	1,00	27,4	32,5	240	380
Црна река пре улива Краснодолског потока	0,271	6,06	5,40	56,9	68,7	240	380
Црна река после улива Краснодолског потока	0,794	5,60	2,08	28,3	36,7	240	380
Љубатска река	0,171	3,63	2,67	30,6	37,0	240	380
Лисинско језеро	0,126	2,41	1,61	25,7	29,8	240	380
Власинско језеро	0,141	3,70	2,99	27,3	34,2	240	380
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос						ГМВ^г	РВ^д
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	<гд ^б	0,03	<гд	0,7	0,7	/	/
Јаловиште рудника Подвинови	4,079	3,37	0,12	3,5	11,1	/	/
Голема река, Оматича - земљиште	0,039	1,79	5,96	36,3	44,0	100	380
Босилеград - земљиште	0,012	1,30	1,96	14,4	17,7	100	380

^a сума екстрахованог Cr у 1, 2, 3 и 4 фази; ^b Максимално дозвољена концентрација; ^г Ремедијациона вредност (седимент); Гранична максимална вредност; ^д Ремедијациона вредност (земљиште); ^б <гд (гд = 0,41 µg/L);



Слика 2.7. Процентуална расподела садржаја Cr по фазама екстракције.

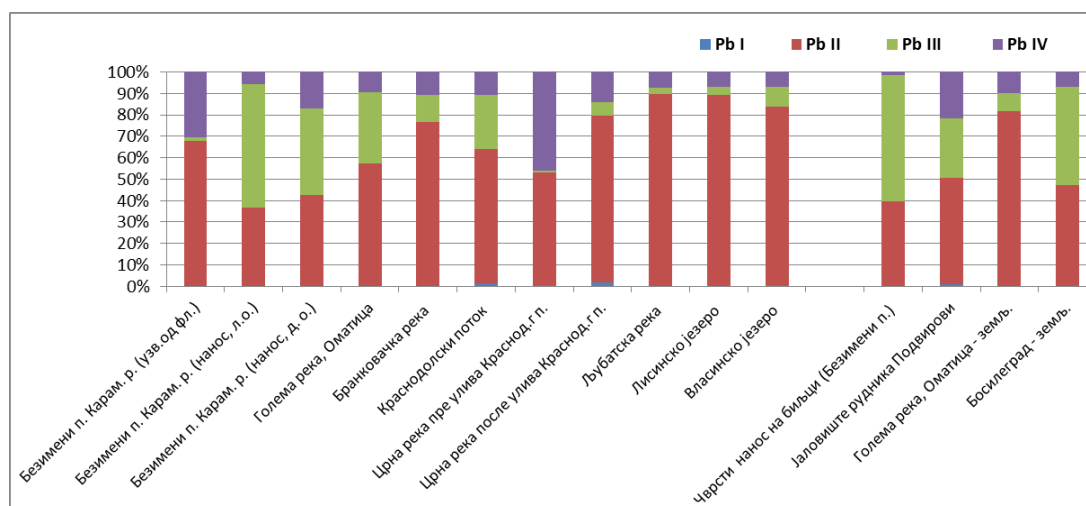


Слика 2.8. Садржај Cr по фазама екстракције.

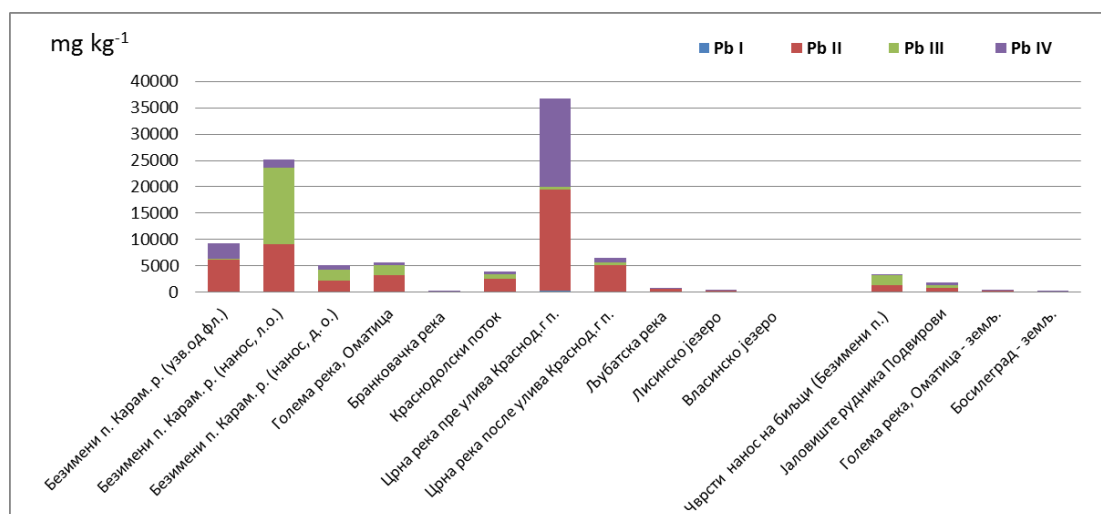
Табела 2.5. Садржај Рb у узорцима седимента и земљишта по фазама секвенцијалне екстракције [mg kg⁻¹]

Седимент	Pb I	Pb II	Pb III	Pb IV	Pb (Σ) ^a	МДК ^b	РВ ^a
Безимени поток Караманичке р. (узнодно од флотације)	8,17	6236	152	2833	9230	310	530
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	38,7	9164	14432	1478	25113	310	530
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	14,9	2149	2067	870	5101	310	530
Голема река, Оматика	10,1	3196	1858	535	5600	310	530
Бранковачка река	0,15	114	18,90	16,05	149	310	530
Краснодолски поток	52,0	2444	975	420	3892	310	530
Црна река пре улива Краснодолског потока	269	19263	386	16871	36790	310	530
Црна река после улива Краснодолског потока	124	5104	434	915	6576	310	530
Љубатска река	2,31	651	20,5	54,2	728	310	530
Лисинско језеро	0,42	357	15,8	27,6	401	310	530
Власинско језеро	0,08	12,9	1,46	1,07	15	310	530
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос						ГМВ^г	РВ^д
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	5,54	1293	1927	48,3	3274	/	/
Јаловиште рудника Подвирови	19,1	895	501	395	1811	/	/
Голема река, Оматика - земљиште	0,08	347	34,99	42,73	425	85	530
Босилеград - земљиште	0,05	38,5	37,3	5,6	81,4	85	530

^a сума екстрахованог Рb у 1, 2, 3 и 4 фази; ^b Максимално дозвољена концентрација; ^г Ремедијациона вредност (седимент);
Гранична максимална вредност; ^д Ремедијациона вредност (земљиште); ^h <гд (гд = 1,5*10⁻⁴ µg/L);



Слика 2.9. Процентуална расподела садржаја Рb по фазама екстракције.



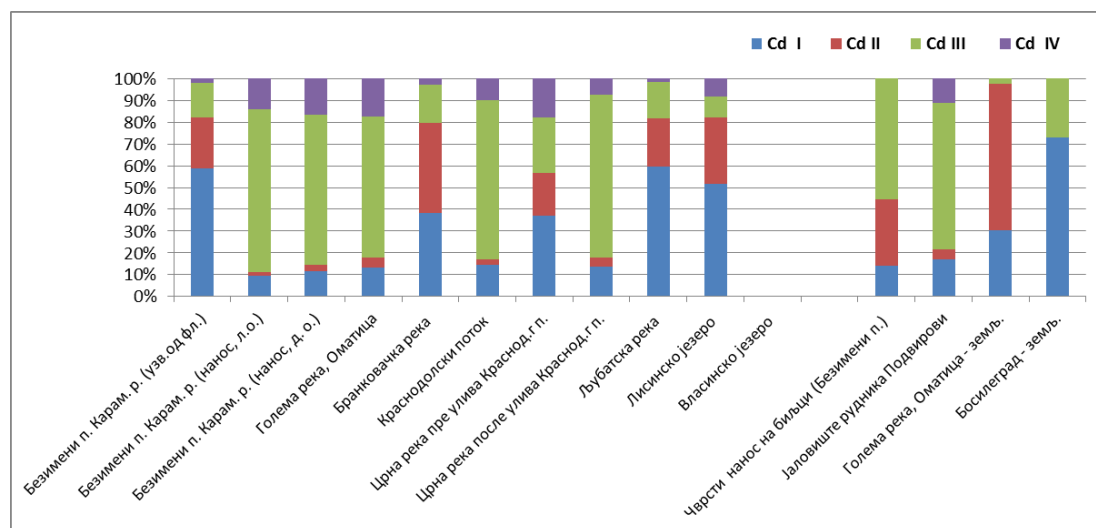
Слика 2.10. Садржај Рb по фазама екстракције.

Табела 2.6. Садржај Cd у узорцима седимента и земљишта по фазама секвенцијалне екстракције [mg kg^{-1}]

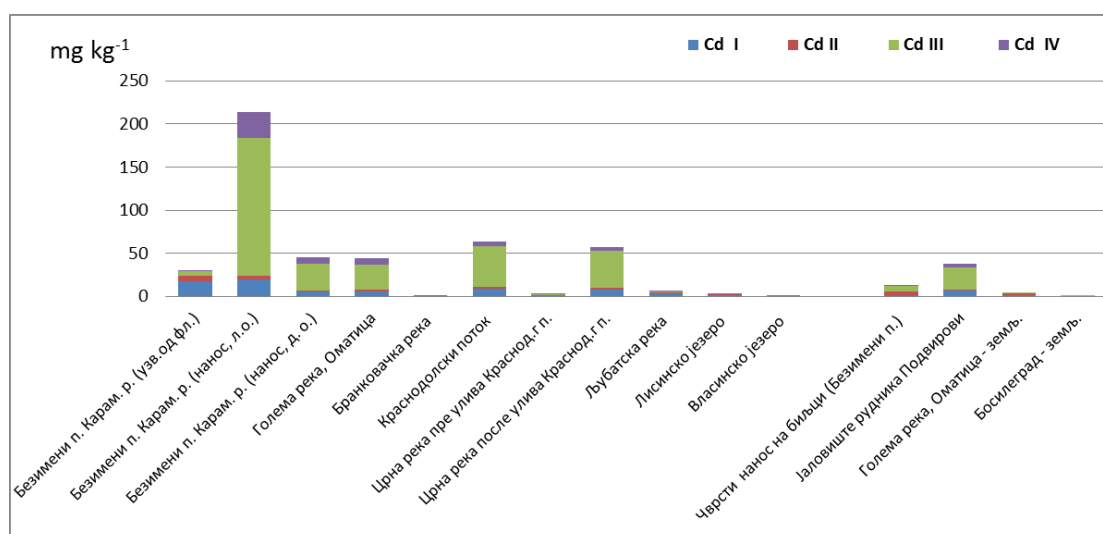
Седимент	Cd I	Cd II	Cd III	Cd IV	Cd (Σ) ^a	МДК ^b	РВ ^b
Безимени поток Караманичке р. (уводно од флотације)	17,5	7,01	4,76	0,56	29,8	6,4	12
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	20,1	3,57	160	30,3	214	6,4	12
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	5,28	1,30	31,3	7,51	45,4	6,4	12
Голема река, Оматича	5,98	1,94	29,0	7,71	44,6	6,4	12
Бранковачка река	0,36	0,38	0,17	0,024	0,93	6,4	12
Краснодолски поток	9,37	1,66	46,9	6,3	64,2	6,4	12
Црна река пре улива Краснодолског потока	1,21	0,64	0,83	0,58	3,26	6,4	12
Црна река после улива Краснодолског потока	7,86	2,32	42,8	4,27	57,3	6,4	12
Љубатска река	3,66	1,36	1,04	0,087	6,14	6,4	12
Лисинско језеро	1,56	0,92	0,29	0,248	3,02	6,4	12
Власинско језеро	0,06	<гд	<гд	<гд	0,06	6,4	12
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос						ГМВ^г	РВ^д
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	1,68	3,66	6,68	0,001	12,03	/	/
Јаловиште рудника Подвирови	6,30	1,77	25,16	4,219	37,45	/	/
Голема река, Оматича - земљиште	1,09	2,40	0,08	<гд	3,57	0,8	12
Босилеград - земљиште	0,10	<гд	0,04	<гд	0,14	0,8	12

^a сума екстрахованог Cd у 1, 2, 3 и 4 фази; ^b Максимално дозвољена концентрација; ^г Ремедијациона вредност (седимент);

Гранична максимална вредност; ^д Ремедијациона вредност (земљиште); ^б <гд (гд = 0,08 $\mu\text{g/L}$);



Слика 2.11. Процентуална расподела садржаја Cd по фазама екстракције.

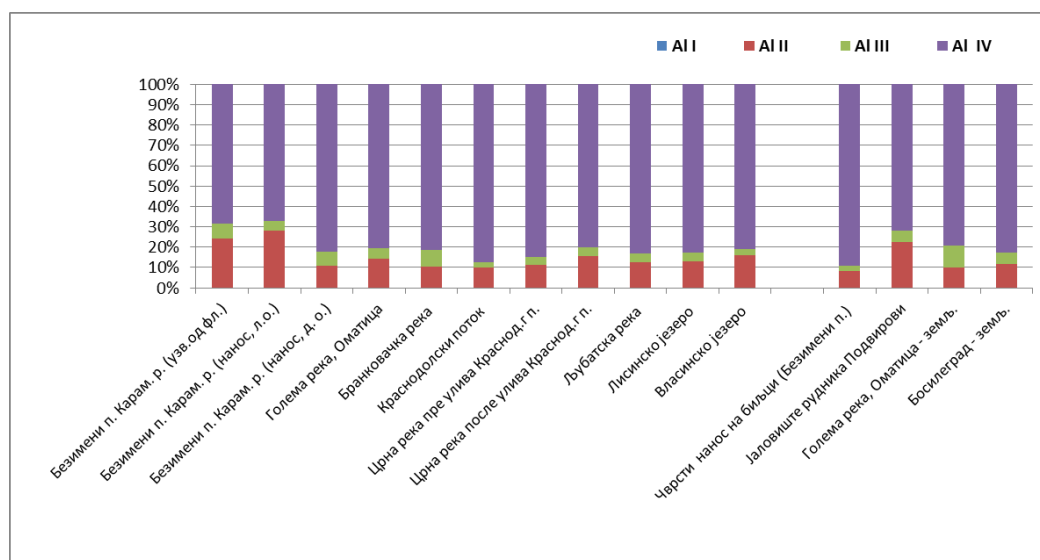


Слика 2.12. Садржај Cd по фазама екстракције.

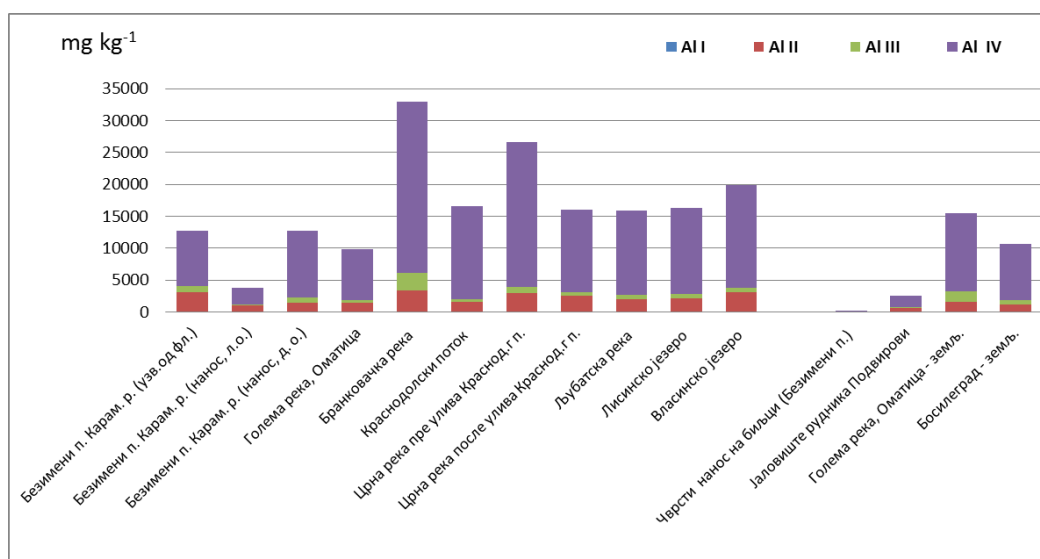
Табела 2.7. Садржај Al у узорцима седимента и земљишта по фазама секвенцијалне екстракције [mg kg⁻¹]

Седимент	Al I	Al II	Al III	Al IV	Al (Σ) ^a
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	2,42	3081	951	8750	12784
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	1,12	1058	177	2519	3755
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	1,26	1404	843	10472	12720
Голема река, Оматица	0,80	1395	529	7951	9877
Бранковачка река	0,32	3444	2666	26900	33011
Краснодолски поток	1,75	1655	403	14485	16545
Црна река пре улива Краснодолског потока	1,99	3008	986	22636	26632
Црна река после улива Краснодолског потока	1,84	2510	658	12849	16018
Љубатска река	0,35	1960	683	13200	15843
Лисинско језеро	0,38	2146	641	13458	16246
Власинско језеро	0,24	3165	649	16049	19863
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос					
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	<гд ^б	10	2,71	108	121
Јаловиште рудника Подвирови	0,98	560	137	1796	2494
Голема река, Оматица - земљиште	0,19	1556	1643	12323	15522
Босилеград - земљиште	0,13	1240	633	8841	10714

^a сума екстрахованог Al у 1, 2, 3 и 4 фази; ^б <гд (гд = 0,43 μg/L);



Слика 2.13. Процентуална расподела садржаја Al по фазама екстракције.

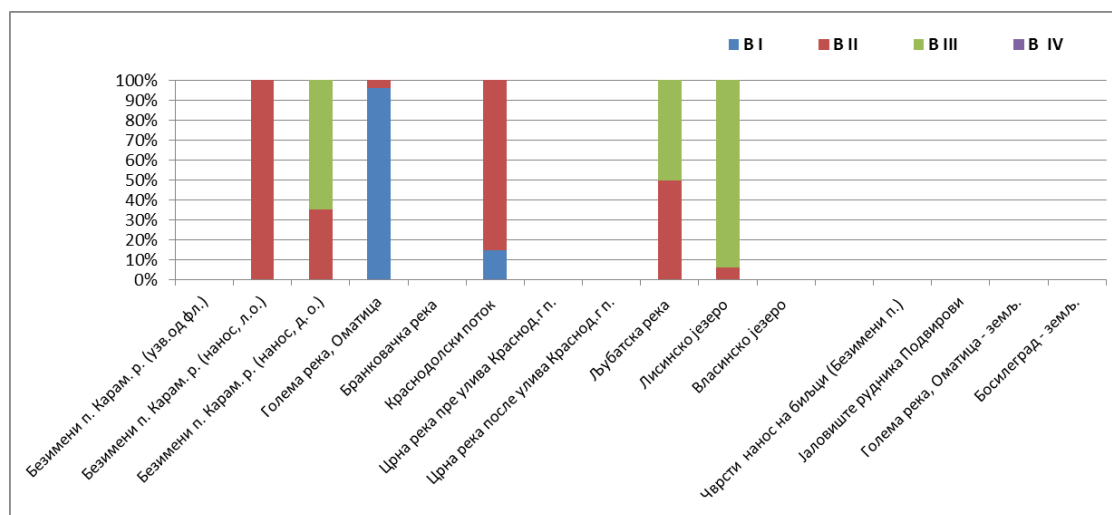


Слика 2.14. Садржај Al по фазама екстракције.

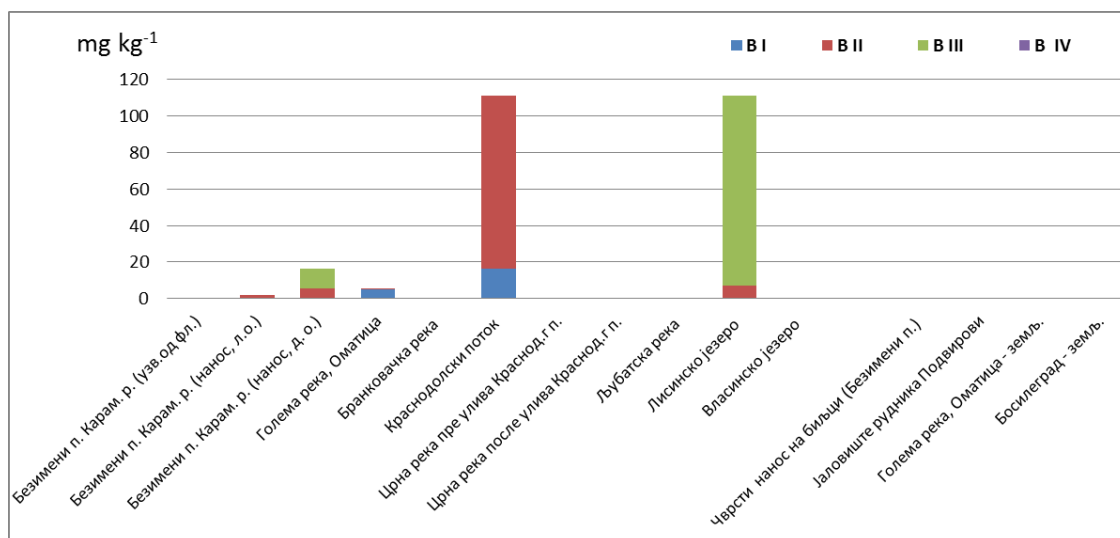
Табела 2.8. Садржај В у узорцима седимента и земљишта по фазама секвенцијалне екстракције [mg kg^{-1}]

Седимент	В I	В II	В III	В IV	В (Σ) ^a
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	<гд ^б	<гд	<гд	<гд	<гд
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	<гд	1,91	<гд	<гд	1,91
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	<гд	5,72	10,5	<гд	16,2
Голема река, Оматича	5,16	0,22	<гд	<гд	5,38
Бранковачка река	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд
Краснодолски поток	16,3	94,8	<гд	<гд	111
Црна река пре улива Краснодолског потока	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд
Црна река после улива Краснодолског потока	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд
Љубатска река	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд
Лисинско језеро	<гд	6,99	104	<гд	111
Власинско језеро	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос	<гд			<гд	
Чврсти акумулирани нанос на билици (Безимени поток)	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд
Јаловиште рудника Подвирови	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд
Голема река, Оматича - земљиште	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд
Босилеград - земљиште	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд

^a сума екстрахованог В у 1, 2, 3 и 4 фази; ^б < гд (гд = 5,15 $\mu\text{g/L}$);



Слика 2.15. Процентуална расподела садржаја В по фазама екстракције.

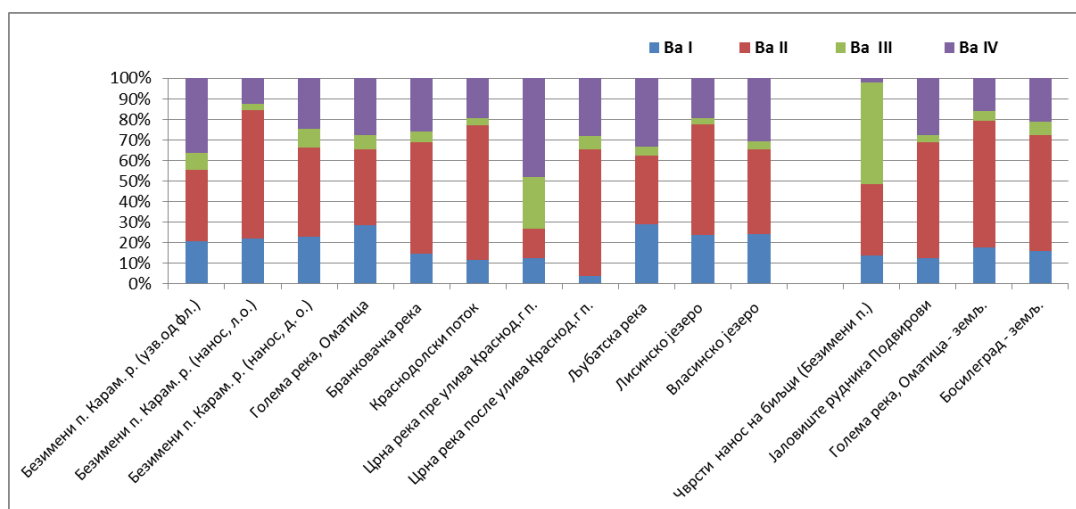


Слика 2.16. Садржај В по фазама екстракције.

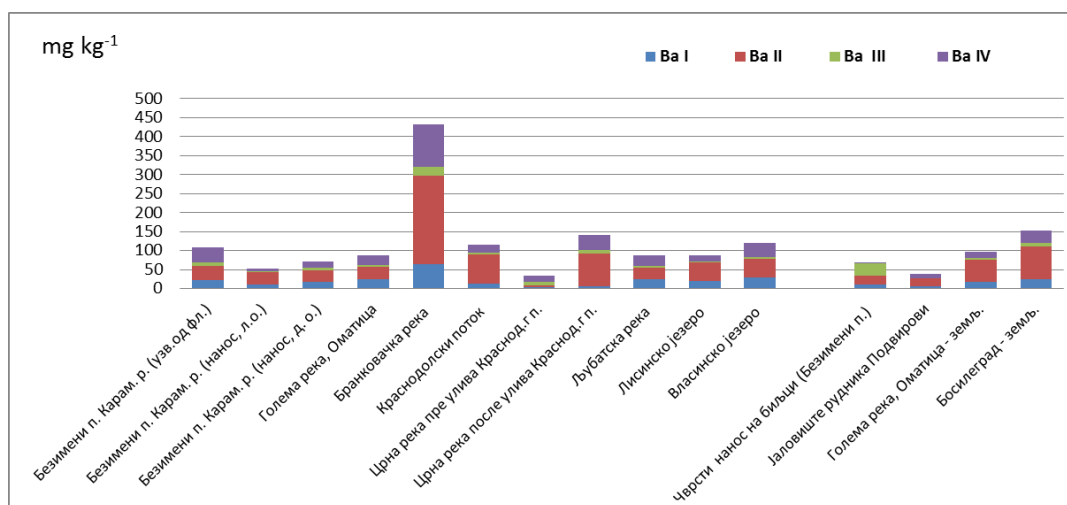
Табела 2.9. Садржај Ва у узорцима седимента и земљишта по фазама секвенцијалне екстракције [mg kg^{-1}]

Седимент	Ba I	Ba II	Ba III	Ba IV	Ba (Σ) ^a	МДК ^б	РВ ^в
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	22,2	37,4	8,75	39,2	108	/	/
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	11,3	32,3	1,57	6,31	51,5	/	/
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	16,5	31,3	6,61	17,7	72,0	/	/
Голема река, Оматика	24,7	31,9	5,87	23,9	86,3	/	/
Бранковачка река	63,0	235	22,2	111	431	/	/
Краснодолски поток	13,3	76,0	4,39	22,3	116	/	/
Црна река пре улива Краснодолског потока	4,24	4,9	8,66	16,6	34,5	/	/
Црна река после улива Краснодолског потока	5,25	87,5	8,93	40,1	142	/	/
Љубатска река	25,4	29,4	3,98	29,2	87,9	/	/
Лисинско језеро	20,6	47,1	2,82	16,9	87,5	/	/
Власинско језеро	29,0	49,7	4,73	36,8	120	/	/
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос						ГМВ^г	РВ^д
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	9,49	24,0	34,1	1,49	69,0	/	/
Јаловиште рудника Подвирови	4,76	21,6	1,41	10,6	38,4	/	/
Голема река, Оматика - земљиште	17,2	59,5	4,78	15,4	96,9	160	625
Босилеград - земљиште	24,5	85,9	10,1	32,3	153	160	625

^a сума екстрахованог Ва у 1, 2, 3 и 4 фази; ^б Максимално дозвољена концентрација; ^в Ремедијациона вредност (седимент); ^г Гранична максимална вредност; ^д Ремедијациона вредност (земљиште);



Слика 2.17. Процентуална расподела садржаја Ва по фазама екстракције.

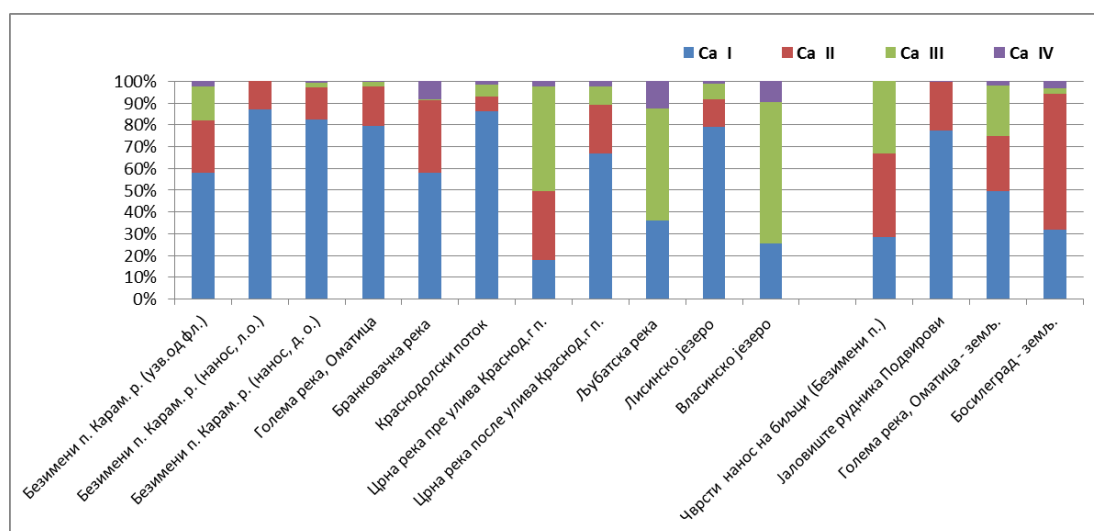


Слика 2.18. Садржај Ва по фазама екстракције.

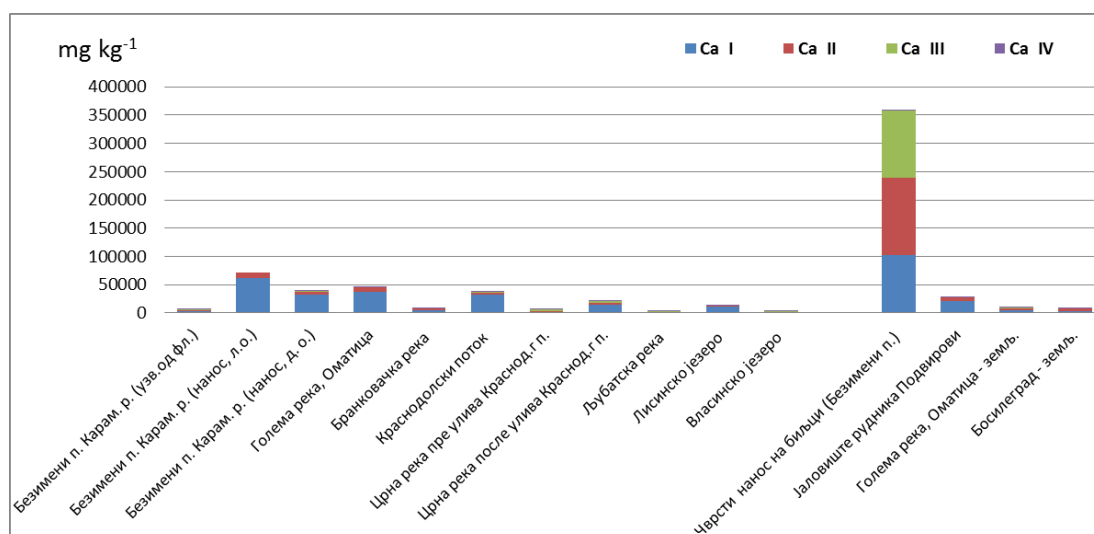
Табела 2.10 Садржај Са у узорцима седимента и земљишта по фазама секвенцијалне екстракције [mgkg⁻¹]

Седимент	Ca I	Ca II	Ca III	Ca IV	Ca (Σ) ^a
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	3528	1442	967	134	6070
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	61669	9141	<гд ^б	<гд	70809
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	32214	5709	855	222	39000
Голема река, Оматича	36814	8386	1074	122	46397
Бранковачка река	5227	3031	40	738	9036
Краснодолски поток	33262	2639	2068	649	38619
Црна река пре улива Краснодолског потока	1123	1950	3009	139	6221
Црна река после улива Краснодолског потока	13984	4652	1788	514	20938
Љубатска река	1605	<гд	2284	549	4438
Лисинско језеро	10721	1738	991	137	13586
Власинско језеро	1111	<гд	2861	416	4388
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос					
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	101696	137402	118688	289	358074
Јаловиште рудника Подвирови	21044	6099	35	48	27226
Голема река, Оматича - земљиште	4860	2482	2282	184	9808
Босилеград - земљиште	2722	5307	219	267	8514

^a сума екстрахованог Са у 1, 2, 3 и 4 фази; ^б <гд (гд = 197,6 µg/L);



Слика 2.19. Процентуална расподела садржаја Са по фазама екстракције.

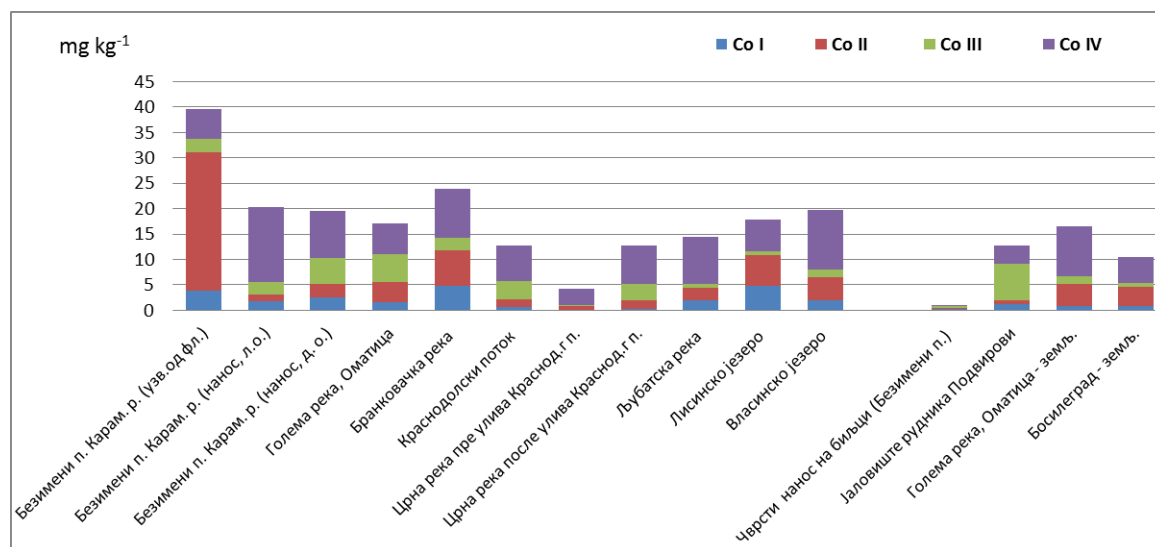
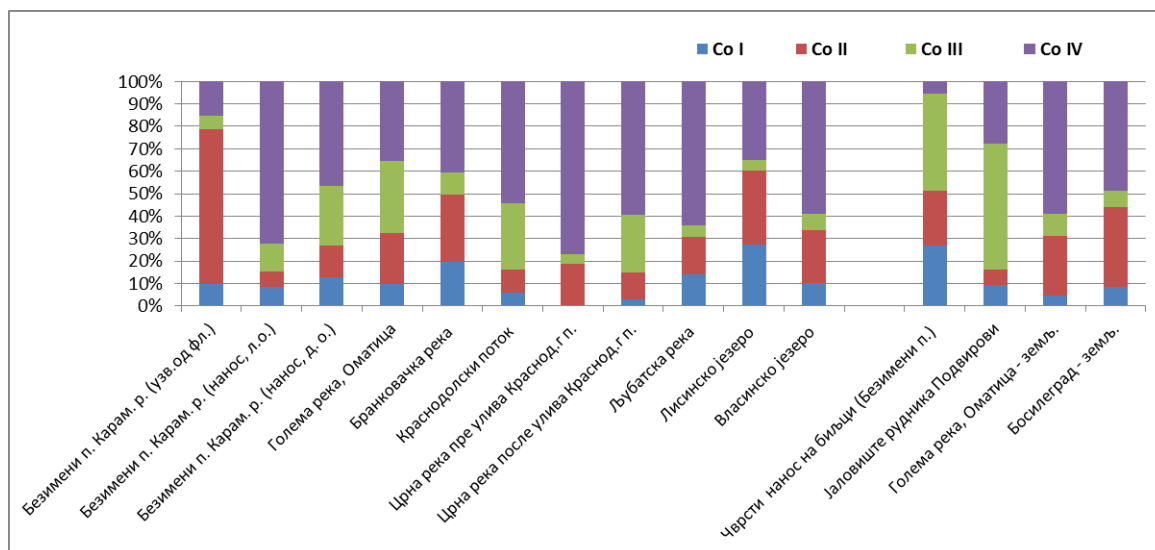


Слика 2.20. Садржаја Са по фазама екстракције.

Табела 2.11 Садржај Со у узорцима седимента и земљишта по фазама секвенцијалне екстракције [mgkg⁻¹]

Седимент	Со I	Со II	Со III	Со IV	Со (Σ) ^a	ГМВ ^б	РВ ^в
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	3,87	27,28	2,50	5,99	39,6	/	/
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	1,75	1,36	2,54	14,7	20,4	/	/
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	2,49	2,74	5,15	9,11	19,5	/	/
Голема река, Оматица	1,65	3,90	5,54	6,04	17,1	/	/
Бранковачка река	4,73	7,14	2,35	9,76	24,0	/	/
Краснодолски поток	0,74	1,35	3,75	6,97	12,8	/	/
Црна река пре улива Краснодолског потока	0,00	0,79	0,19	3,26	4,24	/	/
Црна река после улива Краснодолског потока	0,35	1,55	3,27	7,52	12,7	/	/
Љубатска река	2,03	2,40	0,77	9,23	14,4	/	/
Лисинско језеро	4,88	5,93	0,81	6,29	17,9	/	/
Власинско језеро	1,99	4,60	1,50	11,6	19,6	/	/
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос							
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	0,25	0,23	0,41	0,05	0,94		
Јаловиште рудника Подвирови	1,22	0,84	7,19	3,57	12,8		
Голема река, Оматица - земљиште	0,75	4,42	1,61	9,74	16,5	9	240
Босилеград - земљиште	0,87	3,69	0,77	5,07	10,4	9	240

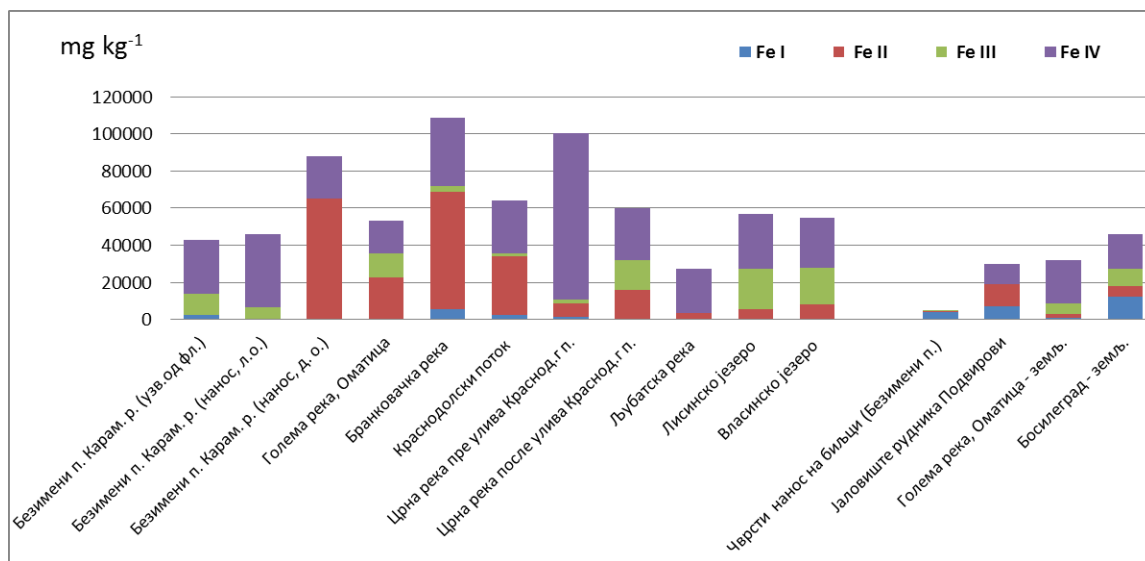
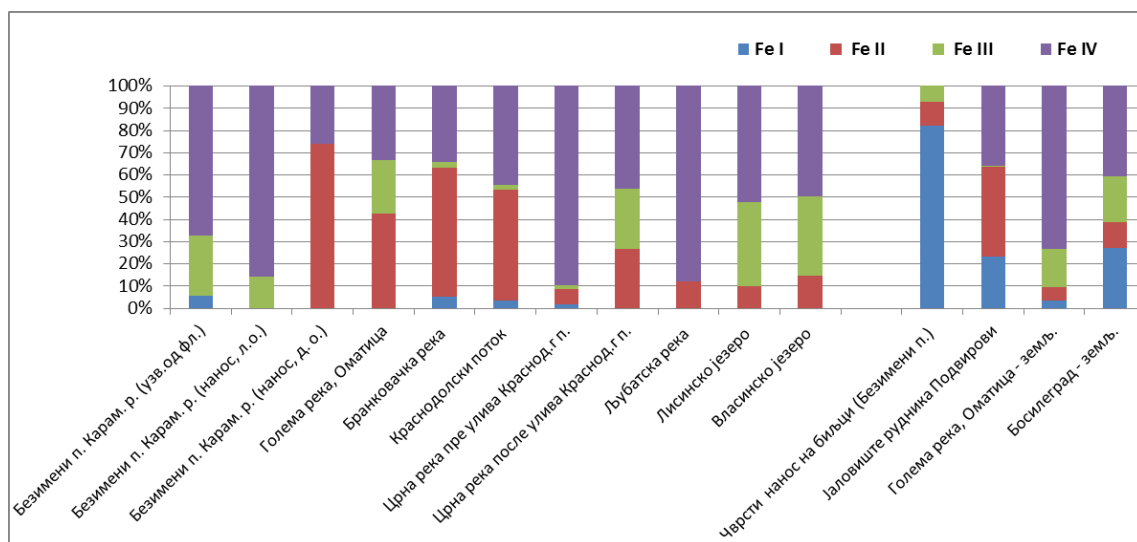
^a сума екстрахованог Со у 1, 2, 3 и 4 фази; ^б Гранична максимална вредност; ^в Ремедијациона вредност (земљиште);



Табела 2.12 Садржај Fe у узорцима седимента и земљишта по фазама секвенцијалне екстракције [mg kg^{-1}]

Седимент	Fe I	Fe II	Fe III	Fe IV	Fe (Σ) ^a
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	2338	< гд ^б	11735	28812	42886
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	5,83	35,1	6529	39396	45966
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	11,9	65116	6,3	22712	87846
Голема река, Оматица	3,57	22667	12738	17607	53015
Бранковачка река	5719	63087	2905	36928	108639
Краснодолски поток	2361	31729	1436	28353	63879
Црна река пре улива Краснодолског потока	1636	7075	1902	89769	100383
Црна река после улива Краснодолског потока	12,96	16146	16063	27913	60134
Љубатска река	36,76	3273	18,9	24221	27549
Лисинско језеро	20,11	5720	21382	29821	56943
Власинско језеро	37,43	7909	19746	27185	54877
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос					
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	3793	486	336,4	< гд	4615
Јаловиште рудника Подвирови	6926	11991	43,8	10711	29671
Голема река, Оматица - земљиште	1070	1901	5552	23293	31816
Босилеград - земљиште	12535	5457	9430	18785	46207

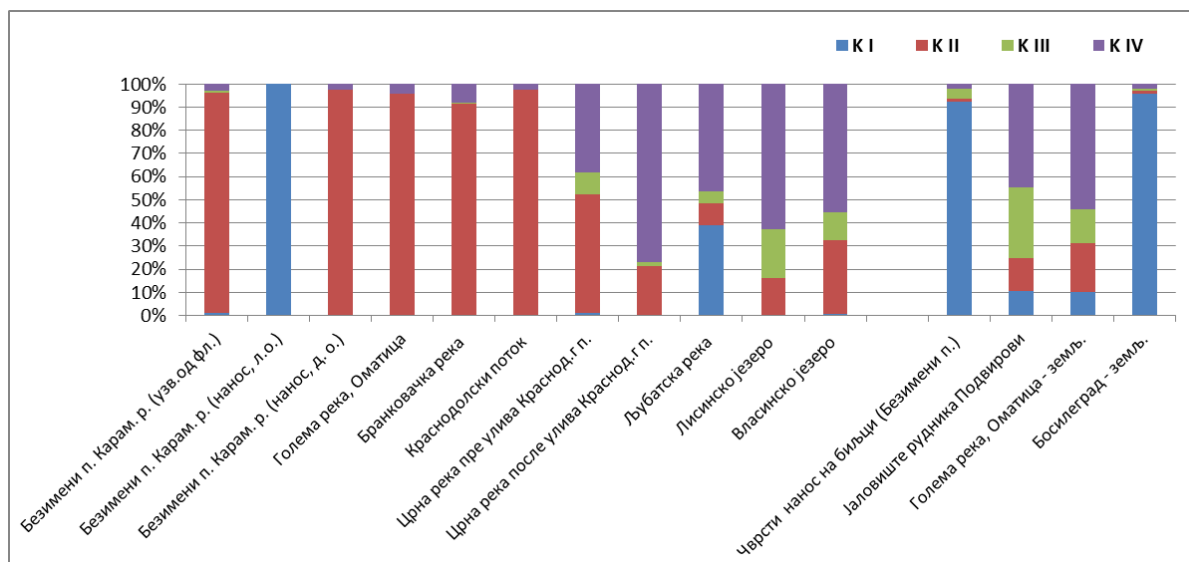
^a сума екстрахованог Fe у 1, 2, 3 и 4 фази; ^б < гд (гд = 180,6 $\mu\text{g/L}$);



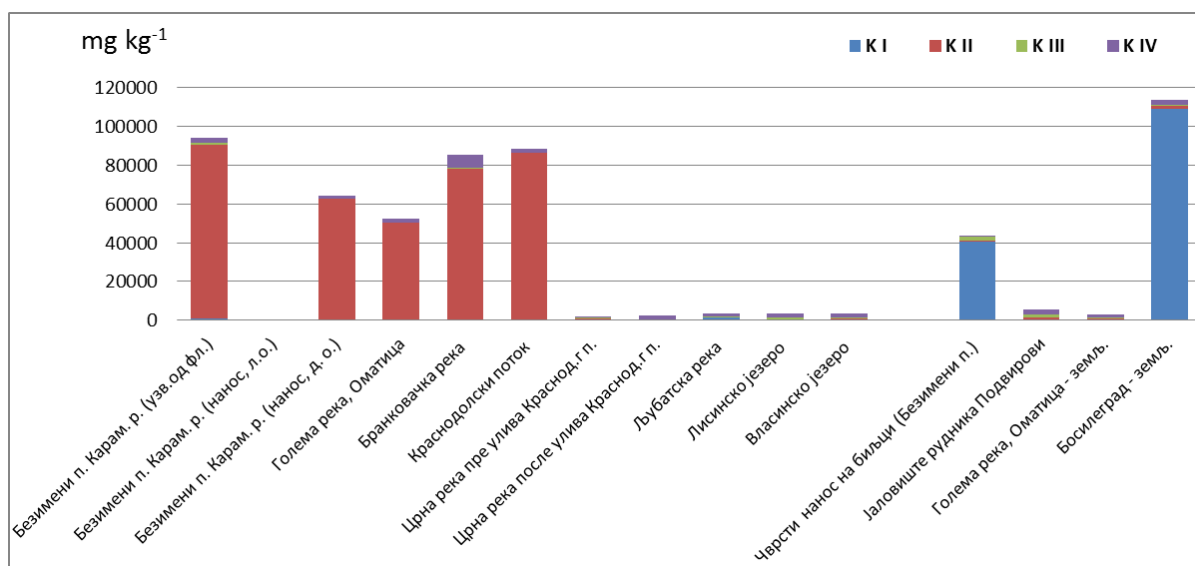
Табела 2.13 Садржај К у узорцима седимента и земљишта по фазама секвенцијалне екстракције [mg kg^{-1}]

Седимент	К I	К II	К III	К IV	К (Σ) ^a
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	889	89764	871	2570	94094
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	22,9	<гд ^б	<гд	<гд	22,9
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	17,4	62631	8,2	1562	64218
Голема река, Оматица	21,3	50208	6,0	2221	52456
Бранковачка река	20,5	78335	370	6704	85430
Краснодолски поток	36,0	86238	7,9	2176	88457
Црна река пре улива Краснодолског потока	20,7	1022	184	761	1987
Црна река после улива Краснодолског потока	6,9	484	40,0	1760	2291
Љубатска река	1277	304	171	1507	3259
Лисинско језеро	5,9	534	717	2104	3361
Власинско језеро	15,4	1091	402	1879	3388
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос					
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	40366	706	1832	883	43787
Јаловиште рудника Подвиови	613	809	1740	2559	5721
Голема река, Оматица - земљиште	309	655	455	1668	3087
Босилеград - земљиште	109141	1316	827	2526	113810

^a сума екстрахованог К у 1, 2, 3 и 4 фази; ^б <гд (гд = 118,5 $\mu\text{g/L}$);



Слика 2.25. Процентуална расподела садржаја К по фазама екстракције.

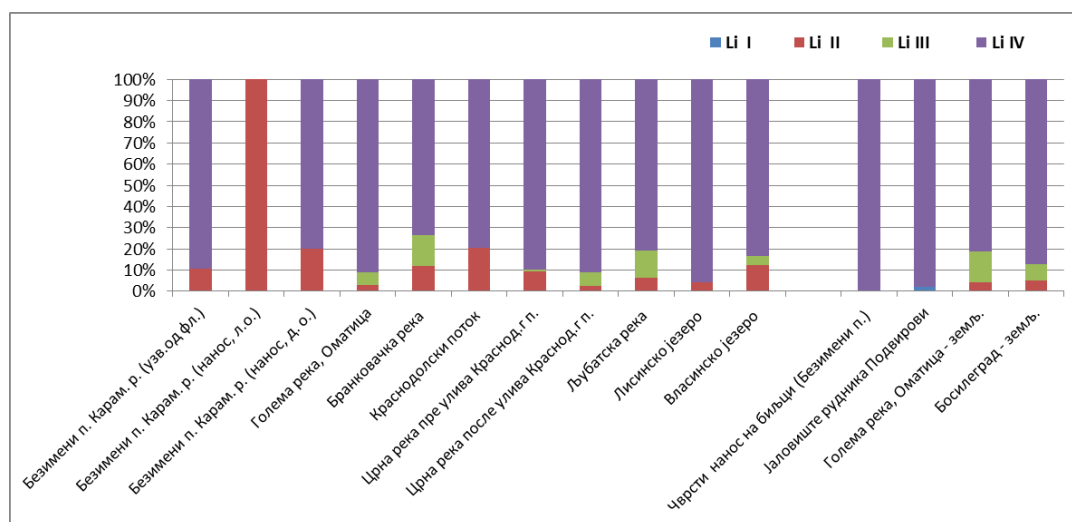


Слика 2.26. Садржај К по фазама екстракције.

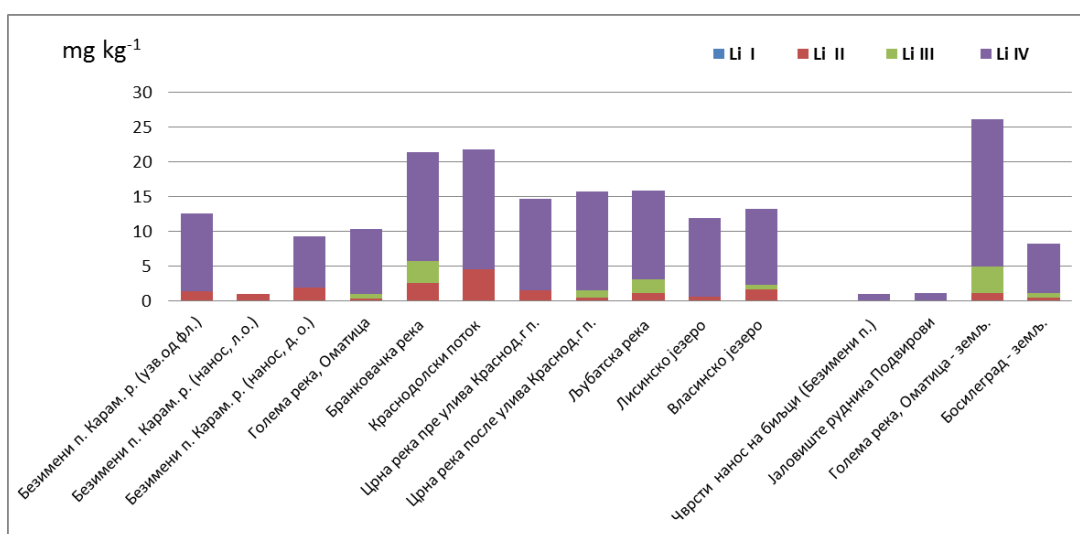
Табела 2.14. Садржај Li у узорцима седимента и земљишта по фазама секвенцијалне екстракције [mgkg⁻¹]

Седимент	Li I	Li II	Li III	Li IV	Li (Σ) ^a
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	<гд ⁶	1,303	<гд	11,20	12,5
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	<гд	0,873	<гд	<гд	0,87
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	<гд	1,844	<гд	7,32	9,16
Голема река, Оматица	0,015	0,301	0,60	9,37	10,3
Бранковачка река	0,004	2,553	3,06	15,77	21,4
Краснодолски поток	0,011	4,446	<гд	17,29	21,8
Црна река пре улива Краснодолског потока	0,009	1,376	0,10	13,14	14,6
Црна река после улива Краснодолског потока	0,009	0,399	1,00	14,19	15,6
Љубатска река	<гд	1,000	2,01	12,74	15,8
Лисинско језеро	<гд	0,500	<гд	11,30	11,8
Власинско језеро	0,010	1,588	0,60	10,92	13,1
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос					
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	<гд	<гд	<гд	0,96	0,96
Јаловиште рудника Подвирови	0,018	<гд	<гд	0,98	0,99
Голема река, Оматица - земљиште	0,003	1,08	3,84	21,10	26,0
Босилеград - земљиште	0,002	0,40	0,64	7,07	8,12

^aсума екстрахованог Li у 1, 2, 3 и 4 фази; ⁶<гд (гд = 0,46 μg/L);



Слика 2.27. Процентуална расподела садржаја Li по фазама екстракције.

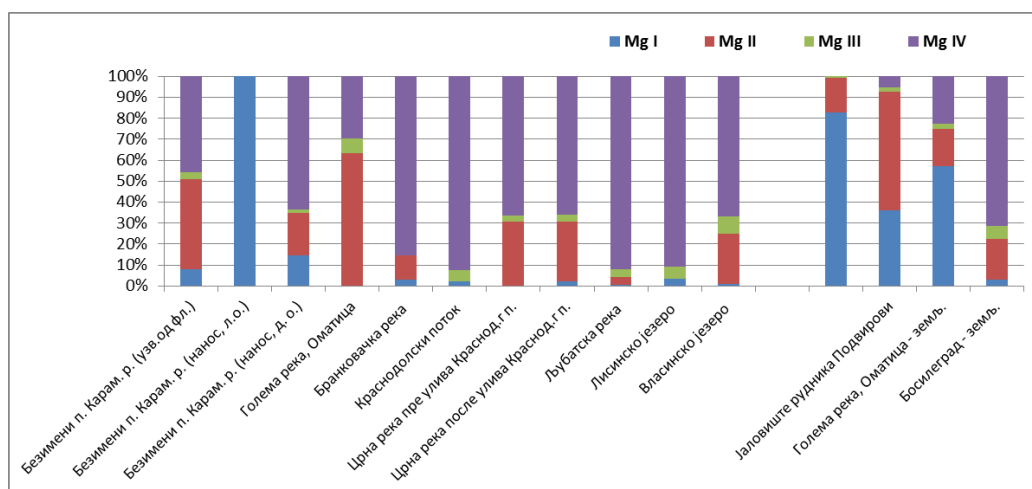


Слика 2.28. Садржај Li по фазама екстракције.

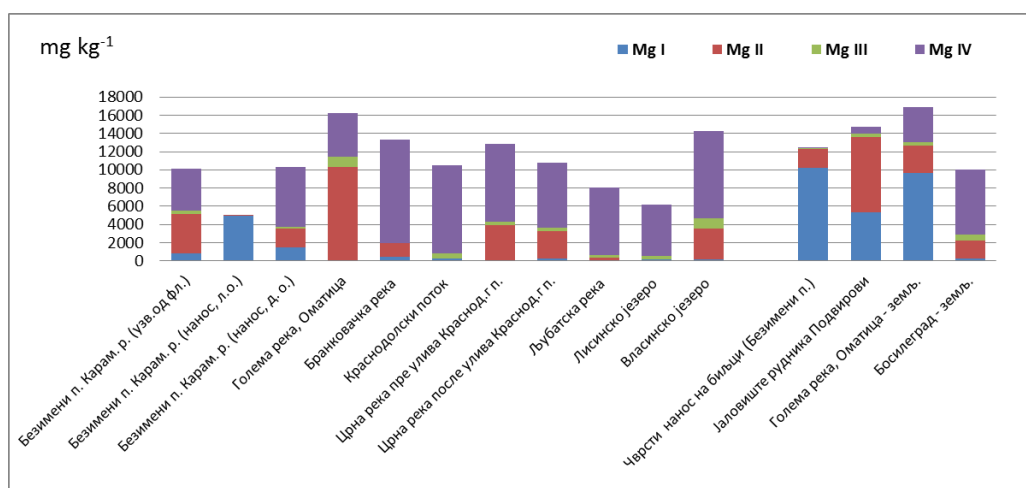
Табела 2.15. Садржај Mg у узорцима седимента и земљишта по фазама секвенцијалне екстракције [mg kg^{-1}]

Седимент	Mg I	Mg II	Mg III	Mg IV	Mg (Σ) ^a
Безимени поток Караманичке р. (уздодно од флотације)	787	4394	309	4655	10145
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	4936	3,8	<гд ^б	<гд	4940
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	1511	2072	143	6546	10272
Голема река, Оматица	11,3	10270	1134	4850	16265
Бранковачка река	420	1515	<гд	11403	13339
Краснодолски поток	218	11,6	561	9739	10529
Црна река пре улива Краснодолског потока	0,2	3932	356	8532	12824
Црна река после улива Краснодолског потока	236	3057	359	7138	10790
Љубатска река	26	327	295	7410	8059
Лисинско језеро	199	5,8	363	5633	6200
Власинско језеро	129	3432	1156	9520	14237
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос					
Чврсти акумулирани нанос на билици (Безимени поток)	10269	2013	104	7,0	12392
Јаловиште рудника Подвирови	5299	8355	315	747	14716
Голема река, Оматица - земљиште	9618	3045	405	3822	16891
Босилеград - земљиште	280	1972	610	7132	9994

^a сума екстрахованог Mg у 1, 2, 3 и 4 фази; ^б <гд (гд = 10,41 $\mu\text{g/L}$);



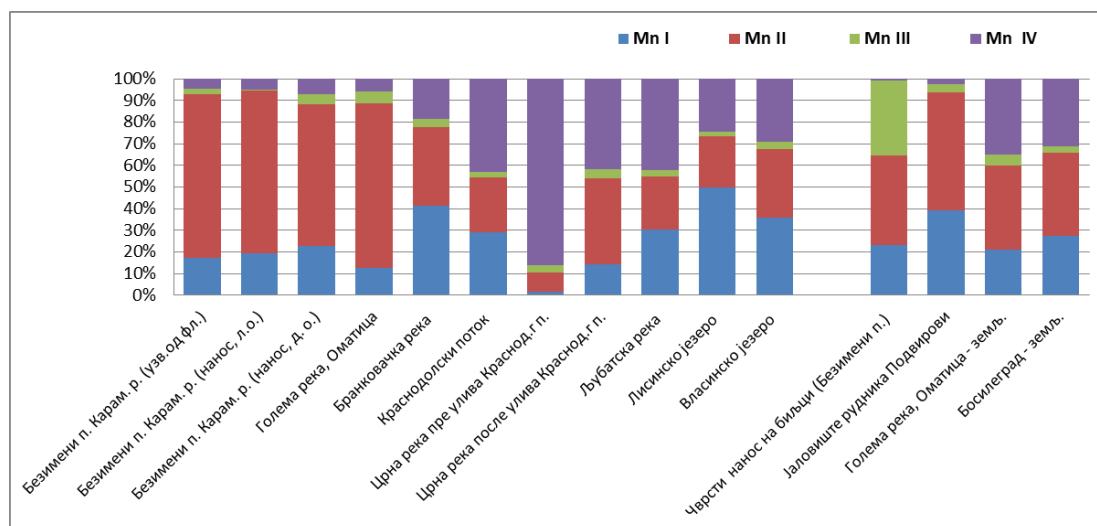
Слика 2.29. Процентуална расподела садржаја Mg по фазама екстракције.



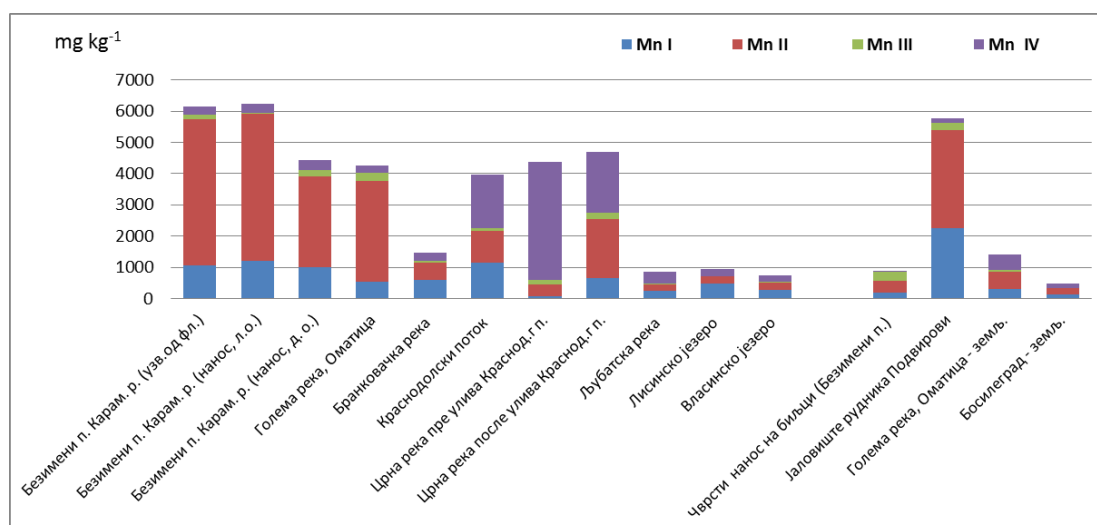
Слика 2.30. Садржај Mg по фазама екстракције.

Табела 2.16. Садржај Мп у узорцима седимента и земљишта по фазама секвенцијалне екстракције [mg kg⁻¹]

Седимент	Mn I	Mn II	Mn III	Mn IV	Mn (Σ) ^a
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	1052	4686	146	277	6161
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	1198	4721	33	297	6249
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	1000	2921	201	314	4435
Голема река, Оматича	531	3247	238	247	4264
Бранковачка река	605	535	54	274	1469
Краснодолски поток	1154	1006	92,4	1710	3963
Црна река пре улива Краснодолског потока	70	390	152	3760	4373
Црна река после улива Краснодолског потока	668	1865	217	1954	4704
Љубатска река	256	211	25,5	358	850
Лисинско језеро	479	226	19,6	236	960
Власинско језеро	271	238	25,6	218	753
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос					
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	201	360	300	7,0	869
Јаловиште рудника Подвирови	2262	3145	210	140	5758
Голема река, Оматича - земљиште	301	549	74,0	498	1422
Босилеград - земљиште	136	190	14,6	155	495

^a сума екстрахованог Мп у 1, 2, 3 и 4 фази;

Слика 2.31. Процентуална расподела садржаја мп по фазама екстракције.

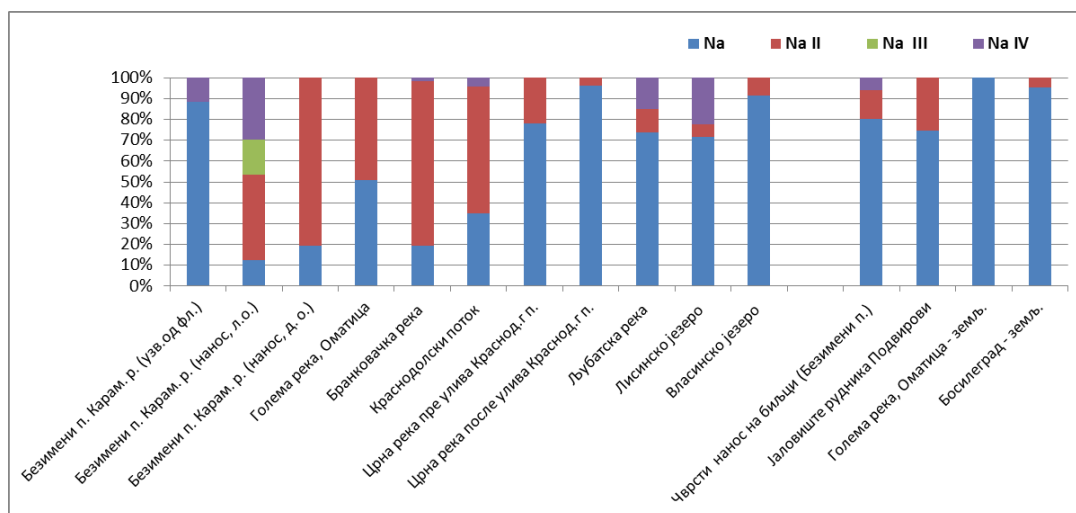


Слика 2.32. Садржај Мп по фазама екстракције.

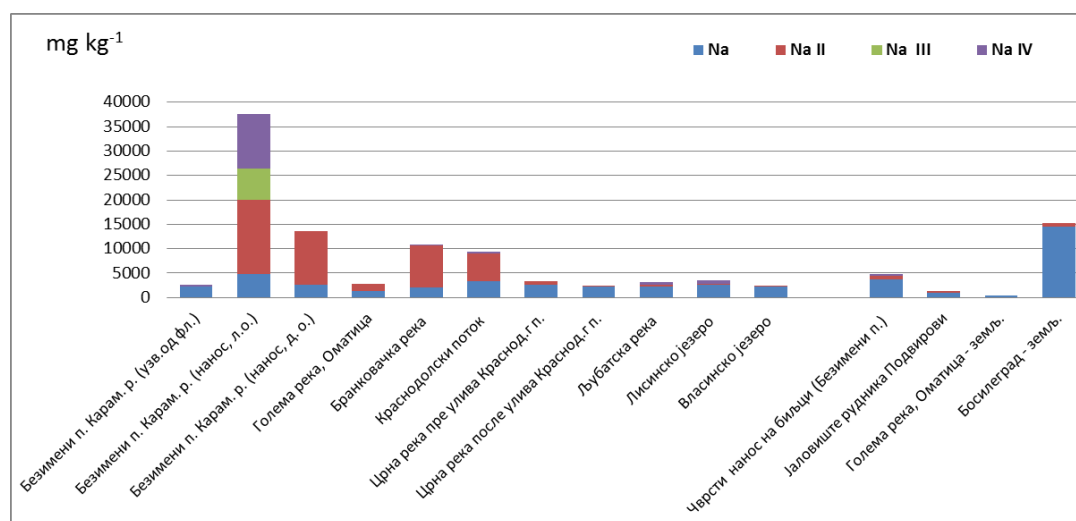
Табела 2.17. Садржај Na у узорцима седимента и земљишта по фазама секв. екстракције [mg kg⁻¹]

Седимент	Na I	Na II	Na III	Na IV	Na (Σ) ^a
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	2245	<гд ^б	<гд	288	2533
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	4766	15245	6328	11189	37527
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	2648	10910	<гд	<гд	13558
Голема река, Оматица	1418	1378	<гд	<гд	2796
Бранковачка река	2091	8577	<гд	152	10820
Краснодолски поток	3329	5758	<гд	378	9475
Црна река пре улива Краснодолског потока	2669	753	<гд	<гд	3423
Црна река после улива Краснодолског потока	2339	92	<гд	<гд	2431
Љубатска река	2305	357	<гд	462	3123
Лисинско језеро	2586	226	<гд	807	3618
Власинско језеро	2279	211	<гд	<гд	2491
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос			<гд		
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	3809	654	<гд	280	4743
Јаловиште рудника Подвирови	1004	341	<гд	<гд	1345
Голема река, Оматица - земљиште	405	<гд	<гд	<гд	405
Босилеград - земљиште	14500	677	<гд	<гд	15178

^a сума екстрахованог Na у 1, 2, 3 и 4 фази; ^б <гд (гд = 92,9 μg/L);



Слика 2.33. Процентуална расподела садржаја Na по фазама екстракције.

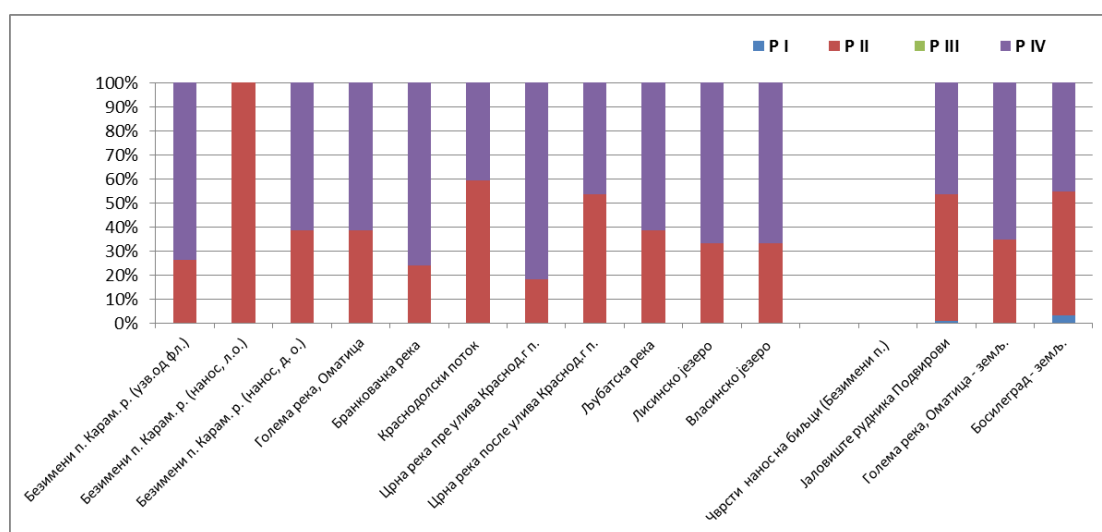


Слика 2.34. Садржај Na по фазама екстракције.

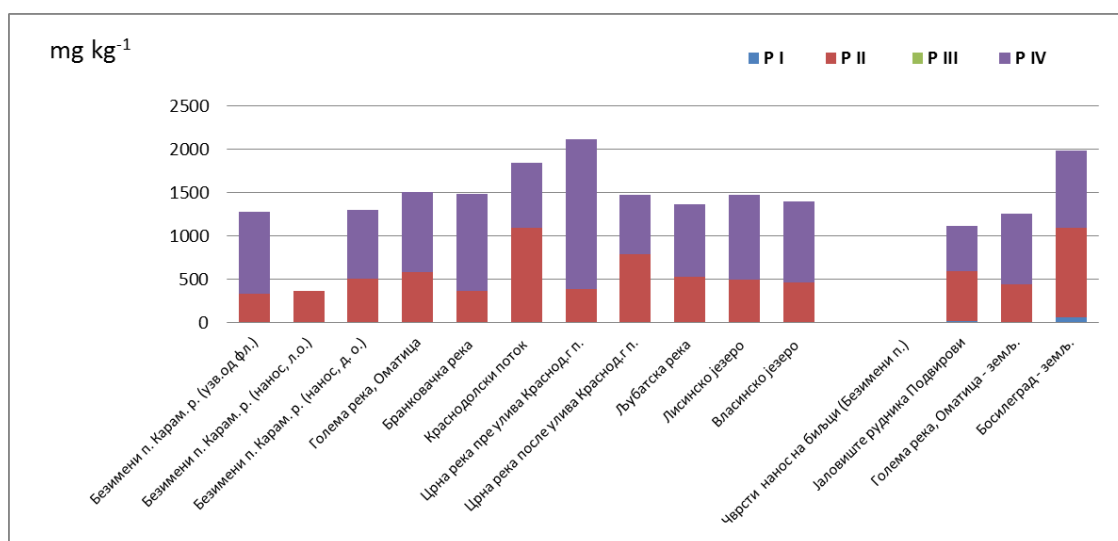
Табела 2.18. Садржај Р у узорцима седимента и земљишта по фазама секвенцијалне екстракције [mg kg^{-1}]

Седимент	P I	P II	P III	P IV	P (Σ) ^a
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	<гд ^б	337	<гд	945	1282
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	<гд	370	<гд	<гд	370
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	<гд	501	<гд	801	1303
Голема река, Оматича	<гд	585	<гд	925	1510
Бранковачка река	<гд	360	<гд	1126	1486
Краснодолски поток	<гд	1098	<гд	748	1846
Црна река пре улива Краснодолског потока	<гд	385	<гд	1737	2122
Црна река после улива Краснодолског потока	<гд	792	<гд	686	1478
Љубатска река	<гд	529	<гд	834	1363
Лисинско језеро	<гд	493	<гд	984	1477
Власинско језеро	<гд	465	<гд	935	1400
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос					
Чврсти акумулирани нанос на билици (Безимени поток)	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд
Јаловиште рудника Подвирови	12,1	582	<гд	516	1110
Голема река, Оматича - земљиште	<гд	436	<гд	816	1253
Босилеград - земљиште	61,9	1032	<гд	897	1991

^aсума екстрахованог Р у 1, 2, 3 и 4 фази; ^б<гд (гд = 3,68 mg/L);



Слика 2.35. Процентуална расподела садржаја Р по фазама екстракције.

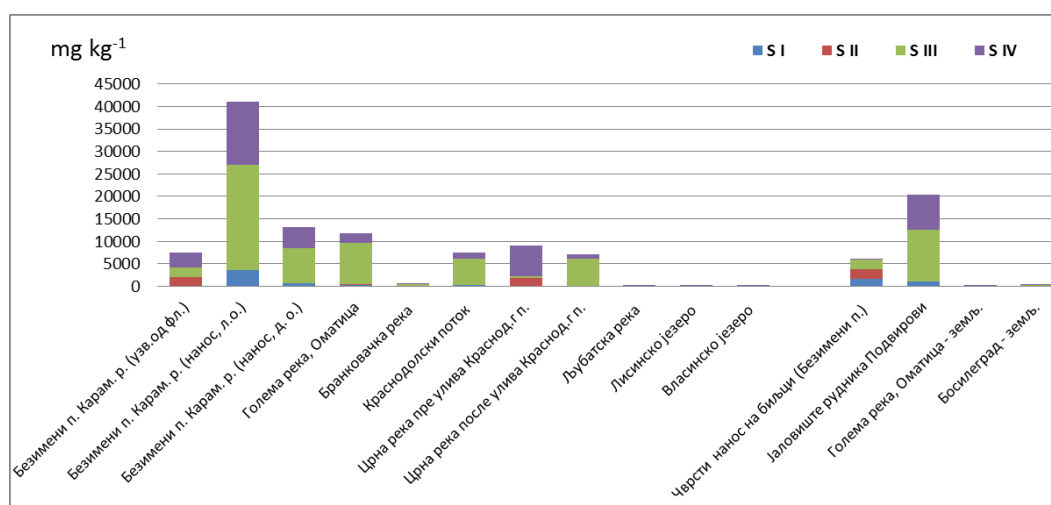
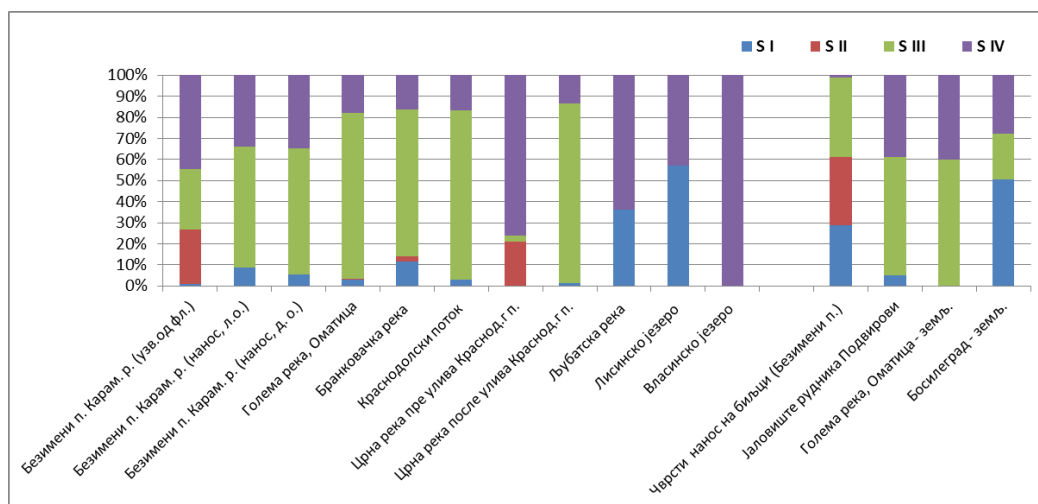


Слика 2.36. Садржај Р по фазама екстракције.

Табела 2.19. Садржај S у узорцима седимента и земљишта по фазама секвенцијалне екстракције [mg kg^{-1}]

Седимент	S I	S II	S III	S IV	S (Σ) ^a
Безимени поток Караманичке р. (уздочно од флотације)	58,9	1918	2131	3321	7429
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	3528	38,1	23494	13936	40996
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	685	38,1	7824	4575	13122
Голема река, Оматца	361	57,9	9228	2084	11731
Бранковачка река	56,5	12,8	343	79,2	491
Краснодолски поток	208	<гд ⁶	5977	1244	7429
Црна река пре улива Краснодолског потока	<гд	1880	276	6874	9030
Црна река после улива Краснодолског потока	105	<гд	6112	962	7179
Љубатска река	64,7	<гд	<гд	114	179
Лисинско језеро	92,6	<гд	<гд	69,7	162
Власинско језеро	<гд	<гд	<гд	5,0	5,0
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос					
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	1730	1973	2260	78,7	6042
Јаловиште рудника Подвирови	994	<гд	11487	7916	20397
Голема река, Оматца - земљиште	<гд	<гд	140	93,9	234
Босилеград - земљиште	152	<гд	65,9	83,8	302

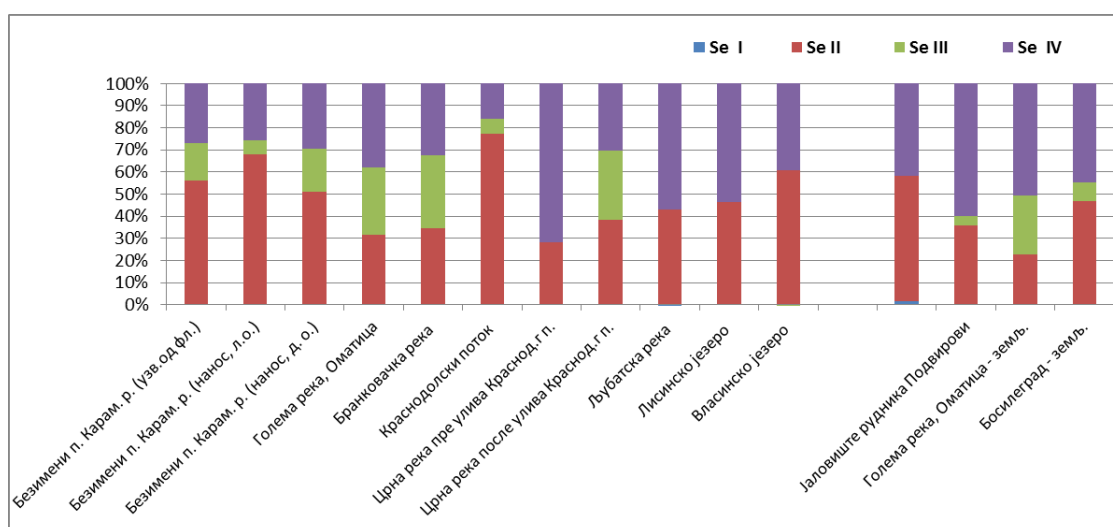
^a сума екстрахованог S у 1, 2, 3 и 4 фази; ⁶ <гд (гд = 7,31 $\mu\text{g/L}$);



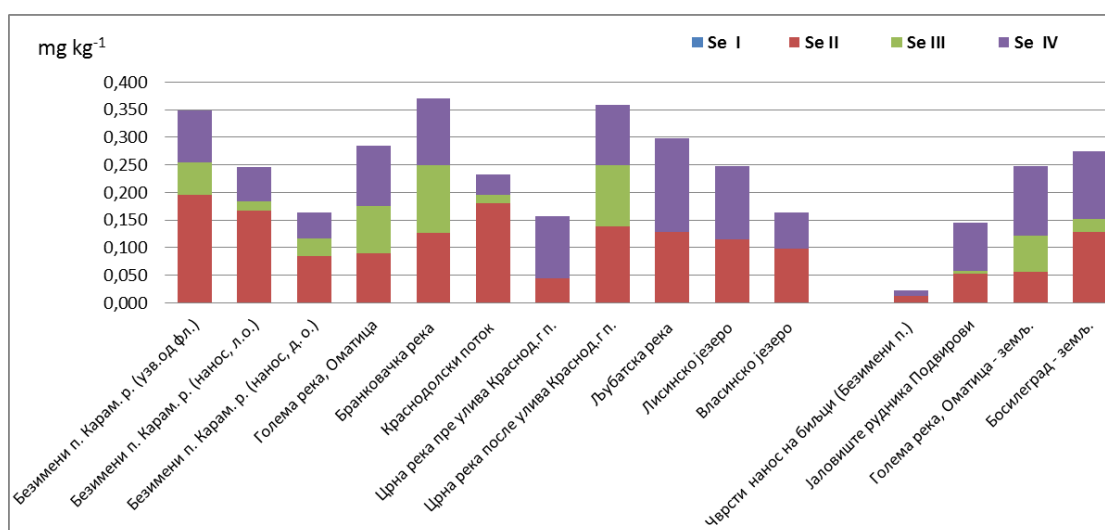
Табела 2.20. Садржај Se у узорцима седимента и земљишта по фазама секвенцијалне екстракције [mg kg^{-1}]

Седимент	Se I	Se II	Se III	Se IV	Se (Σ) ^a	МДК ^b	РВ ^a
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	0,0004	0,195	0,06	0,09	0,35	/	/
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	0,0000	0,168	0,02	0,06	0,25	/	/
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	0,0003	0,084	0,03	0,05	0,16	/	/
Голема река, Оматича	0,0004	0,090	0,09	0,11	0,28	/	/
Бранковачка река	0,0004	0,127	0,12	0,12	0,37	/	/
Краснодолски поток	0,0008	0,179	0,02	0,04	0,23	/	/
Црна река пре улива Краснодолског потока	0,0003	0,044	0,00	0,11	0,16	/	/
Црна река после улива Краснодолског потока	0,0008	0,137	0,11	0,11	0,36	/	/
Љубатска река	0,0000	0,128	0,00	0,17	0,30	/	/
Лисинско језеро	0,0001	0,115	0,00	0,13	0,25	/	/
Власинско језеро	0,0005	0,098	0,00	0,06	0,16	/	/
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос						ГМВ^c	РВ^d
Чврсти акумулирани нанос на билици (Безимени поток)	0,0003	0,013	0,00	0,01	0,02	/	/
Јаловиште рудника Подвирови	0,0007	0,051	0,01	0,09	0,15	/	/
Голема река, Оматича - земљиште	0,0001	0,056	0,07	0,13	0,25	0,7	100
Босилеград - земљиште	0,0001	0,129	0,02	0,12	0,28	0,7	100

^a сума екстрахованог Se у 1, 2, 3 и 4 фази; ^b Максимално дозвољена концентрација; ^c Ремедијациона вредност (седимент);
^d Гранична максимална вредност; ^e Ремедијациона вредност (земљиште);



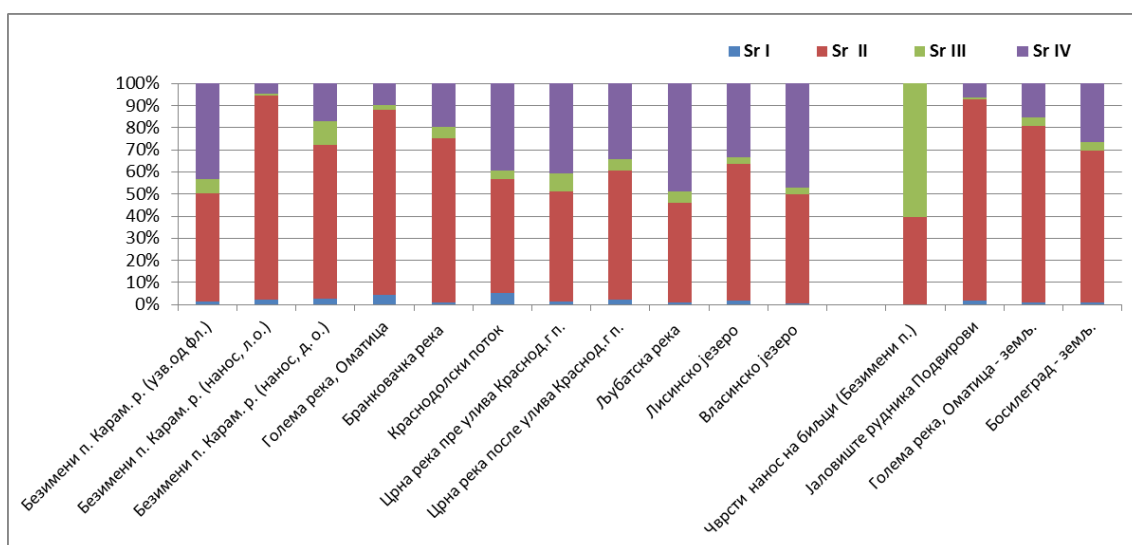
Слика 2.39. Процентуална расподела садржаја Se по фазама екстракције.



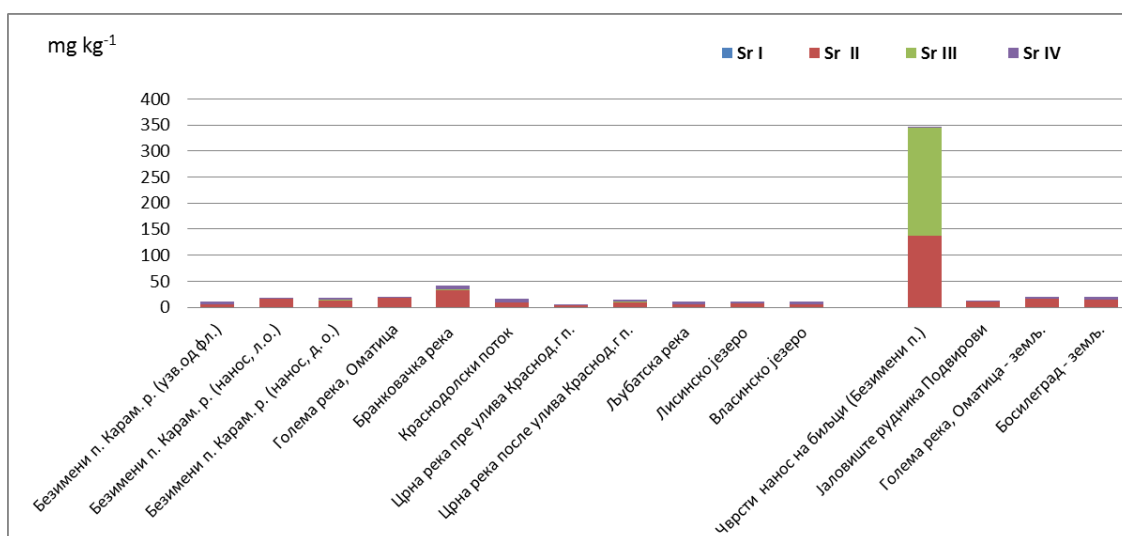
Слика 2.40. Садржај Se по фазама екстракције.

Табела 2.21. Садржај Sr у узорцима седимента и земљишта по фазама секвенцијалне екстракције [mg kg^{-1}]

Седимент	Sr I	Sr II	Sr III	Sr IV	Sr (Σ) ^a
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	0,16	5,06	0,642	4,50	10,4
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	0,40	15,7	0,110	0,79	17,0
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	0,45	12,1	1,94	2,95	17,5
Голема река, Оматича	0,90	17,0	0,38	2,00	20,3
Бранковачка река	0,43	31,5	2,25	8,23	42,4
Краснодолски поток	0,84	7,97	0,59	6,14	15,5
Црна река пре улива Краснодолског потока	0,07	2,82	0,48	2,29	5,67
Црна река после улива Краснодолског потока	0,37	8,89	0,73	5,23	15,2
Љубатска река	0,11	4,72	0,55	5,13	10,5
Лисинско језеро	0,21	7,01	0,34	3,79	11,3
Власинско језеро	0,06	5,11	0,33	4,90	10,4
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос					
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	0,83	136	208	0,19	345
Јаловиште рудника Подвирови	0,21	10,14	0,12	0,70	11,2
Голема река, Оматича - земљиште	0,22	15,72	0,76	3,07	19,8
Босилеград - земљиште	0,16	13,89	0,78	5,37	20,2

^a сума екстрахованог Sr у 1, 2, 3 и 4 фази;

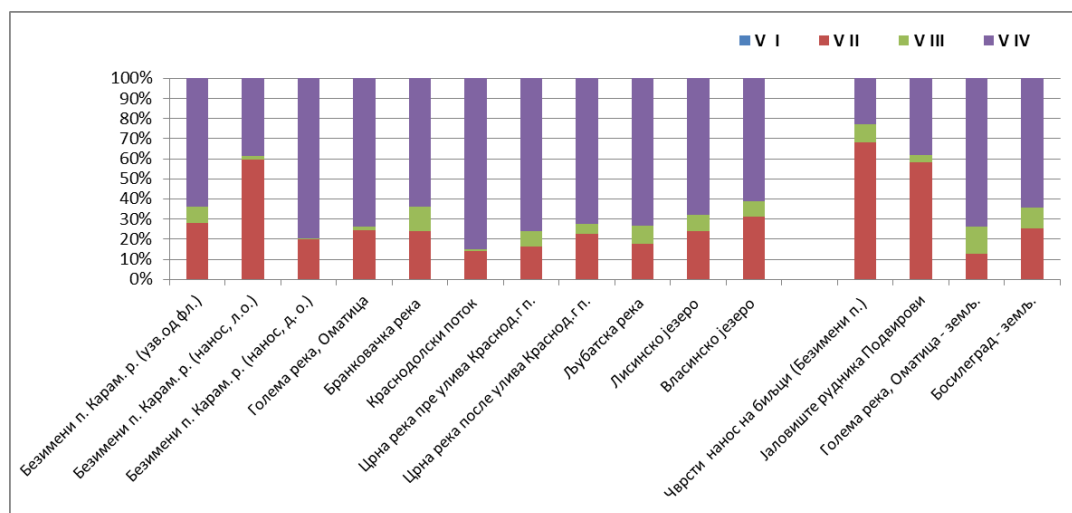
Слика 2.41. Процентуална расподела садржаја Sr по фазама екстракције.



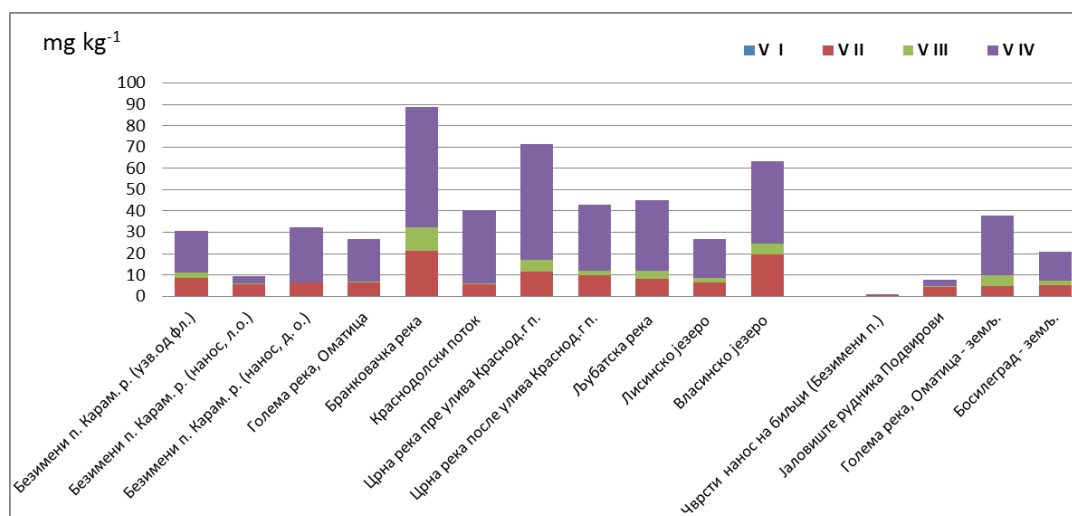
Слика 2.42. Садржај Sr по фазама екстракције.

Табела 2.22. Садржај V у узорцима седимента и земљишта по фазама секвенцијалне екстракције [mg kg^{-1}]

Седимент	V I	V II	V III	V IV	V (Σ) ^a	ГМВ ^b	РВ ^b
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	<гд ^c	8,68	2,48	19,7	30,8	/	/
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	<гд	5,71	0,18	3,7	9,58	/	/
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	<гд	6,45	0,11	26,0	32,5	/	/
Голема река, Оматича	<гд	6,51	0,57	19,7	26,8	/	/
Бранковачка река	0,002	21,4	10,9	56,6	88,9	/	/
Краснодолски поток	<гд	5,74	0,20	34,3	40,3	/	/
Црна река пре улива Краснодолског потока	<гд	11,7	5,35	54,3	71,3	/	/
Црна река после улива Краснодолског потока	<гд	9,66	2,18	31,0	42,9	/	/
Љубатска река	0,001	8,02	4,01	32,9	44,9	/	/
Лисинско језеро	0,001	6,36	2,24	18,1	26,7	/	/
Власинско језеро	0,001	19,8	4,92	38,7	63,5	/	/
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос							
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	<гд	0,62	0,08	0,21	0,91	/	/
Јаловиште рудника Подвирови	<гд	4,56	0,26	2,99	7,81	/	/
Голема река, Оматича - земљиште	<гд	4,81	5,14	28,0	38,0	42	250
Босилеград - земљиште	0,001	5,31	2,22	13,6	21,1	42	250

^a сума екстрахованог V у 1, 2, 3 и 4 фази; ^b Гранична максимална вредност; ^c Ремедијациона вредност (земљиште);^c <гд (гд = 0,003 $\mu\text{g/L}$);

Слика 2.43. Процентуална расподела садржаја V по фазама екстракције.

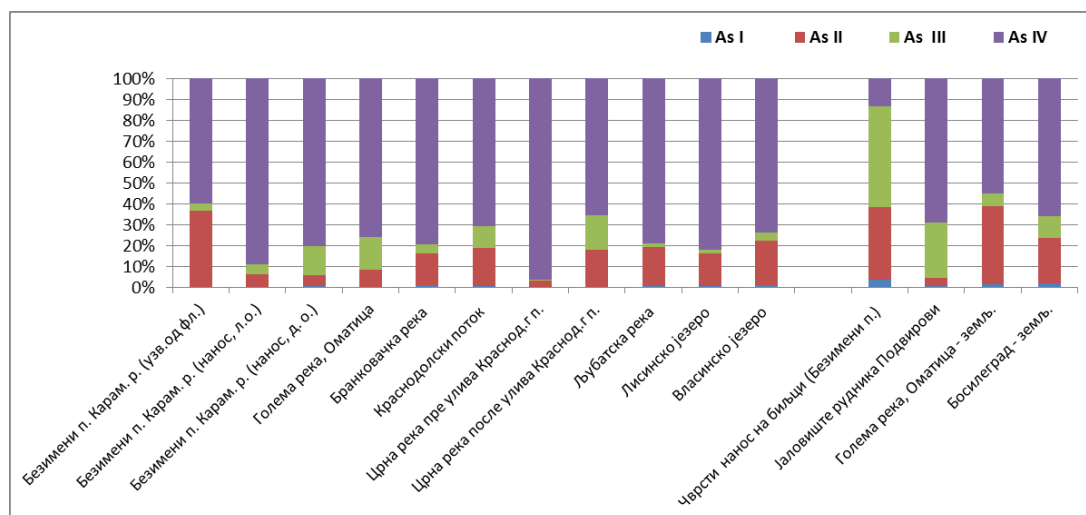


Слика 2.44. Садржај V по фазама екстракције.

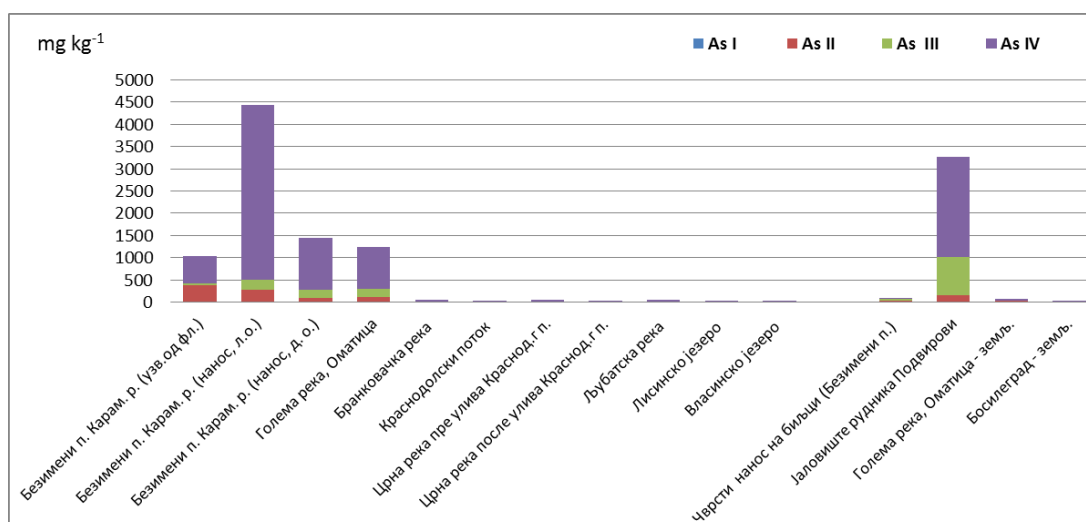
Табела 2.23. Садржај As у узорцима седимента и земљишта по фазама секв. екстракције [mg kg⁻¹]

Седимент	As I	As II	As III	As IV	As (Σ) ^a	МДК ^b	РВ ^b
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	1,11	373	35,6	614	1024	42	55
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	11,1	274	209	3934	4428	42	55
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	8,31	79,9	195	1161	1444	42	55
Голема река, Оматика	3,90	102	195	938	1239	42	55
Бранковачка река	0,71	8,29	2,27	43,2	54,5	42	55
Краснодолски поток	0,18	5,68	3,15	21,8	30,9	42	55
Црна река пре улива Краснодолског потока	<гд	1,51	0,24	44,6	46,4	42	55
Црна река после улива Краснодолског потока	<гд	6,91	6,28	25,2	38,4	42	55
Љубатска река	0,30	10,0	0,86	41,7	52,9	42	55
Лисинско језеро	0,21	3,74	0,42	19,7	24,0	42	55
Власинско језеро	0,05	0,89	0,16	3,11	4,2	42	55
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос						ГМВ^г	РВ^д
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	3,11	28,4	39,23	10,89	81,6	/	/
Јаловиште рудника Подвиови	16,77	128	875	2244	3264	/	/
Голема река, Оматика - земљиште	0,92	24,7	3,99	36,38	66,0	29	55
Босилеград - земљиште	0,44	4,86	2,32	14,72	22,3	29	55

^a сума екстрахованог As у 1, 2, 3 и 4 фази; ^b Максимално дозвољена концентрација; ^г Ремедијациона вредност (седимент); Гранична максимална вредност; ^д Ремедијациона вредност (земљиште); ^h <гд (гд = 0,18 µg/L);



Слика 2.45. Процентуална расподела садржаја As по фазама екстракције.

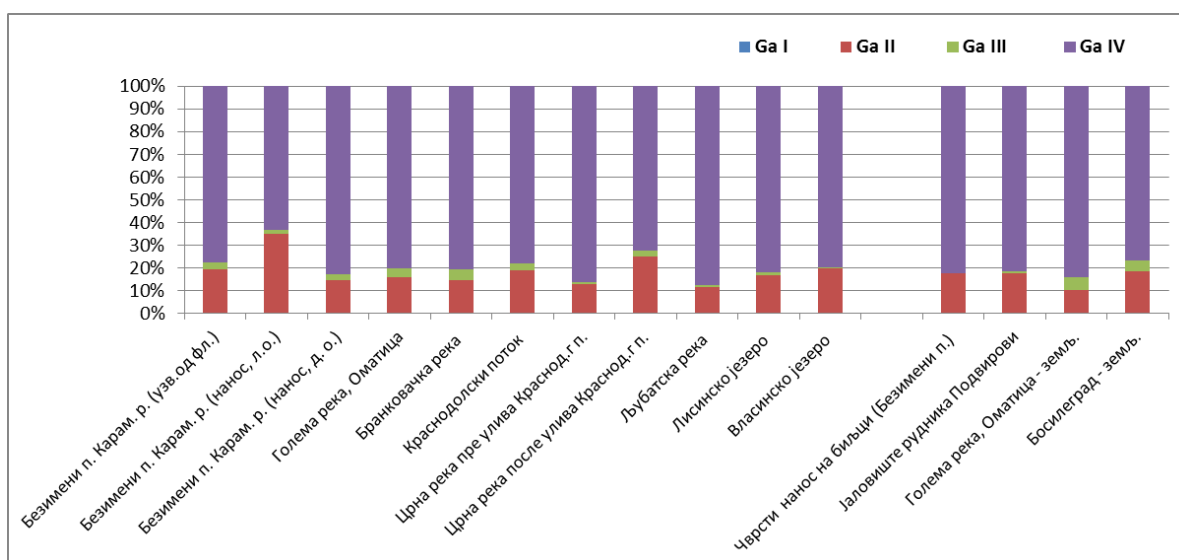


Слика 2.46. Садржај As по фазама екстракције.

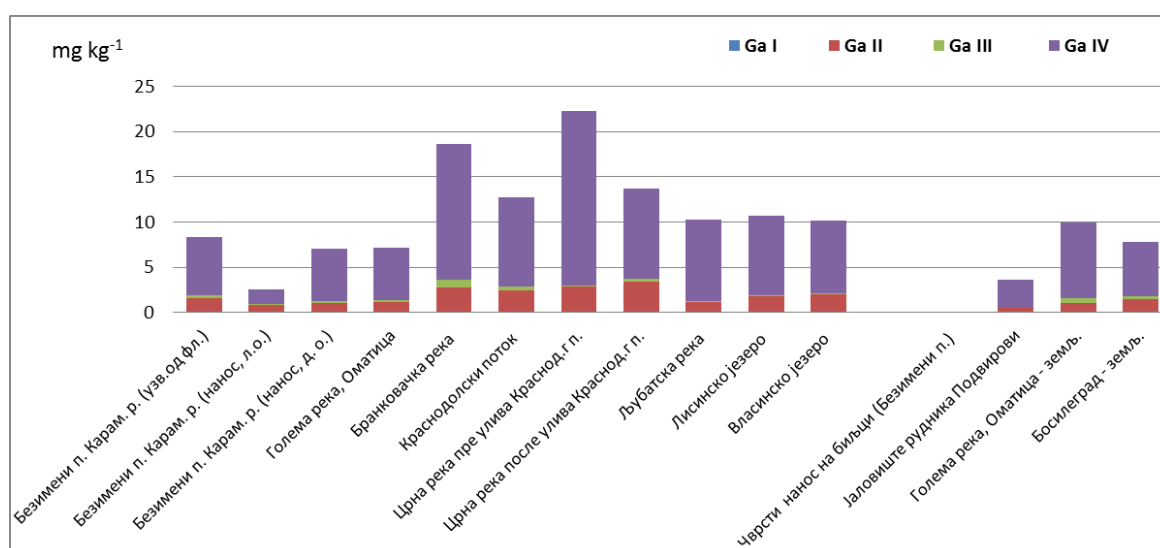
Табела 2.24. Садржај Ga у узорцима седимента и земљишта по фазама секв. екстракције [mg kg⁻¹]

Седимент	Ga I	Ga II	Ga III	Ga IV	Ga (Σ) ^a
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	0,0018	1,62	0,26	6,49	8,37
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	0,0025	0,90	0,04	1,62	2,56
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	0,0017	1,03	0,21	5,85	7,08
Голема река, Оматича	0,0008	1,16	0,26	5,78	7,19
Бранковачка река	0,0005	2,75	0,84	15,03	18,6
Краснодолски поток	0,0073	2,44	0,40	9,93	12,8
Црна река пре улива Краснодолског потока	0,0030	2,88	0,15	19,3	22,3
Црна река после улива Краснодолског потока	0,0047	3,41	0,34	9,89	13,6
Љубатска река	0,0004	1,19	0,08	8,95	10,2
Лисинско језеро	0,0005	1,79	0,15	8,80	10,7
Власинско језеро	0,0003	2,01	0,08	8,11	10,2
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос					
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	<гд ^b	0,02	<гд	0,08	0,10
Јаловиште рудника Подвирови	0,0021	0,65	0,03	3,00	3,68
Голема река, Оматича - земљиште	<гд	1,03	0,56	8,41	10,0
Босилеград - земљиште	<гд	1,47	0,36	6,00	7,83

^a сума екстрахованог Ga у 1, 2, 3 и 4 фази; ^b <гд (гд = 0,008 µg/L);



Слика 2.47. Процентуална расподела садржаја Ga по фазама екстракције.

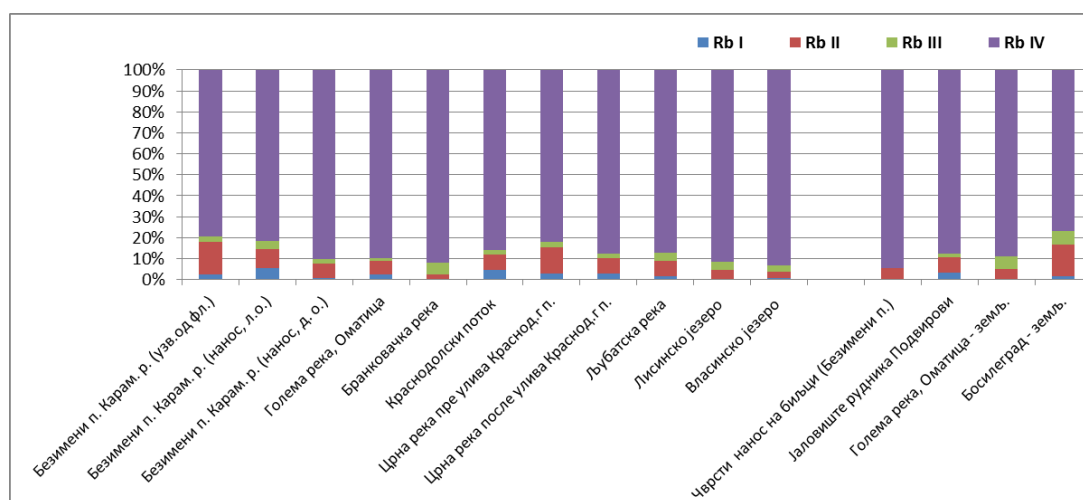


Слика 2.48. Садржај Ga по фазама екстракције.

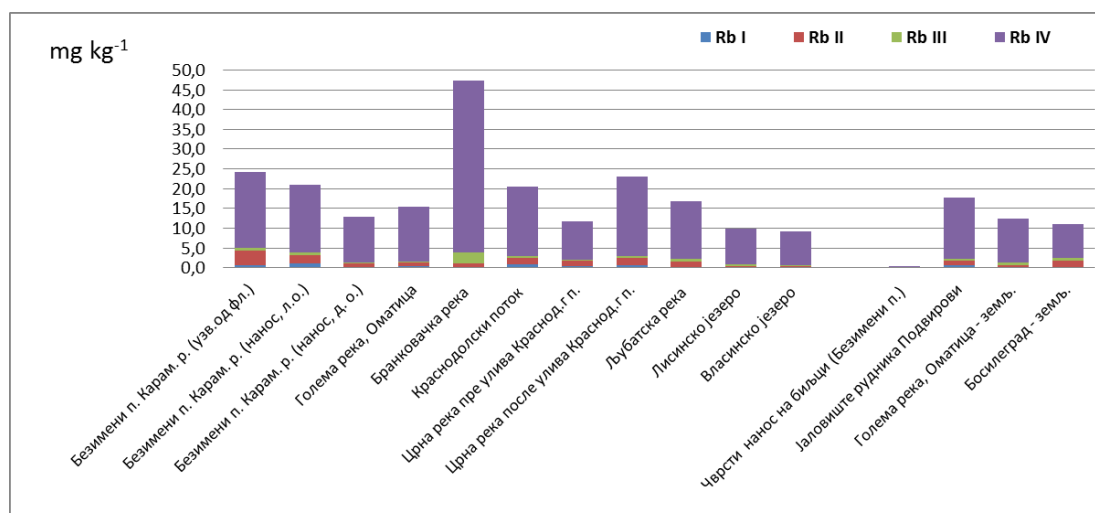
Табела 2.25. Садржај Rb у узорцима седимента и земљишта по фазама секв. екстракције [mg kg⁻¹]

Седимент	Rb I	Rb II	Rb III	Rb IV	Rb (Σ) ^a
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	0,58	3,77	0,70	19,2	24,3
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	1,14	1,92	0,81	17,0	20,9
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	0,09	0,89	0,31	11,7	13,0
Голема река, Оматица	0,35	1,01	0,22	13,8	15,4
Бранковачка река	0,15	0,90	2,69	43,5	47,3
Краснодолски поток	0,91	1,55	0,42	17,5	20,4
Црна река пре улива Краснодолског потока	0,34	1,44	0,32	9,60	11,7
Црна река после улива Краснодолског потока	0,70	1,67	0,48	20,2	23,1
Љубатска река	0,25	1,23	0,65	14,6	16,7
Лисинско језеро	<гд ^б	0,47	0,37	9,07	9,91
Власинско језеро	0,06	0,28	0,30	8,51	9,14
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос					
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	<гд	0,03	<гд	0,46	0,49
Јаловиште рудника Подвирови	0,55	1,32	0,35	15,5	17,7
Голема река, Оматица - земљиште	<гд	0,61	0,74	11,0	12,4
Босилеград - земљиште	0,15	1,68	0,73	8,44	11,0

^a сума екстрахованог Rb у 1, 2, 3 и 4 фази; ^б <гд (гд = 0,001 μg/L);



Слика 2.49. Процентуална расподела садржаја Rb по фазама екстракције.

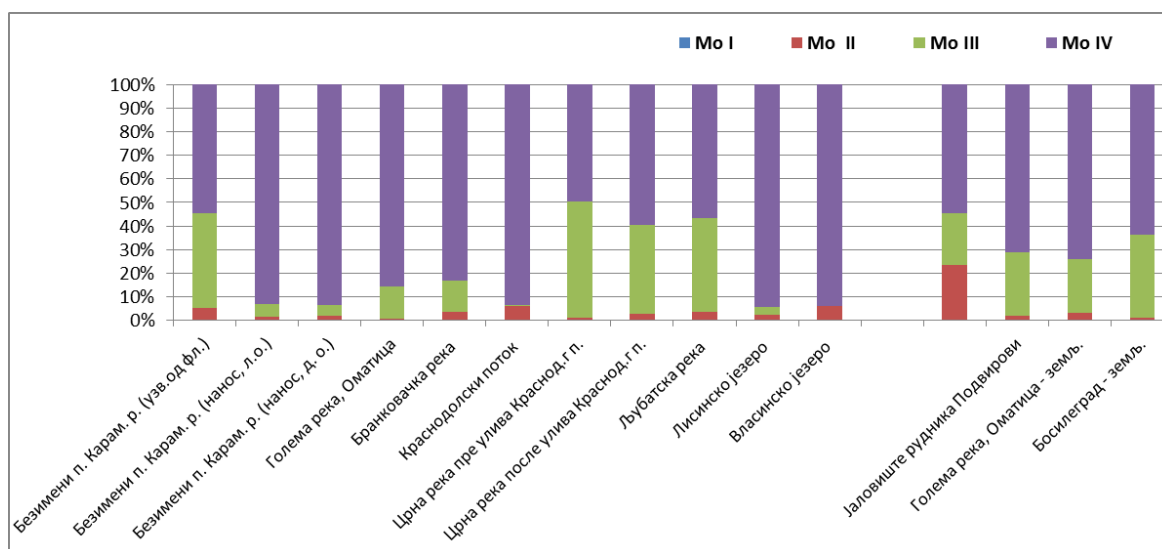


Слика 2.50. Садржај Rb по фазама екстракције.

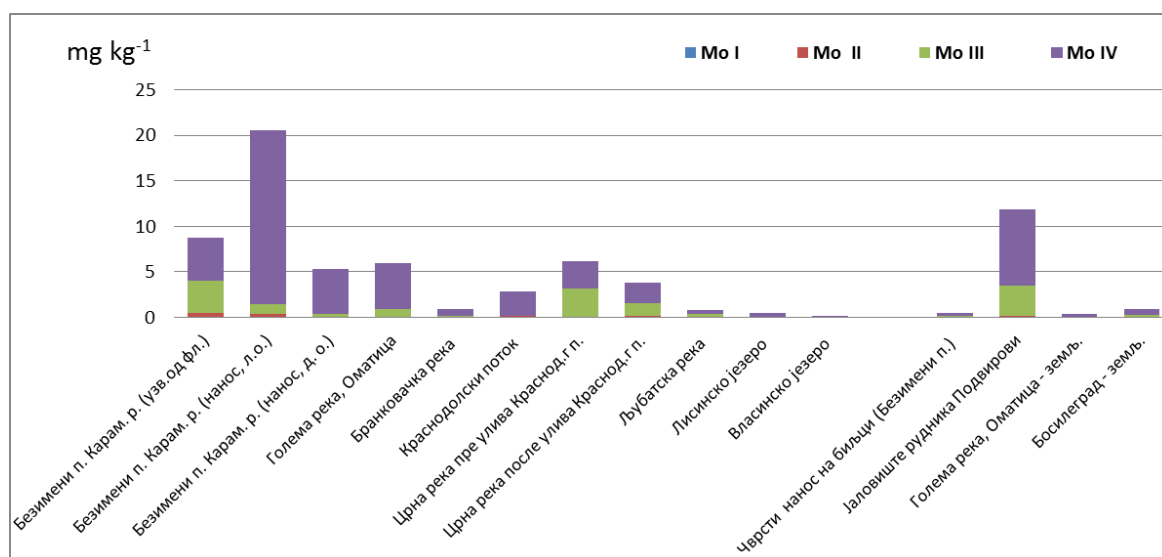
Табела 2.26. Садржај Мо у узорцима седимента и земљишта по фазама секв. екстракције [mg kg^{-1}]

Седимент	Мо I	Мо II	Мо III	Мо IV	Мо (Σ) ^a	МДК ^b	РВ ^b
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	0,0002	0,44	3,53	4,79	8,76	/	/
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	0,0008	0,35	1,09	19,06	20,5	/	/
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	0,0004	0,09	0,24	4,95	5,28	/	/
Голема река, Оматица	0,0004	0,05	0,81	5,12	5,98	/	/
Бранковачка река	0,0004	0,03	0,13	0,79	0,95	/	/
Краснодолски поток	0,0003	0,17	0,01	2,62	2,81	/	/
Црна река пре улива Краснодолског потока	0,0001	0,07	3,04	3,04	6,15	/	/
Црна река после улива Краснодолског потока	0,0003	0,11	1,44	2,26	3,81	/	/
Љубатска река	0,0001	0,03	0,33	0,47	0,83	/	/
Лисинско језеро	<гд	0,01	0,02	0,48	0,51	/	/
Власинско језеро	0,0001	0,01	0,00	0,15	0,16	/	/
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос						ГМВ^г	РВ^д
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	<гд ^б	0,10	0,10	0,24	0,44	/	/
Јаловиште рудника Подвирови	<гд	0,21	3,25	8,44	11,90	/	/
Голема река, Оматица - земљиште	<гд	0,01	0,07	0,24	0,33	3	200
Босилеград - земљиште	<гд	0,01	0,30	0,56	0,87	3	200

^a сума екстрахованог Мо у 1, 2, 3 и 4 фази; ^b Максимално дозвољена концентрација; ^в Ремедијациона вредност (седимент); ^г Гранична максимална вредност; ^д Ремедијациона вредност (земљиште); ^б <гд (гд = 0,006 $\mu\text{g/L}$);



Слика 2.51. Процентуална расподела садржаја Мо по фазама екстракције.



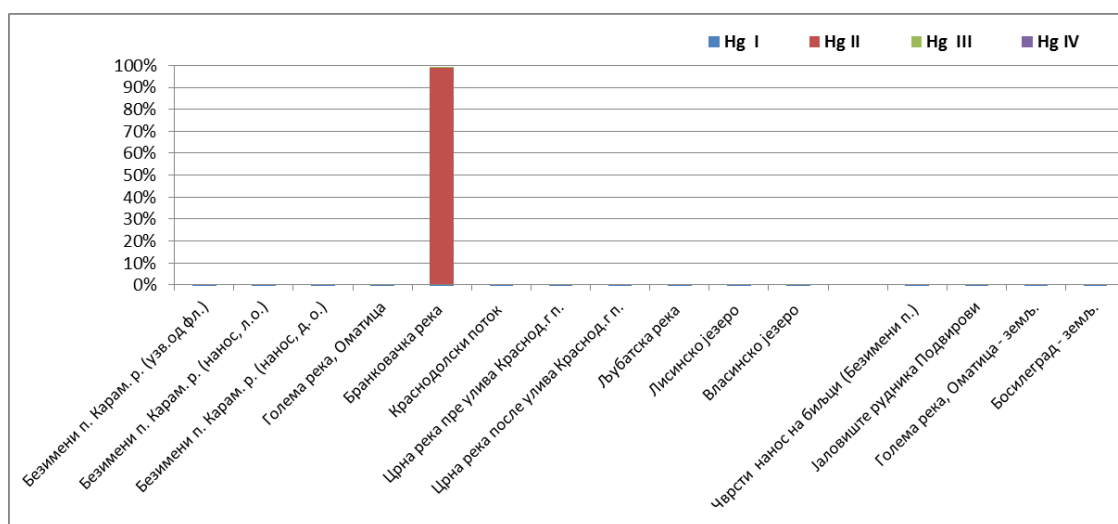
Слика 2.52. Садржај Мо по фазама екстракције.

Табела 2.27. Садржај Hg у узорцима седимента и земљишта по фазама секв. екстракције [mg kg⁻¹]

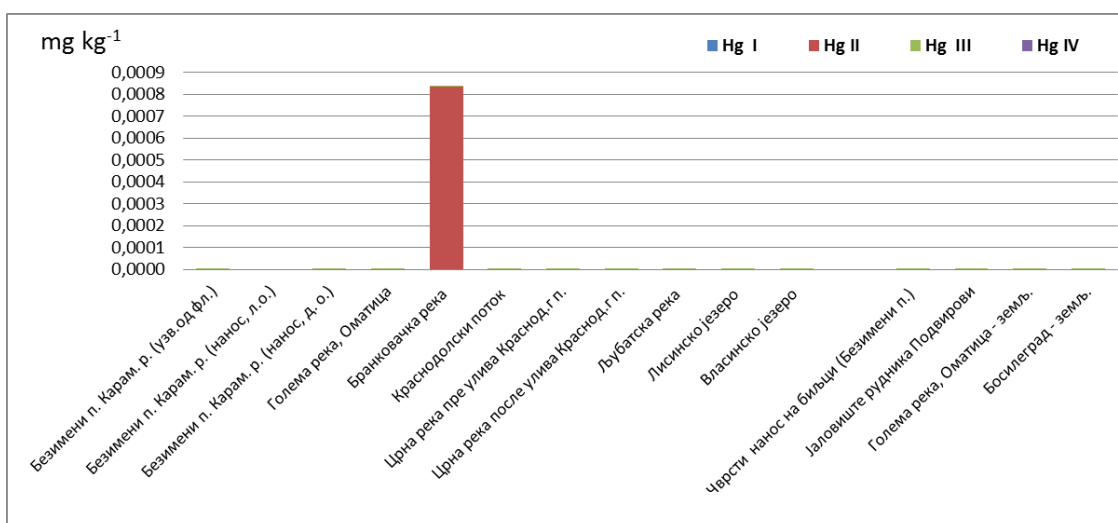
Седимент	Hg I	Hg II	Hg III	Hg IV	Hg (Σ) ^a	МДК ^b	РВ ^b
Безимени поток Караманичке р. (узд. од флотације)	<гд ^b	<гд	<гд	<гд	<гд	1,6	10
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд	1,6	10
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд	1,6	10
Голема река, Оматица	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд	1,6	10
Бранковачка река	<гд	0,0008	<гд	<гд	0,0008	1,6	10
Краснодолски поток	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд	1,6	10
Црна река пре улива Краснодолског потока	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд	1,6	10
Црна река после улива Краснодолског потока	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд	1,6	10
Љубатска река	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд	1,6	10
Лисинско језеро	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд	1,6	10
Власинско језеро	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд	1,6	10
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос						ГМВ^г	РВ^д
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд		
Јаловиште рудника Подвирова	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд		
Голема река, Оматица - земљиште	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд	0,3	10
Босилеград - земљиште	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд	0,3	10

^a сума екстраховане Hg у 1, 2, 3 и 4 фази; ^b Максимално дозвољена концентрација; ^г Ремедијациона вредност (седимент);

Гранична максимална вредност; ^д Ремедијациона вредност (земљиште); ^б <гд (гд = 0,001 µg/L);



Слика 2.53. Процентуална расподела садржаја Hg по фазама екстракције.

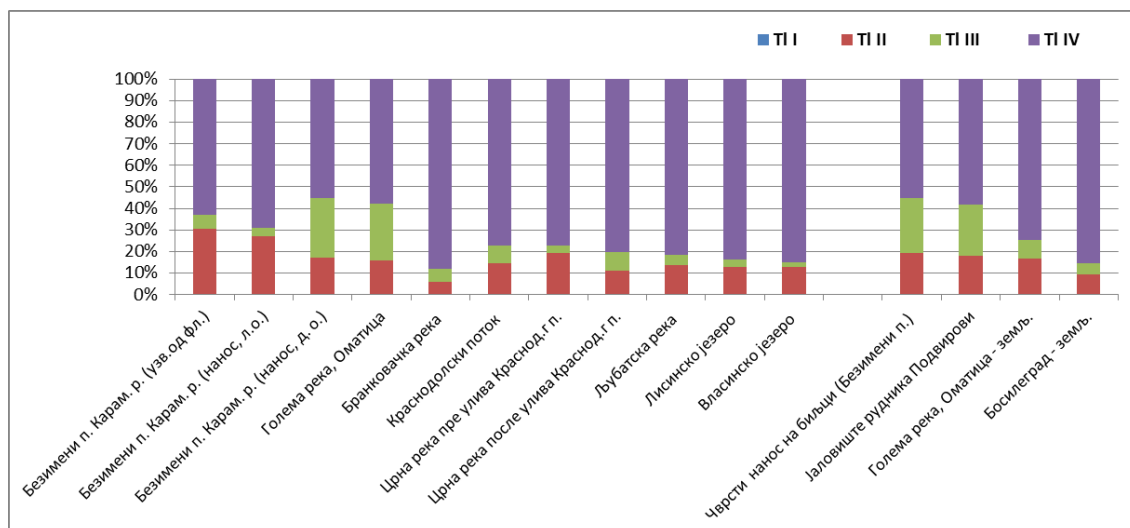


Слика 2.54. Садржај Hg по фазама екстракције.

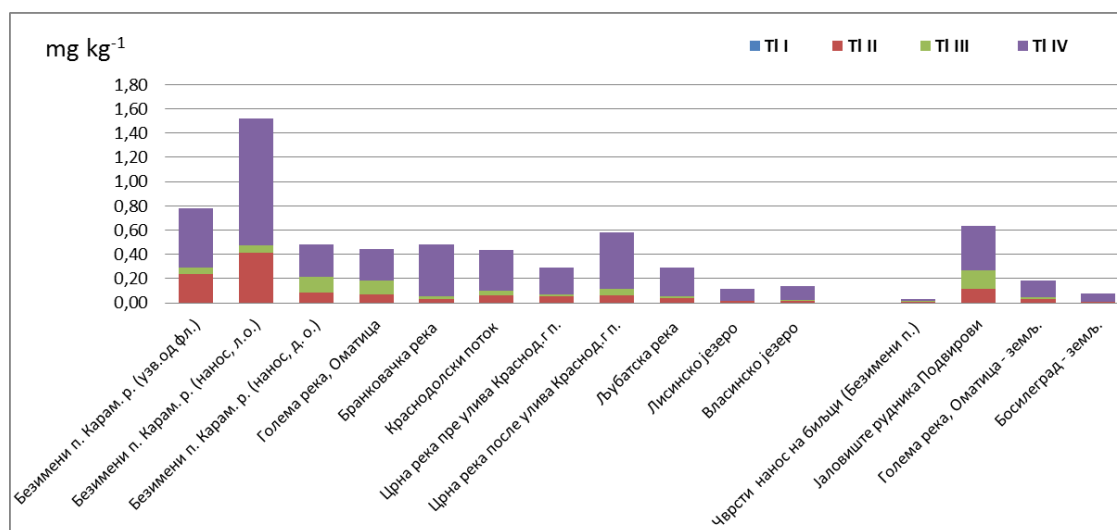
Табела 2.28. Садржај Тl у узорцима седимента и земљишта по фазама секв. екстракције [mg kg⁻¹]

Седимент	Тl I	Тl II	Тl III	Тl IV	Тl (Σ) ^a	МДК ^b	РВ ^a
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	0,0002	0,239	0,051	0,49	0,78	/	/
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	0,0005	0,411	0,060	1,05	1,52	/	/
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	0,0001	0,083	0,133	0,27	0,48	/	/
Голема река, Оматца	0,0002	0,070	0,117	0,26	0,45	/	/
Бранковачка река	0,0000	0,029	0,028	0,42	0,48	/	/
Краснодолски поток	0,0002	0,062	0,037	0,34	0,44	/	/
Црна река пре улива Краснодолског потока	<гд ^b	0,057	0,009	0,23	0,29	/	/
Црна река после улива Краснодолског потока	0,0001	0,064	0,051	0,46	0,58	/	/
Љубатска река	0,0001	0,040	0,014	0,24	0,29	/	/
Лисинско језеро	<гд	0,015	0,004	0,09	0,11	/	/
Власинско језеро	<гд	0,017	0,003	0,11	0,13	/	/
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос						ГМВ^г	РВ^д
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	<гд	0,005	0,007	0,02	0,03	/	/
Јаловиште рудника Подвирови	0,0003	0,115	0,150	0,37	0,64	/	/
Голема река, Оматца - земљиште	<гд	0,031	0,016	0,14	0,19	1	15
Босилеград - земљиште	<гд	0,007	0,004	0,06	0,07	1	15

^a сума екстрахованог Тl у 1, 2, 3 и 4 фази; ^b Максимално дозвољена концентрација; ^г Ремедијациона вредност (седимент); Гранична максимална вредност; ^д Ремедијациона вредност (земљиште); ^б <гд (гд = 0,0001 µg/L);



Слика 2.55. Процентуална расподела садржаја Тl по фазама екстракције.

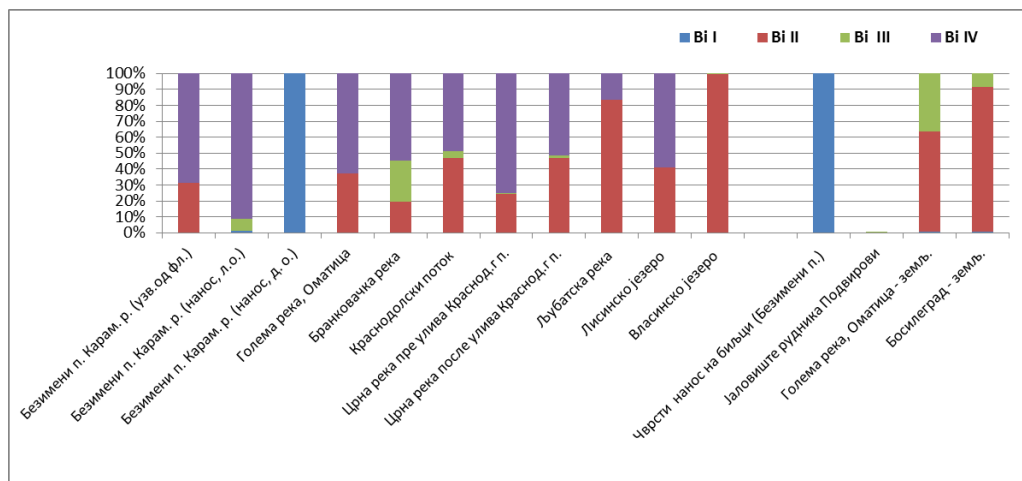
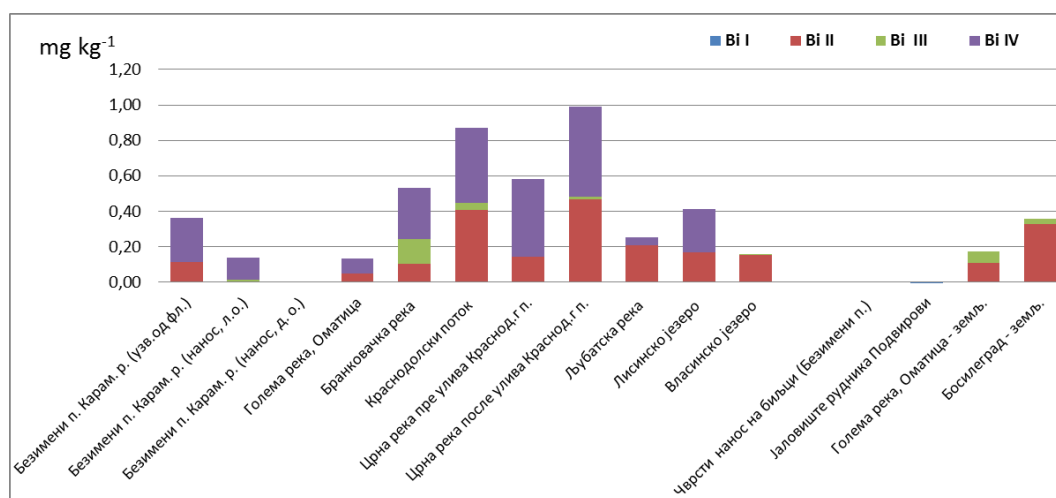


Слика 2.56. Садржај Тl по фазама екстракције.

Табела 2.29. Садржај Bi у узорцима седимента и земљишта по фазама секв. екстракције [mg kg^{-1}]

Седимент	Bi I	Bi II	Bi III	Bi IV	Bi (Σ) ^a
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	0,0001	0,113	<гд	0,249	0,362
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	0,0014	<гд	0,011	0,126	0,138
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	0,0004	<гд	<гд	<гд	0,0004
Голема река, Оматича	0,0001	0,051	<гд	0,085	0,136
Бранковачка река	0,0003	0,103	0,137	0,289	0,530
Краснодолски поток	0,0002	0,409	0,038	0,425	0,872
Црна река пре улива Краснодолског потока	0,0004	0,141	0,002	0,439	0,583
Црна река после улива Краснодолског потока	0,0008	0,464	0,017	0,508	0,990
Љубатска река	0,0003	0,210	<гд	0,042	0,252
Лисинско језеро	0,0006	0,169	<гд	0,243	0,413
Власинско језеро	0,0003	0,154	0,001	<гд	0,155
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос					
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	0,0004	<гд	<гд	<гд	<гд
Јаловиште рудника Подвирови	<гд ^б	<гд	<гд	<гд	<гд
Голема река, Оматича - земљиште	0,0009	0,108	0,063	<гд	0,172
Босилеград - земљиште	0,0021	0,325	0,030	<гд	0,358

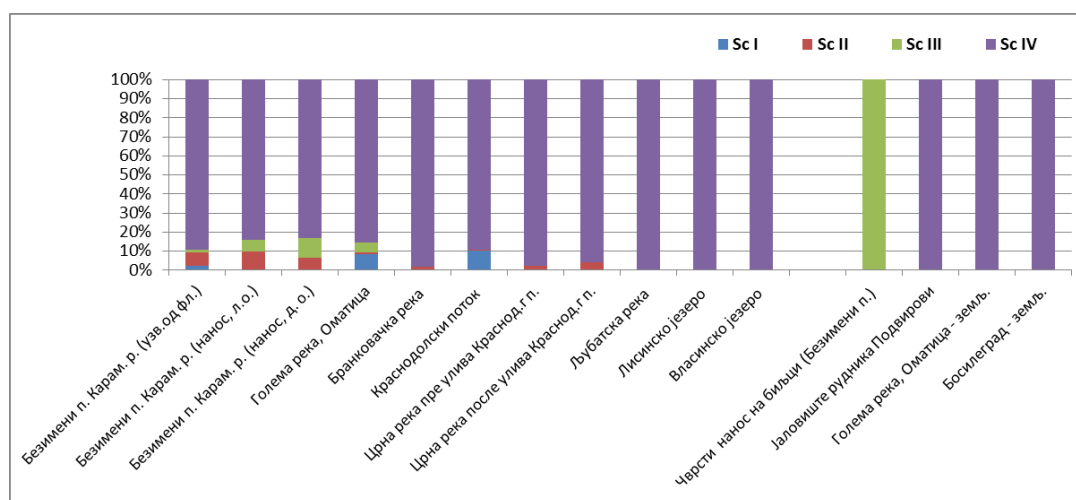
^a сума екстрахованог Bi у 1, 2, 3 и 4 фази; ^б <гд (гд = 0,0002 $\mu\text{g/L}$);

Табела 2.57. Процентуална расподела садржаја Bi по фазама екстракције.Слика 2.58. Садржај Bi по фазама екстракције.

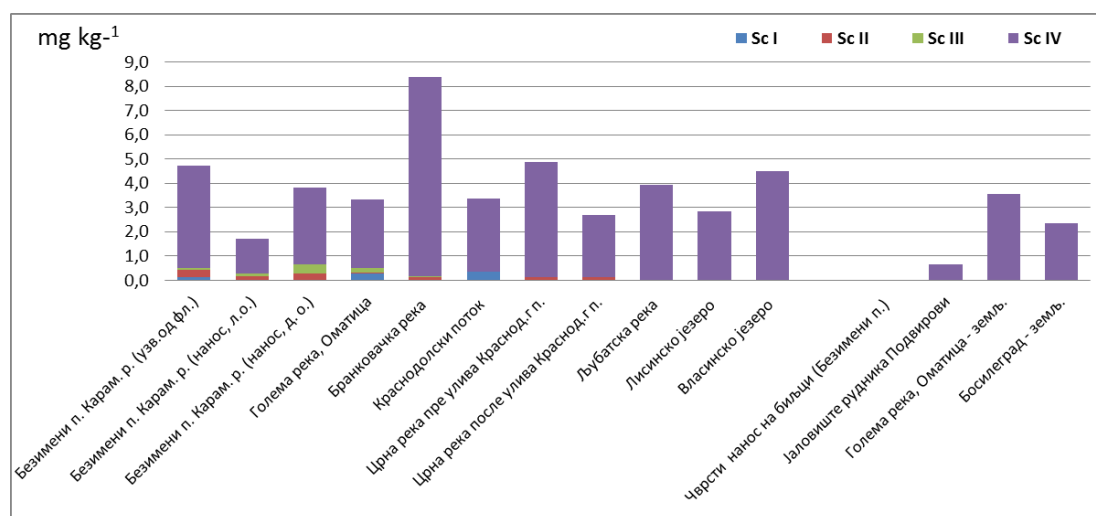
Табела 2.30. Садржај Sc у узорцима седимента и земљишта по фазама секв. екстракције [mg kg^{-1}]

Седимент	Sc I	Sc II	Sc III	Sc IV	Sc (Σ) ^a
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	0,111	0,325	0,063	4,21	4,71
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	<гд ⁶	0,170	0,102	1,42	1,70
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	<гд	0,258	0,391	3,18	3,82
Голема река, Оматича	0,273	0,033	0,182	2,82	3,31
Бранковачка река	0,004	0,134	0,017	8,22	8,38
Краснодолски поток	0,347	0,015	<гд	3,01	3,38
Црна река пре улива Краснодолског потока	<гд	0,107	<гд	4,75	4,86
Црна река после улива Краснодолског потока	<гд	0,116	<гд	2,58	2,69
Љубатска река	<гд	<гд	<гд	3,94	3,94
Лисинско језеро	<гд	<гд	<гд	2,85	2,85
Власинско језеро	<гд	<гд	<гд	4,48	4,48
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос					
Чврсти акумулирани нанос на билици (Безимени поток)	<гд	<гд	<гд	<гд	<гд
Јаловиште рудника Подвирови	<гд	<гд	<гд	0,65	0,65
Голема река, Оматича - земљиште	<гд	<гд	<гд	3,55	3,55
Босилеград - земљиште	<гд	<гд	<гд	2,36	2,36

^a сума екстрахованог Sc у 1, 2, 3 и 4 фази; ⁶ <гд (гд = 0,002 $\mu\text{g/L}$);



Слика 2.59. Процентуална расподела садржаја Sc по фазама екстракције

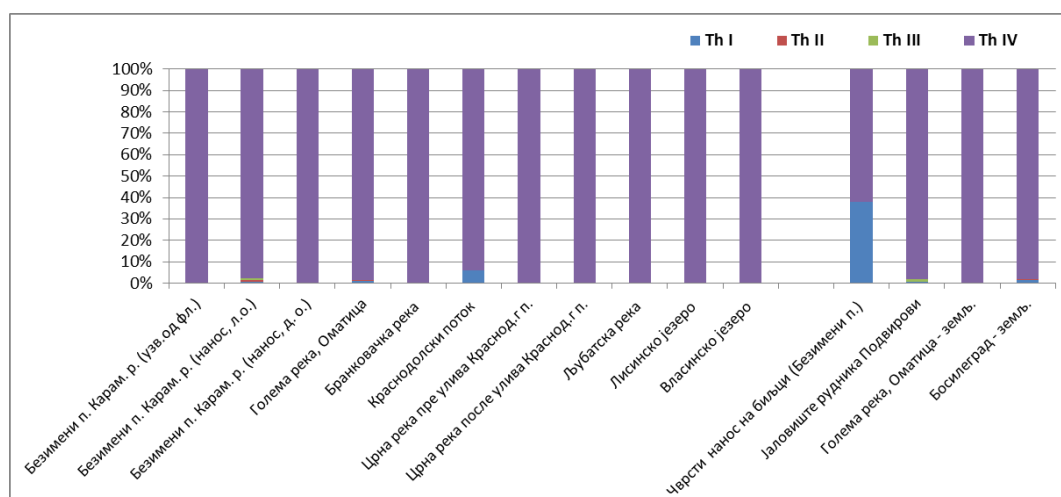


Слика 2.60. Садржај Sc по фазама екстракције.

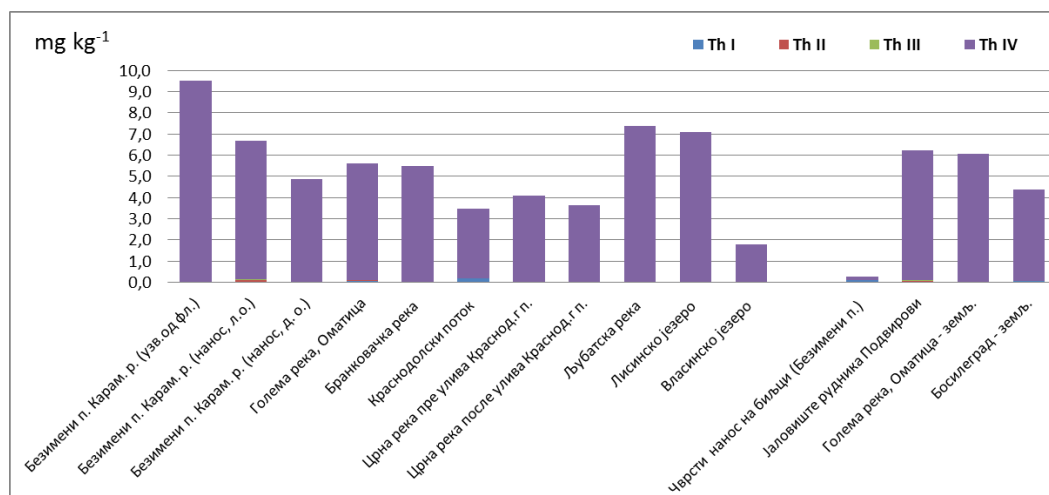
Табела 2.31. Садржај Th у узорцима седимента и земљишта по фазама секв. екстракције [mg kg⁻¹]

Седимент	Th I	Th II	Th III	Th IV	Th (Σ) ^a
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	<гд ^б	0,033	<гд	9,48	9,51
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	0,037	0,060	0,063	6,52	6,68
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	0,009	0,009	<гд	4,86	4,88
Голема река, Оматица	0,070	0,018	<гд	5,53	5,62
Бранковачка река	0,000	0,010	<гд	5,46	5,47
Краснодолски поток	0,203	0,003	<гд	3,25	3,45
Црна река пре улива Краснодолског потока	<гд	0,013	<гд	4,08	4,09
Црна река после улива Краснодолског потока	<гд	0,003	<гд	3,62	3,63
Љубатска река	<гд	0,000	<гд	7,38	7,38
Лисинско језеро	<гд	0,008	<гд	7,08	7,09
Власинско језеро	<гд	0,006	<гд	1,78	1,79
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос					
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	0,104	<гд	<гд	0,17	0,27
Јаловиште рудника Подвирови	0,033	0,014	0,059	6,10	6,21
Голема река, Оматица - земљиште	0,003	0,009	<гд	6,06	6,07
Босилеград - земљиште	0,061	0,018	<гд	4,29	4,37

^a сума екстрахованог Th у 1, 2, 3 и 4 фази; ^б <гд (гд = 0,0004 μg/L);



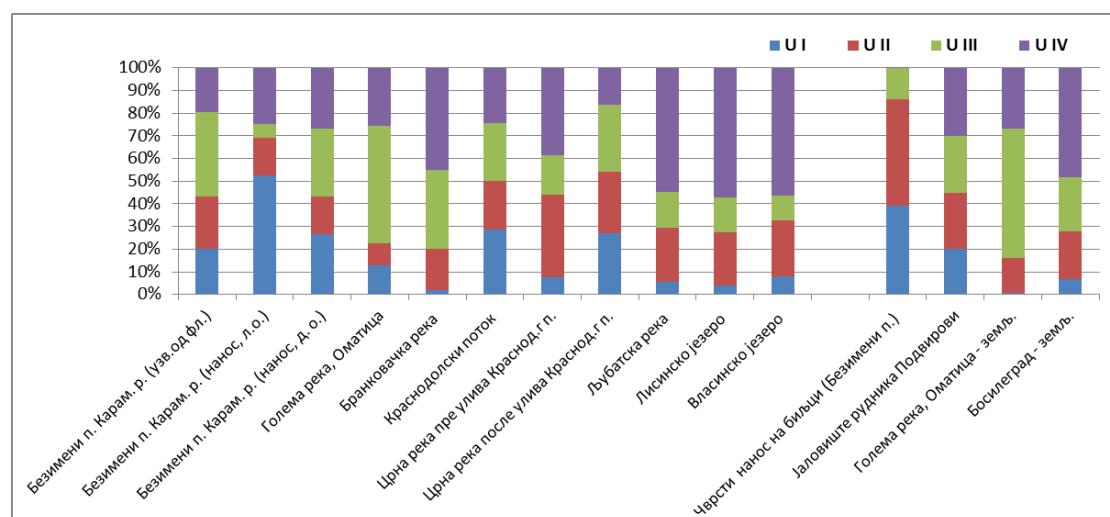
Слика 2.61. Процентуална расподела садржаја Th по фазама екстракције.



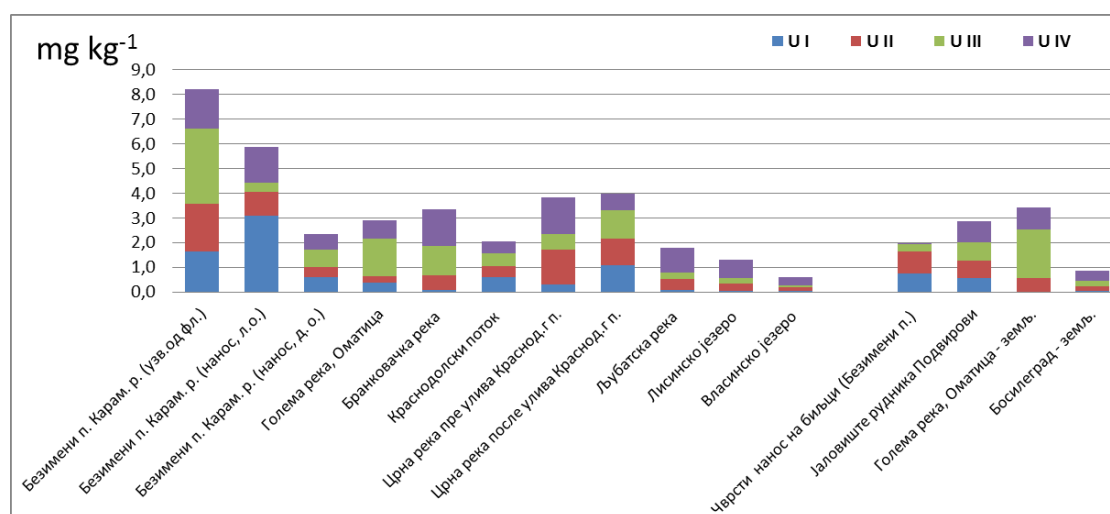
Слика 2.62. Садржај Th по фазама екстракције.

Табела 2.32. Садржај U у узорцима седимента и земљишта по фазама секвенцијалне екстракције [mg kg^{-1}]

Седимент	U I	U II	U III	U IV	U (Σ) ^a
Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације)	1,639	1,922	3,046	1,599	8,21
Безимени поток Караманичке реке (нанос, лева обала)	3,079	0,966	0,359	1,452	5,86
Безимени поток Караманичке реке (нанос, десна обала)	0,618	0,393	0,695	0,627	2,33
Голема река, Оматица	0,376	0,279	1,497	0,734	2,89
Бранковачка река	0,068	0,609	1,168	1,504	3,35
Краснодолски поток	0,593	0,438	0,527	0,502	2,06
Црна река пре улива Краснодолског потока	0,290	1,405	0,661	1,481	3,84
Црна река после улива Краснодолског потока	1,072	1,075	1,160	0,651	3,96
Љубатска река	0,096	0,427	0,276	0,973	1,77
Лисинско језеро	0,052	0,306	0,199	0,743	1,30
Власинско језеро	0,050	0,151	0,065	0,345	0,61
Земљиште, јаловиште и акумулирани нанос					
Чврсти акумулирани нанос на биљци (Безимени поток)	0,756	0,900	0,268	0,004	1,93
Јаловиште рудника Подвирови	0,575	0,705	0,720	0,862	2,86
Голема река, Оматица - земљиште	0,023	0,528	1,966	0,920	3,44
Босилеград - земљиште	0,057	0,182	0,205	0,416	0,86

^a сума екстрахованог U у 1, 2, 3 и 4 фази;

Слика 2.63. Процентуална расподела садржаја U по фазама екстракције.



Слика 2.64. Садржај U по фазама екстракције.

2.3. Дискусија резултата

Расподела елемената по фракцијама у узорцима седимента и земљишта и резултати поређења укупно екстрахованог садржаја са граничним и ремедијационим вредностима приказана је ниже.

Цинк Расподела цинка по фракцијама секвенцијалне екстракције није иста у свим седиментима на испитиваним локалитетима, али је уочено да је највећи проценат цинка везан у органско/сулфидној фракцији (III), затим у лако измењивој и биодоступној за улазак у ланац исхране (I), док је на неким локалитетима значајно везивање цинка и у оксидној – лако доступна код промене редокс потенцијала (II) и резидуалној (IV) фракцији – недоступној за улазак у ланац исхране.

Уочен је много већи садржај цинка у узорку наноса (лева обала) поред Безименог потока Караманичке реке. Већи садржај овог елемента је уочен и у седименту из Краснодолског потока и Црне реке, после улива Краснодолског потока. Укупни екстраховани садржај цинка (УЕС) на већини локалитета је већи од Максимално дозвољене концентрације (МДК) и ремедијационе вредности (РВ) које су прописане наведеном Уредбом о граничним вредностима за седимент. У узорку земљишта са локалитета Оматца је такође уочен повећан садржај цинка у односу на норму дефинисане Уредбом о граничним вредностима за земљиште, као и у узорку са јаловишта рудника Подвирови.

Никал је у речном седименту доминантно везан у резидуалној (IV) фракцији која није ризична по животну средину у већини узорака, осим у седименту Безименог потока Караманичке реке (узводно од флотације) и наносу са леве обале поред Безименог потока Караманичке реке, где је никал значајно екстрахован у I (лако измењива) и II (оксидна) фракцији. Укупни екстраховани садржај никла из седимента је углавном мањи од МДК и РВ, осим на три локалитета (Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације), Бранковачка река и Лисинско језеро), где су вредности мало веће од оних прописаних Правилником.

Бакар Доминантне фракције у којима је везан бакар су III (органско-сулфидна) и IV (резидуална), док је у седименту из Безименог потока Караманичке реке (узводно од флотације) значајно везивање овог елемента и у I, измењивој фракцији.

На већини локалитета, укупни екстраховани садржај бакра је већи од МДК и РВ (Безимени поток Караманичке р. (узводно од флотације) Безимени поток Караманичке реке (наноси, лева и десна обала), Голема река, Оматца, Краснодолски поток, Црна река пре и после улива Краснодолског потока и Љубатска река), као и у узорку земљишта са локалитета Оматца и у узорку са јаловишта рудника Подвирови. Висок садржај бакра је нађен и у чврстом акумулираном наносу на биљци из Безименог потока.

Хром Хром је у узорцима речног седимента доминантно везан у резидуалној (IV) фракцији у већини узорака, осим у наносу са леве обале поред Безименог потока Караманичке реке, где је хром значајно екстрахован и у оксидној фракцији, док је у измењивој (I) фракцији екстрахован мали садржај хрома, што указује на малу мобилност овог елемента у испитиваним седиментима.

Укупни екстраховани садржај хрома је мањи од МДК и РВ на свим испитиваним локалитетима. Нешто већи садржај хрома у односу на остале је уочен у седименту из Бранковачке реке.

Олово Доминантно је везано у оксидној (II) фракцији, али је на неким локалитетима у везивању значајна и органско/сулфидна фракција (III), као и резидуална (IV) фракција (узорци из Безименог потока Караманичке р. (узводно од флотације) и Црне реке, после улива Краснодолског потока).

У узорцима речног седимента, скоро све вредности укупно екстрахованог олова су веће од МДК и на већини локалитета су вредности веће и од РВ, осим у седиментима из Бранковачке реке и Власинског језера. Висок садржај олова је уочен и у узорку земљишта са локалитета Оматика и у узорку са јаловишта рудника Подвирови.

Кадмијум Доминантно везивање кадмијума је уочено у измењивој (I) фракцији (седимент из Безименог потока Караманичке р. (узводно од флотације), Љубатске реке и Лисинског језера), измењивој (I) и оксидној (II) фракцији (Бранковачка река), док је у осталим узорцима речног седимента значајно везивање и у органско/сулфидној (III) фракцији.

Високе вредности укупно екстрахованог кадмијума су уочене у испитиваним седиментима и на већини локалитета вредности су веће од МДК и РВ (седименти из Безименог потока Караманичке р. (узводно од флотације, затим у наносу са леве и десне обале), Големе реке (Оматика), Краснодолског потока и Црне реке, после улива Краснодолског потока.

Алуминијум Просечна расподела по фракцијама: IV (резидуална) >> II (оксидна) > III (органско/сулфидна) > I (измењива).

Низак садржај екстрахованог садржаја алуминијума је уочен у I (измењивој) фракцији.

Бор Низак садржај бора је екстрахован из испитиваних седимената на већини локалитета, осим из Краснодолског потока (доминантно везивање бора у оксидној (II) фракцији) и Лисинског језера (доминантно везивање у органско/сулфидној фракцији (III)).

Баријум Просечна расподела расподела по фракцијама: II (оксидна) > IV (резидуална) > I (измењива) > III (органско/сулфидна).

У односу на остале узорке, у Бранковачкој реци је уочен мало већи садржај баријума.

Калцијум Просечна расподела по фракцијама: I (измењива) > II (оксидна) > III (органско/сулфидна) > IV (резидуална).

Расподела садржаја екстрахованог калцијума по фракцијама је различита у испитиваним седиментима, што је последица различитог садржаја карбоната и других супстрата у узорцима седимента.

Кобалт Просечна расподела по фракцијама: IV (резидуална) > II (оксидна) > III (органско/сулфидна) > I (измењива).

Уочено је да је укупно екстрахован садржај кобалта из земљишта већи од ГМВ (гранична максимална вредност), али с обзиром да су вредности незнатно изнад граничних, као и да је велики садржај кобалта везан у четвртој фракцији, могуће је претпоставити да је кобалт доминантно геохемијског порекла.

Гвожђе Просечна расподела по фракцијама: IV (резидуална) > II (оксидна) > III (органско/сулфидна) > I (измењива).

Оваква расподела садржаја гвожђа по фракцијама је уочена у највећем броју узорака, мада је у неким седиментима различита процентуална заступљеност садржаја у појединим фракцијама.

Калијум Екстраховани калијум је присутан у свим фракцијама, али је различита заступљеност у појединим фракцијама на различитим локалитетима.

Литијум Просечна расподела по фракцијама: IV (резидуална) > II (оксидна) > III (органско/сулфидна) > I (измењива).

Литијум је углавном везан у IV (резидуалној) фракцији, нешто у II (оксидној) и III (органско/сулфидној). У узорку наноса из Безименог потока Караманичке реке (лева обала) је

уочено доминантно везивање литијума у II (оксидној) фракцији, али је на овом локалитету укупно екстрахован садржао литијума низак.

Магнезијум Просечна расподела по фракцијама: IV (резидуална) > II (оксидна) > III (органско/сулфидна) > I (измењива).

Наведена расподела по фракцијама је уочена у узорцима седимента, док је у земљишту магнезијум значајно везан у I (измењивој) фракцији, што указује да је магнезијум присутан највише у форми карбоната. У чврстом наносу на биљци из Безименог потока је показано доминантно порекло магнезијума из карбоната.

Манган Уочен је много већи садржај мангана у узорцима седимента из Безименог потока, Големе реке (Оматица), Бранковачке реке, Краснодолског потока и Црне реке (оба узорка), него у узорцима Љубатске реке, Лисинског и Власинског језера. Повећан садржај мангана је уочен и у узорку јаловишта рудника Подвирови.

Просечна расподела мангана у већини узорака седимената је: II (оксидна) > I (измењива) > IV (резидуална) > III (органско/сулфидна), док је у неким узорцима уочено и доминантно везивање мангана у IV (резидуалној) фракцији.

Натријум Неравномерна расподела екстрахованог натријума по фракцијама је уочена у испитиваним седиментима. Натријум је екстрахован углавном у I (измењивој) и II (оксидној) фракцији, а нижи проценат је екстрахован и у IV (резидуалној) и III (органско/сулфидној) фракцији.

Фосфор Фосфор је екстрахован само у IV (резидуалној) и II (оксидној) фракцији.

Сумпор Просечна расподела по фракцијама: III (органско/сулфидна) > IV (резидуална) > II (оксидна) > I (измењива), и сумпор је углавном доминантно екстрахован у органско/сулфидној фракцији. Ова расподела указује да је сумпор углавном присутан у форми сулфида. На појединим локалитетима су уочени и другачији трендови од наведеног, као и различита процентуална заступљеност екстрахованог сумпора по фракцијама. У узорку чврстог наноса, део сумпора је значајно екстрахован у измењивој фракцији.

Селен Уочен је низак садржај екстрахованог селена и просечна расподела по фракцијама је: II (оксидна) > IV (резидуална) > III (органско/сулфидна) > I (измењива).

Стронцијум Просечна расподела по фракцијама: II (оксидна) > IV (резидуална) > III (органско/сулфидна) > I (измењива).

Највише стронцијума је екстраховано у другој, оксидној фракцији. У узорку чврстог, акумулираног наноса на биљци (Безимени поток), где је уочен највећи садржај стронцијума, значајан садржај овог елемента је екстрахован и у трећој, органско/сулфидној фракцији.

Ванадијум Просечна расподела по фракцијама: IV (резидуална) > II (оксидна) > III (органско/сулфидна) > I (измењива).

У већини узорака, ванадијум је доминантно везан у резидуалној (IV) фракцији, осим у узорку чврстог наноса и јаловишту, где је уочен значај и оксидне фракције за везивање овог елемента.

Арсен У узорцима речног седимента, арсен је доминантно везан у резидуалној (IV) фракцији, осим у седименту Безименог потока Караманичке р. (узводно од флотације), где је у везивању арсена значајна и оксидна (II) фракција. Арсен је везан у оксидној (II) и органско/сулфидној фракцији (III) и код осталих узорака, али је у већини испитиваних седимената више од 60% арсена везано у резидуалној (IV) фракцији.

Укупни екстраховани садржај арсена је на доста локалитета већи од МДК. Такође, уочен је много већи садржај арсена у узорцима из Безименог потока Караманичке р. (узводно од

флотације, наносу са лева и десне обале), Големе реке (Оматица), као и у узорку са јаловишта рудника Подвирови. Висок садржај арсена је уочен и у узорку земљишта са локалитета Оматица.

Галијум Просечна расподела по фракцијама: IV (резидуална) > II (оксидна) > III (органско/сулфидна) > I (измењива) - сви узорци.

Рубидијум Просечна расподела по фракцијама: IV (резидуална) > II (оксидна) > III (органско/сулфидна) > I (измењива) - сви узорци.

Молибден Просечна расподела по фракцијама: V (резидуална) > II (оксидна) > III (органско/сулфидна) > I (измењива) - сви узорци.

Нешто већи садржај молибдена у односу на остале је уочен у наносу са леве обале Безименог потока Караманичке реке. Такође, молибдена нешто више има и у узорку јаловишта рудника Подвирови.

Жива Из скоро свих узорака, жива је екстрахована у садржају који је нижи од границе детекције, осим из седимента Бранковачке реке, али је и на овом локалитету екстрахован низак садржај овог елемента, близак граници детекције.

Талијум Просечна расподела по фракцијама: IV (резидуална) > II (оксидна) > III (органско/сулфидна) > I (измењива) - сви узорци.

Укупно екстраховани садржај талијума из земљишта је нижи од ГМВ и РВ.

Бизмут Уочен је низак садржај екстрахованог бизмута, углавном у IV (резидуална) и II (оксидној) фракцији, а у неким узорцима екстрахован је и у III (органско/сулфидној) фракцији.

Скандијум Уочено је доминантно везивање скандијума у IV (резидуална) фракцији.

Торијум Уочено је доминантно везивање торијума у IV (резидуална) фракцији.

Уранијум Уочена је различита расподела и различит екстрахован садржај уранијума у узорцима седимента. У већини узорака седимента, просечна расподела по фракцијама је: III (органско/сулфидна) > IV (резидуална) > I (измењива) > II (оксидна), док је у неким узорцима (Љубатска река, Лисинско и Власинско језеро) расподела по фракцијама: IV (резидуална) > III (органско/сулфидна) > II (оксидна) > I (измењива).

У испитиваним узорцима речног седимента уочени су високи садржаји Zn, Cu, Cd, Pb и As. Садржаји ових елемената на већини локалитета су већи од МДК (Максимално дозвољена концентрација), а на појединим локалитетима вредности су биле веће и од РВ (Ремедијациона вредност). Садржај хрома је на свим локалитетима нижи од МДК, док је садржај никла само на три локалитета незнатно изнад вредности МДК. Жива је екстрахована само из једног узорка седимента и добијени садржај је близак граници детекције. Ови резултати указују на постојање ризика по животну средину од контаминације речних система токсичним елементима, првенствено кадмијумом и оловом пошто је значајан проценат ових елемената везан у мобилним фракцијама (Cd – у првој, односно Pb у другој фракцији). До покретања ових елемената из седимента може доћи благом променом услова у животној средини (рН, јонска сила и редокс потенцијал) и они представљају реалну опасност за живи свет у реци, могу довести до контаминације земљишта, подземних вода и целокупног живог света у сливу испитиваних река. Постоји реална опасност и од загађења цинком и бакром, с обзиром да је највећи проценат ових елемената везан у трећој (органско/сулфидној) фракцији. До покретања ових елемената може доћи нешто драстичнијом променом услова у животној средини. Највећи проценат арсена је везан у имобилној (резидуалној) фракцији, али с обзиром на висок садржај укупно екстрахованог арсена, и садржај овог елемента који је везан у мобилнијим фракцијама може имати негативан утицај на животну средину.

Уочено је да следећи елементи имају сличну расподелу у испитиваним узорцима седимената и земљишта, и то: Al, Co, Fe, Li, Mg, V, Ga, Rb, Мо и Tl. Просечна расподела и процентуална заступљеност ових елемената по фракцијама је: IV (резидуална) > II (оксидна) > III (органско/сулфидна) > I (измењива) фракција. Могуће је закључити да ови елементи имају слично порекло и заједничке супstrate у природи; углавном репрезентују оксиде или су везани за њих, мада део ових елемената може бити пореклом и од силиката који се у мањој мери разлажу применом екстракционих средстава за разарање у резидуалној фракцији. Пример таквог елемента је Mg који може да потиче од алумосиликата, с обзиром да применом царске воде долази до делимичног разлагања алумосиликата. Имобилни елементи у испитиваном седименту су и: Bi, Sc и Th, с обзиром да је највећи проценат овим елемената везан у резидуалној фракцији. Сви елементи који су доминантно везани у резидуалној фракцији припадају групи елемената са најнижим ризиком транспорта – геодоступности и биодоступности. Елементи код којих је уочена велика мобилност су Ca, који највећим делом потиче од разарања карбоната (I фракција), затим Ba и Mn, чији је највећи проценат екстрахован у оксидној (II) фракцији. V и S су значајно везани у органско/сулфидној и резидуалној фракцији. K и Na репрезентују алумосиликате. Из испитиваних узорка је екстрахован низак садржај Se и B. Фосфор је значајно везан у резидуалној и оксидној фракцији.

На основу приказаног могуће је закључити да је квалитет испитиваних речних седимената деградиран с обзиром на то да је на већини локалитета садржај екстрахованих Zn, Cu, Cd, Pb и As висок. Квалитет испитиваних вода може да буде још више нарушен због велике мобилности и лаке измењивости првенствено кадмијума и олова, али и цинка и бакра. Добијени резултати указују на потребу континуалног и организованог праћења квалитета седимената река на локалитету Крајиште због велике могућности интензивног загађења дуж токова испитиваних река.

***Напомена:** Када је у питању Уредба о граничним вредностима загађујућих, штетних и опасних материја у земљишту ("Сл. Гласник РС", број 30/2018 и 64/2019), треба напоменути постојање грешке која је уочена у Прилогу 1 у Табели у којој су наведене Граничне максималне и ремедијационе вредности загађујућих, штетних и опасних материја у земљишту. Наиме, у Табели где су наведени елементи написано је Талијум (Th). Претпоставка је да се наведене гранична максимална и ремедијациона вредност заиста односе на Талијум чији је хемијски симбол Tl, а не на Торијум чији је хемијски симбол наведен у загради (Th). Сматрамо да би ову грешку у Табели у Прилогу 1 наведене Уредбе требало кориговати.

3. Алголошка анализа воде река и језера крајишта

Др Јелена Кризманић, ванредни професор
Др Данијела Видаковић, научни сарадник

У августу 2020. године узети су узорци силикатних алги из 7 река (Безимени поток, Голема река, Бранковачка река, Краснодолски поток, Црна река) и два језера (Лисинско и Власинско језеро) у околини Босилеграда. Основни циљ истраживања је био да се утврди састав заједнице фитобентоса и процени квалитет воде река и језера на основу дијатомних индекса, који су у непосредној близини рудника.

3.1. Материјал и методе

Материјал за биолошку анализу је сакупљен са површине дна испитиваних река и језера, стругањем заједнице фитобентоса са по 5 камена на сваком локалитету. Укупно је сакупљено 10 узорка силикатних алги. Узорци су фиксирани формалином до коначне концентрације од 4% у раствору. Обрада узорка епилитске заједнице силикатних алги урађена је у лабораторији према стандардној методи по Taylor-у и сарадницима (2007). Узорци се

третирају концентровано хлороводоничном киселином, а затим “испирају” неколико пута са дестилованом водом до постизања одговарајућег pH (између 6,5 и 7). Тако припремљен материјал затапа се у синтетичку смолу Naphrax[®]. Трајни препарати силикатних алги чувају се у колекцији „*Diatom Collection of Serbia*“ (DCSR) у Институту за хемију, технологију и металургију. Трајни препарати силикатних алги посматрани су микроскопом Carl Zeiss AxioImager.M1 са DIC оптиком, дигиталном камером AxioCam MRc5 и AxioVision 4.9 софтвером на Биолошком факултету, Универзитету у Београду. Релативна бројност (абунданца) идентификованих таксона је утврђена бројањем 400 валви на сваком трајном препарату и изражена је преко процентуалне заступљености таксона у заједници.

Уносом 400 избројаних валви у узорку у софтерски пакет OMNIDIA добијају се вредности за 18 дијатомних индекса. За потребе израде овог извештаја у разматрање су узети следећи индекси: IPS (Cemagref 1982), IBD (Lenoir i Coste 1996, Coste i sar. 2009), Rott SI i Rott TI (Rott и sar. 1997) i TDI (Kelly и Whitton 1995, Kelly и sar. 2001). IPS i IBD указује на глобално загађење, наглашавајући да ли постоји заједница под стресом, Rott SI се користи за процену сапробности воде а Rott TI и TDI указују на промене у квалитету воде узроковане повећањем концентрације фосфора.

Граничне вредности дијатомних индекса за класе квалитета воде, односно еколошког статуса, које су широко примењене у земљама Европе преузете су од Prygiel и Coste (2000):

- 1–4,99 – лош квалитет воде,
- 5–8,99 – слаб квалитет воде,
- 9–12,99 – умерен квалитет воде,
- 13–16,99 – добар квалитет воде,
- 17–20 – одличан квалитет воде.

Процена еколошког статуса испитиваних река и језера на основу фитобентоса приказана је табеларно са одговарајућим бојама, на следећи начин:

ОЦЕНА СТАТУСА	БОЈА
одличан	плава
добар	зелена
умерен	жута
слаб	наранџаста
лош	црвена

3.2. Резултати квантитативне анализе фитобентоса река и језера крајишта

ЛОКАЛИТЕТ: Безимени поток (Узводно од рудника Подвирови, Караманица)

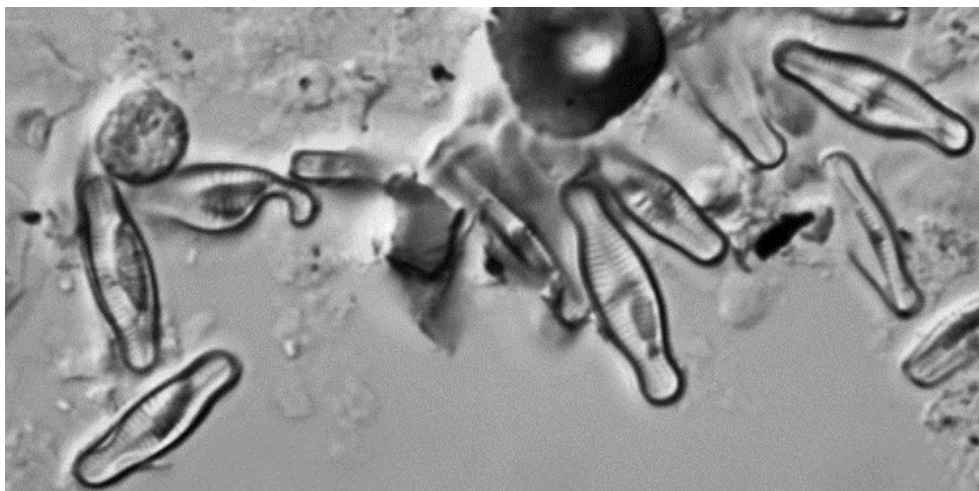
Координате: 42.349999°, 22.3384774°

Квантитативном анализом узорка утврђено је да је доминантни таксон *Achnanthydium minutissimum* (100%). На Сл. 1 су приказане деформисане љуштурице *Achnanthydium minutissimum*. Одређене студије су показале да до деформитета ћелијског зида силикатних алги долази услед контаминације воде тешким металима, тако да деформисане љуштурице могу бити одличан индикатор загађености воде тешким металима (Morin i sar. 2012). Од тешких метала забележено је присуство олова у води, као и повишене концентрације цинка (916 µg/L). Истраживање Medley и Clements-a (1998) су показала да у водама са повишеном концентрацијом цинка долази до смањења диверзитета и повећања релативне бројности *A. minutissimum*. Такође, *A. minutissimum* се сматра индикатором загађења металима, али и индикатором генерално доброг квалитета воде (Morin и сар. 2012).

Резултати дијатомних индекса и еколошки статус Безименог потока дати су у Табели 1.

Табела 1. Еколошки статус испитиваног дела реке Безимени поток према вредностима дијатомних индекса

Дијатомни индекси / Локалитет	IPS	IBD	Rott SI	Rott TI	TDI	TDI %
Безимени поток	20	19,7	15,2	15,2	15,2	0



Слика 1. Деформисан ћелијски зид код врсте *Achnanthydium minutissimum*

Према Правилнику Републике Србије (Службени гласник 74/2011) вредности IPS дијатомног индекса указују на одличан еколошки статус испитиваног дела реке Безимени поток. Други одабрани дијатомни индекси указују на одличан (IBD), односно добар (Rott SI) еколошки статус, док Rott TI и TDI указују на ниску концентрацију нутријената, тј. на добар еколошки статус. Имајући у виду да је проценат покретних таксона (TDI %) мањи од 20%, можемо закључити да не постоји значајно органско загађење.

ЛОКАЛИТЕТ: Безимени поток (50 м низводно од рудника Подвирови, Караманица)
Координате: 42.3444682°, 22.3449898°

У узорку који је сакупљен низводно од рудника Караманица нису забележене силикатне алге, тако да није било могуће утврдити еколошки статус на основу фитобентоса.

Повећан диверзитет, тј. присуство већег броја различитих врста доводи до стабилније заједнице и веће отпорности на спољашње утицаје (нпр. неорганско, органско загађење) Како је узводно од рудника забележена само једна врста (*Achnanthydium minutissimum*) можемо претпоставити да су повишене концентрације метале довеле до нестанка заједнице силикатних алги. Хемијским испитивањима воде која су рађена током овог истраживања забележене су повећане концентрације олова и арсена.

ЛОКАЛИТЕТ: Голема река (Након моста)
Координате: 42.3410672°, 22.3668551°

Квантитативном анализом узорка утврђено је да је доминантни таксон *Achnanthydium minutissimum* (99,5%). У води је забележено присуство олова што оправдава присуство скоро само једне врсте силикатне алге у заједници (Morin и сар. 2012).

Резултати дијатомних индекса и еколошки статус Големе реке дати су у Табели 2.

Табела 2. Еколошки статус испитиваног дела Големе реке према вредностима дијатомних индекса

Дијатомни индекси / Локалитет	IPS	IBD	Rott SI	Rott TI	TDI	TDI %
Голема река	20	19,7	15,2	15,1	15,2	0

Према Правилнику Републике Србије (Службени гласник 74/2011) вредности IPS дијатомног индекса указују на одличан еколошки статус испитиваног дела реке Безимени поток. Други одабрани дијатомни индекси указују на одличан (IBD), односно добар (Rott SI) еколошки статус, док Rott TI и TDI указују на ниску концентрацију нутријената, тј. на добар еколошки статус. Имајући у виду да је проценат покретних таксона (TDI %) мањи од 20%, можемо закључити да не постоји значајно органско загађење.

ЛОКАЛИТЕТ: Бранковачка река (Узводно од бране)
Координате: 42.4150061°, 22.4915979°

Квантитативном анализом узорка утврђено је да су доминантни таксони *Achnanthydium minutissimum* (11,97%), *Navicula cryptocephala* (14,96%) и *Nitzschia palea* (12,97%).

Резултати дијатомних индекса и еколошки статус Бранковачке реке дати су у Табели 3.

Табела 3. Еколошки статус испитиваног дела Бранковачке реке према вредностима дијатомних индекса

Дијатомни индекси / Локалитет	IPS	IBD	Rott SI	Rott TI	TDI	TDI %
Бранковачка река	10,7	13,7	12,8	5,9	6,9	29,43

Према Правилнику Републике Србије (Службени гласник 74/2011) вредности IPS дијатомног индекса указују на умерен еколошки статус испитиваног дела Бранковачке реке. Други одабрани дијатомни индекси указују на добар (IBD), односно умерен (Rott SI) еколошки статус, док Rott TI и TDI указују на повишену концентрацију нутријената, тј. на слаб еколошки статус. Имајући у виду да је проценат покретних таксона (TDI %) већи од 20%, можемо закључити да постоји значајно органско загађење.

ЛОКАЛИТЕТ: Краснодолски поток (Низводно од старе флотације)

Координате: 42.5171703°, 22.248264°

Квантитативном анализом узорка утврђено је да је доминантни таксон *Achnantheidium minutissimum* (99,5%). У Краснодолском потоку забележене су повишене концентрације цинка, мангана, олова и кадмијума што је вероватно узорковало формирање нестабиле заједнице коју чини само једна врста.

Резултати дијатомних индекса и еколошки статус Краснодолског потока дати су у Табели 4.

Табела 4. Еколошки статус испитиваног дела Краснодолског потока према вредностима дијатомних индекса

Дијатомни индекси / Локалитет	IPS	IBD	Rott SI	Rott TI	TDI	TDI %
Краснодолски поток	20	19,7	15,2	15,1	15,2	0

Према Правилнику Републике Србије (Службени гласник 74/2011) вредности IPS дијатомног индекса указују на одличан еколошки статус испитиваног дела реке Краснодолски поток. Други одабрани дијатомни индекси указују на одличан (IBD), односно добар (Rott SI) еколошки статус, док Rott TI и TDI указују на ниску концентрацију

нутријената, тј. на добар еколошки статус. Имајући у виду да је проценат покретних таксона (TDI %) мањи од 20%, можемо закључити да не постоји значајно органско загађење.

ЛОКАЛИТЕТ: Црна река (Пре улива Краснодолског потока)

Координате: 42.516755°, 22.248210°

Квантитативном анализом узорка утврђено је да су доминантни таксони *Achnanthydium minutissimum* (39,55%) и *Cocconeis lineata* (19,65%).

Резултати дијатомних индекса и еколошки статус Црне реке дати су у Табели 5.

Табела 5. Еколошки статус испитиваног дела Црне реке према вредностима дијатомних индекса

Дијатомни индекси / Локалитет	IPS	IBD	Rott SI	Rott TI	TDI	TDI %
Црна река	18,3	19,3	16,5	11,2	11,8	0,75

Према Правилнику Републике Србије (Службени гласник 74/2011) вредности IPS дијатомног индекса указују на одличан еколошки статус испитиваног дела Црне реке. Други одабрани дијатомни индекси указују на одличан (IBD), односно добар (Rott SI) еколошки статус, док Rott TI и TDI указују на умерену концентрацију нутријената, тј. на умерен еколошки статус. Имајући у виду да је проценат покретних таксона (TDI %) мањи од 20%, можемо закључити да не постоји значајно органско загађење.

ЛОКАЛИТЕТ: Црна река (Након улива Краснодолског потока)

Координате: 42.516702°, 22.248553°

Квантитативном анализом узорка забележена су само два таксона *Achnanthydium minutissimum* (48,56%) и *Psammothidium subatomoides* (51,44%). Како је узорак узет у делу тока након улива Краснодолског потока у води су забележене повишене концентрације цинка, мангана, олова и кадмијума што је вероватно узорковало формирање нестабиле заједнице коју чини само две врсте.

Резултати дијатомних индекса и еколошки статус Црне реке дати су у Табели 6.

Табела 6. Еколошки статус испитиваног дела Црне реке према вредностима дијатомних индекса

Дијатомни индекси / Локалитет	IPS	IBD	Rott SI	Rott TI	TDI	TDI %
Црна река	20	19,6	18,5	12	15,2	0

Према Правилнику Републике Србије (Службени гласник 74/2011) вредности IPS дијатомног индекса, као и одабрани индекси (IBD и Rott SI) указују на одличан еколошки статус испитиваног дела Црне реке. Rott TI указују на умерену концентрацију нутријената, а TDI на ниску концентрацију нутријената, тј. на добар еколошки статус. Имајући у виду да је проценат покретних таксона (TDI %) мањи од 20%, можемо закључити да не постоји значајно органско загађење.

ЛОКАЛИТЕТ: Љубатска река (Водозахват за Лисинско језеро)

Координате: 42.5028795°, 22.30225°

Квантитативном анализом узорка утврђено је да је доминантан таксон *Achnantheidium minutissimum* (79,61%).

Резултати дијатомних индекса и еколошки статус Љубатске реке дати су у Табели 7.

Табела 7. Еколошки статус испитиваног дела Љубатске реке према вредностима дијатомних индекса

Дијатомни индекси / Локалитет	IPS	IBD	Rott SI	Rott TI	TDI	TDI %
Љубатска река	19,4	19,4	16,2	12,9	14,5	0,49

Према Правилнику Републике Србије (Службени гласник 74/2011) вредности IPS дијатомног индекса указују на одличан еколошки статус испитиваног дела Љубатске реке. Други одабрани дијатомни индекси указују на одличан (IBD), односно добар (Rott SI) еколошки статус, док Rott TI указују на умерену концентрацију нутријената, а TDI на ниску концентрацију нутријената, тј. на добар еколошки статус. Имајући у виду да је проценат покретних таксона (TDI %) мањи од 20%, можемо закључити да не постоји значајно органско загађење.

ЛОКАЛИТЕТ: Лисинско језеро (Низводно од бране)

Координате: 42.5508947°, 22.3880402°

Квантитативном анализом узорка утврђено је да је доминантан таксон *Achnanthydium minutissimum* (46,15%), а као субдоминантан таксон забележен је *Fragilaria pararumpens* (16,87%).

Резултати дијатомних индекса и еколошки статус Лисинског језера дати су у Табели 8.

Табела 8. Еколошки статус испитиваног дела Лисинског језера према вредностима дијатомних индекса

Дијатомни индекси / Локалитет	IPS	IBD	Rott SI	Rott TI	TDI	TDI %
Лисинско језеро	17,4	19,3	15,8	11,9	12,7	1,99

Према Правилнику Републике Србије (Службени гласник 74/2011) вредности IPS дијатомног индекса указују на одличан еколошки статус испитиваног дела Лисинског језера. Други одабрани дијатомни индекси указују на одличан (IBD), односно добар (Rott SI) еколошки статус, док Rott TI и TDI указују на умерену концентрацију нутријената, тј. на умерен еколошки статус. Имајући у виду да је проценат покретних таксона (TDI %) мањи од 20%, можемо закључити да не постоји значајно органско загађење.

ЛОКАЛИТЕТ: Власинско језеро (Улив Божичког канала)

Координате: 42.6792604°, 22.3519681°

Квантитативном анализом узорка утврђено је да су доминантни таксони *Achnanthydium minutissimum* (20,95%), *Fragilaria nevadensis* (20,45%), *Nitzschia palea* (10,72%) и *Staurosira venter* (14,96%). *Nitzschia palea* се сматра добрим индикатором еутрофикације и загађења узоркованим металима (Тробајо и сар. 2009).

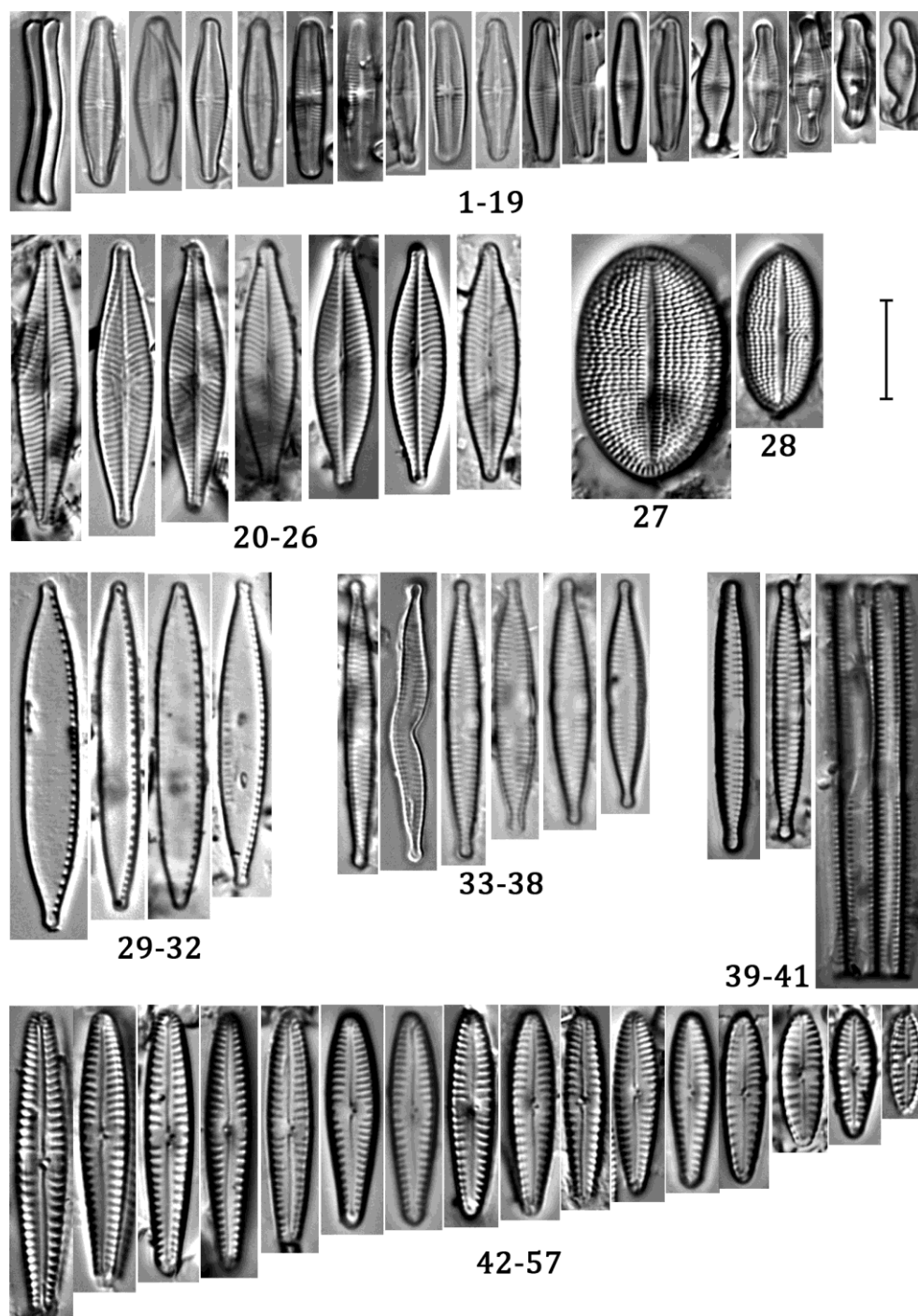
Резултати дијатомних индекса и еколошки статус Власинског језера дати су у Табели 9.

Табела 9. Еколошки статус испитиваног дела Власинског језера према вредностима дијатомних индекса

Дијатомни индекси / Локалитет	IPS	IBD	Rott SI	Rott TI	TDI	TDI %
Власинског језера	11,8	15,9	14,6	8,2	9,5	12,22

Према Правилнику Републике Србије (Службени гласник 74/2011) вредности IPS дијатомног индекса указују на умерен еколошки статус испитиваног дела Власинског језера. Други одабрани дијатомни индекси указују на добар еколошки статус (IBD, Rott SI). Трофички дијатомни индекси указује на повишену концентрацију нутријената, тј. на слаб еколошки статус (Rott TI), односно на умерену концентрацију нутријената, тј. на умерен еколошки статус (TDI). Имајући у виду да је проценат покретних таксона (TDI %) мањи од 20%, можемо закључити да не постоји значајно органско загађење.

Доминантни таксони забележени на истраживаним локалитетима приказани су на Сл. 2.



Слика 2. Микрографије – Светлосни микроскоп. 1-19 *Achnantheidium minutissimum*; 20-26 *Navicula cryptocephala*; 27, 28 *Cocconeis lineata*; 29-32 *Nitzschia palea*; 33-38 *Fragilaria pararumpens*; 39-41 *F. nevadensis*; 42-57 *Gomphonema pumilum*. Скала = 10 μ m.

4. Закључна разматрања

Од испитиваних вода само је квалитет узорка воде Власинског језера, код улива Божичког канала, по вредностима свих мерених параметара одговарао класи квалитета површинских вода I, односно води одличног еколошког статуса док су остали резултати показали високу загађеност површинских вода.

У испитиваним узорцима речног седимента уочени су високи садржаји Zn, Cu, Cd, Pb и As. Садржаји ових елемената на већини локалитета су већи од МДК (Максимално дозвољена концентрација), а на појединим локалитетима вредности су биле веће и од РВ (Ремедијациона вредност) што указују на постојање ризика по животну средину од контаминације речних система токсичним елементима, првенствено кадмијумом и оловом обзиром да је значајан проценат ових елемената везан у мобилним фракцијама (Cd – у првој, односно Pb у другој фракцији) из које ће се благом променом услова у животној средини (рН, јонска сила и редокс потенцијал) ослободити из седимента и довести до контаминације земљишта, подземних вода и целокупног живог света у сливу испитиваних река. Постоји реална опасност и од загађења цинком и бавром до чијих покретања може доћи нешто драстичнијом променом услова у животној средини. Највећи проценат арсена је везан у имобилној (резидуалној) фракцији, али с обзиром на висок садржај укупно екстрахованог арсена, и садржај овог елемента који је везан у мобилнијим фракцијама може имати негативан утицај на животну средину. На основу добијених резултата може се закључити да је квалитет испитиваних речних седимената деградиран. Квалитет испитиваних вода може да буде још више нарушен због велике мобилности и лаке измењивости првенствено кадмијума и олова, али и цинка и бакра. Добијени резултати указују на потребу континуалног и организованог праћења квалитета седимената река на локалитету Крајиште због велике могућности интензивног загађења дуж токова испитиваних река.

Према добијеним еколошким анализама воде, 7 река и два језера у околини Босилеграда, може се закључити да:

- У рекама које су оптерећене оловом, цинком, манганом или кадмијума развија се нестабилна заједница силикатних алги коју чине једна до две врсте (Безимени поток, Голема река, Краснодолски поток, Црна река).
- Повишене концентрације метала у води доводе до деформисања ћелијског зида што је забележено код врсте *Achnanthes minutissimum*, која се сматра индикатором загађења металима.
- У Безименом потоку, Големој реци, Краснодолском потоку и Црној реци вредности IPS индекса указују на одличан еколошки статус према Правилнику Републике Србије, иако је вода оптерећена металима. Доминантан таксон је *A. minutissimum* који је индикатор генерално доброг квалитета воде. До сада није развијен дијатомни индекс осетљив на загађење проузорковано металим.
- Нижи еколошки статус (слаб до умерен) је забележен у Бранковачкој реци, а узрок је вероватно органског порекла.
- У Лисинском и Власинском језеру трофички индекси (Rott TI и TDI) указују на слаб до умерен еколошки статус испитиваног дела, што може бити повезано са повишеном концентрацијом фосфора. Један од доминантних таксона у Власинском језеру, на испитиваном локалитету, је *Nitzschia palea* који се сматра добрим индикатором еутрофикације.

5. Референце

- Агенција за заштиту животне средине (2015): Статус површинских вода Србије – Анализа и елементи за пројектовање мониторинга. Министарство пољопривреде и заштите животне средине, Агенција за заштиту животне средине, Београд, 232 стр.
- Агенција за заштиту животне средине (2018): Статус површинских вода Србије – Развој мониторинга у оквиру планова управљања речним сликовима. Министарство пољопривреде и заштите животне средине, Агенција за заштиту животне средине, Београд, 166 стр.
- Mann, D.G. (1999): The species concept in diatoms. *Phycologia*, 38(6), 437-495.
- Batsaikhan B., Kwon J.S., Kim K.H., Lee Y.J., Lee J.H., Badarch M., Yun S.T. (2017) Hydrochemical evaluation of the influences of mining activities on river water chemistry in central northern Mongolia. *Environmental Science Pollution Research* 24:2019–2034.
- Cemagref (1982): Etude des methods biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux. Rapport Q. E. Lyon, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse-Cemagref, Lyon, France.
- Coste, M., Boutry, S., Tison-Rosebery, J., Delmas, F. (2009): Improvements of the Biological Diatom Index (BDI): Description and efficiency of the new version (BDI-2006). *Ecological Indicators*, 9(4), 621-650.
- Directive 2013/39/EU of the European Parliament and of the Council of 12 August 2013 amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy, Off. J. Eur. Union, L226 (2013).
- Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption, Off. J. Eur. Union, L 435 (2020).
- Đorđević, D., Sakan, S., Trifunović, S., Škrivanj, S., Finger, D.C. 2021. Element content in volcano ash, soil and river sediments of the watershed in the volcanic area of South Iceland and assessment of their mobility potential. *Water* 13, 1928
- Jamali, M.K., Kazi, T.G., Arain, M.B., Afridi, H.I., Jalbani, N., Kandhro, G.A., Shah, A.Q., Jameel, A.B. 2009. Speciation of heavy metals in untreated sewage sludge by using microwave assisted sequential extraction procedure. *J Hazard Mater* 163, 1157–1164
- Kemble, N.E., Brumbaugh, W.G., Brunson, E.L., Dwyer, F.J., Ingersoll, C.G., Monda, D.P., Woodward, D.F. 1994. *Environ Toxicol Chem* 13, 1985-1997
- Kelly, M.G., Whitton, B.A. (1995): The Trophic Diatom Index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *Journal of Applied Phycology*, 7, 433-444.
- Kelly, M.G., Adams, C., Graves, A.C., Jamieson, J., Krokowski, J., Lycett, E.B., Murraybligh, J. (2001): The Trophic Diatom Index: A User's Manual. Revised Edition. Environment Agency, Bristol, 135 pp.
- Lenoir, A., Coste, M. (1996): Development of a practical diatom index of overall water quality applicable to the French National Water Board network. In: Whitton, B.A. and Rott, E. (eds.), *Use of Algae for Monitoring Rivers II*. Institut für Botanik, Universität Innsbruck, 29-43 pp.
- Medley, C.N., Clements, W.H. (1998): Responses of diatom communities to heavy metals in streams: the influence of longitudinal variation. *Ecological applications*, 8(3), 631-644.
- Morin S. et al. (2012): Consistency in Diatom Response to Metal-Contaminated Environments. In: Guasch H., Ginebreda A., Geislinger A. (eds) *Emerging and Priority Pollutants in Rivers. The Handbook of Environmental Chemistry*, vol 19. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-25722-3_5
- Prygiel, J., Coste, M. (2000): Guide méthodologique pour la mise en oeuvre de l'Indice Biologique Diatomées NF T 90-354. Agences de l'Eau, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Cemagref.

- Rott, E., Hofmann, G., Pall, K., Pfister, P., Pipp, E. (1997): Indikationslisten für Aufwuchsalgen Teil 1: Saprobielle indikation., Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien, 73 pp.
- Službeni glasnik Republike Srbije (74/2011): Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda. Uprava za zajedničke poslove republičkih organa. Odeljenje za informatičko-dokumentacione i bibliotečke poslove (INDOK).
- Spaulding, S., Edlund, M. (2008): What are Diatoms?. In Diatoms of the United States. Preuzeto sa <https://diatoms.org/what-are-diatoms>
- Taylor, J.C., Harding, W.R., Archibald, C.G.M. (2007): WRC Report TT 281/07: A methods manual for the collection, preparation and analysis of diatom samples version 1.0. Water Research Commission, The Republic of South Africa.
- Trobajo, R., Clavero, E., Chepurinov, V.A., Sabbe, K., Mann, D.G., Ishihara, S., Cox, E.J., (2009): Morphological, genetic and mating diversity within the widespread bioindicator *Nitzschia palea* (Bacillariophyceae). Phycologia, 48(6), 443-459.
- Whitton, B.A., Rott, E., Friedrich, G. (1991): Use of Algae for Monitoring Rivers. Journal of Applied Phycology, 3(3), 287-287.
- Working Group 2A. Common implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), guidance document No. 13, overall approach to the classification of ecological status and ecological potential [Internet]. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. [2005 May 23]. Available from: <http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library>
- Piroozfar P., Alipour S., Modabberi S., Cohen D. (2021) Using multivariate statistical analysis in assessment of surface water quality and identification of heavy metal pollution sources in Sarough watershed, NW of Iran. Environmental Monitoring Assessment 193:564.
- Уредба о граничним вредностима приоритетних и приоритетних хазардних супстанци које загађују површинске воде и роковима за њихово достизање, Службени гласник РС, бр. 24/2014.
- Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање, Службени гласник РС, бр. 50/2012.
- Правилник о утврђивању водних тела површинских и подземних вода, Службени гласник РС бр. 96/2010.
- Правилник о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода Службени гласник РС бр. 74/2011.
- Светска здравствена организација (СЗО), Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum, World Health Organization, Geneva (2017).
- Правилник о хигијенској исправности воде за пиће, Службени лист СРЈ, бр. 42/98 и 44/99 и Службени гласник РС, бр. 28/2019.
- Patel, P., Janardhana Raju, N., Sundara Raju Reddy, B.C., Suresh, U., Sankar, D.B., Reddy, T.V.K. 2018. Heavy metal contamination in river water and sediments of the Swarnamukhi River Basin, India: risk assessment and environmental implications. Environ Geochem Health 40, 609-623
- Sakan, S., Gržetić, I., Đorđević, D., 2007. Distribution and fractionation of heavy metals in the Tisa (Tisza) river sediments. Env Sci Pollut Res 14 (4) 229 –236.
- Службени Гласник РС број 30/2018 и 64/2019
- Службени гласник РС број 50/2012
- Ure, A.M., Quevauviller, Ph., Muntau, H., Griepink, B. 1992. B. EUR report. CEC Brussels, 14763, 1992:85) за прве три фазе фракционисања