

UNIVERZITET U BEOGRADU

ŠUMARSKI FAKULTET

Milica D. Marković

**Distribucija teških metala
u zemljištima riparijalne zone reke Save**

doktorska disertacija

Beograd, 2021

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF FORESTRY

Milica D. Marković

**Distribution of heavy metals
in soils of the Sava River riparian zone**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2021

MENTORI:

dr Snežana Belanović Simić, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet

dr Pavle Pavlović, naučni savetnik,
Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković“
Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju,
Univerzitet u Beogradu

ČLANOVI KOMISIJE:

dr Ratko Ristić, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet

dr Milan Knežević, redovni profesor (u penziji),
Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet

dr Tea Zuliani, docent,
Institut „Jožef Stefan“,
Ljubljana, Slovenija

dr Miroslava Mitrović, naučni savetnik,
Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković“
Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju,
Univerzitet u Beogradu

Datum odbrane: _____

Zahvalnica

Eksperimentalni deo doktorske disertacije urađen je na Odeljenju za ekologiju Instituta za biološka istraživanja „Siniša Stanković“ – Instituta od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju Univerziteta u Beogradu kao i na Odeljenju za životnu sredinu Instituta „Jožef Stefan“ iz Ljubljane. Istraživanja su realizovana u okviru nacionalnog projekta osnovnih istraživanja „Ekofiziološke adaptivne strategije biljaka u uslovima multipnog stresa“ (ON 173018; 2011-2019; rukovodilac dr Pavle Pavlović) koji je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, i međunarodnog projekta „Managing the effects of multiple stressors on aquatic ecosystems under water scarcity“ GLOBAQUA (FP7-ENV.2013.6.2-1; 2014-2019; rukovodilac dr Damià Barceló) koji je finansiran od strane European Commission - EC, FP7 Collaborative Project).

Veliku zahvalnost dugujem mentoru dr Pavlu Pavloviću, naučnom savetniku Instituta za biološka istraživanja „Siniša Stanković“ – Instituta od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju Univerziteta u Beogradu, koji je kao rukovodilac Odeljenja za ekologiju i rukovodilac projekta omogućio uspešnu realizaciju istraživanja vezanih za ovu disertaciju kao i na bezrezervnoj podršci, znanju, korisnim savetima i sugestijama tokom svih faza izrade ove doktorske disertacije i publikovanja naučnih radova. Hvala Vam na ohrabrenju i strpljenju koje mi je pomoglo da savladam sve prepreke koje su se javljale u toku izrade ove disertacije.

Veliku zahvalnost dugujem svom mentoru dr Snežani Belanović Simić, redovnom profesoru Šumarskog fakulteta Univerziteta u Beogradu na pruženom znanju, iskustvu i pomoći tokom izrade ove doktorske disertacije i tokom čitave naše saradnje. Hvala Vam na korisnim savetima, strpljenju i podršci koju ste mi pružali sve vreme kao i na usađenoj ljubavi prema zemljištu i nauci.

Takođe veliku zahvalnost dugujem i dr Miroslavi Mitrović, naučnom savetniku Instituta za biološka istraživanja „Siniša Stanković“ – Instituta od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju Univerziteta u Beogradu, na dragocenim savetima, naučnoj i stručnoj pomoći pri izradi ove doktorske disertacije kao i pri publikovanju naučnih radova. Zahvaljujem se na razumevanju i strpljenju koje je imala tokom čitave naše saradnje.

Zahvaljujem se dr Tei Zuliani, docentu Instituta „Jožef Stefan“ iz Ljubljane na bezrezervnoj podršci i pomoći tokom eksperimentalnog rada kao i na svim korisnim savetima i sugestijama.

Zahvaljujem se dr Ratku Ristiću, redovnom profesoru Šumarskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, i dr Milanu Kneževiću, redovnom profesoru u penziji Šumarskog fakulteta Univerziteta u Beogradu na korisnim savetima i na pruženom znanju i iskustvu.

Zahvaljujem se dr Olgi Kostić višem naučnom saradniku, dr Dragani Pavlović i dr Mariji Matić naučnim saradnicima Instituta za biološka istraživanja „Siniša Stanković“ – Instituta od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju Univerziteta u Beogradu, na dragocenoj pomoći tokom terenskog i laboratorijskog rada kao i pri razvijanju i implementaciji novih metoda. Dugujem veliku zahvalnost i kolegama dr Draganu Čakmaku naučnom savetniku i dr Veljku Peroviću višem naučnom saradniku na pruženoj pomoći prilikom statističke obrade i tumačenja podataka kao i rada u GIS softveru.

Želela bih da se zahvalim i dr Vanji Markoviću, naučnom saradniku Biološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu na nesebičnoj pomoći tokom terenskog rada kao i dr Predragu Miljkoviću asistentu na Odseku za ekološki inženjering u zaštiti zemljišnih i vodnih resursa na ohrabrenju i pruženoj pomoći prilikom sakupljanja literature i podataka.

Takođe iskrenu zahvalnost dugujem i svim kolegama i koleginicama na Odeljenju za ekologiju koji su mi pružili podršku i pomoć tokom izrade doktorske disertacije.

Najiskrenije se zahvaljujem Zorani Matarugi, kolegini a pre svega prijatelju, na nesebičnoj podršci i pomoći, na korisnim savetima i kritikama. Hvala joj na strpljenju i što je bila uz mene kroz ceo proces izrade ove disertacije, jer bez nje ova disertacija ne bi ugledala svetlost dana u ovom obliku.

Neizmernu zahvalnost dugujem svojoj porodici i prijateljima. Hvala vam na bezuslovnoj ljubavi, razumevanju i podršci koju mi pružate sve vreme. Posebno hvala mojoj majci bez koje sve ovo ne bi bilo moguće. Hvala joj što je uvek verovala u mene. Ovu disertaciju posvećujem njoj i tati.

KLJUČNA DOKUMENTACIONA INFORMACIJA

Redni broj (RBR)	
Identifikacioni broj (IBR)	
Tip dokumenta (TD)	Monografska publikacija
Tip zapisa (TZ)	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (VR)	Doktorska disertacija
Autor (AU)	MSc Milica D. Marković, istraživač saradnik
Mentori (MN)	dr Snežana Belanović Simić, redovni profesor dr Pavle Pavlović, naučni savetnik
Naslov (NR)	Distribucija teških metala u zemljištima riparijalne zone reke Save
Jezik publikacije (JP)	Srpski/latinica
Jezik izvoda (JI)	Srpski/Engleski
Zemlja publikovanja (ZP)	Srbija
Geografsko područje (UGP)	Srbija
Godina publikovanja (GP)	2021
Izdavač (IZ)	Autorski reprint
Mesto izdavanja (MI)	Kneza Višeslava 1, 11030 Beograd, Srbija
Fizički opis rada (br.pogl./str/tab./sl./citata)	9/275/64/31/266
Naučna oblast (NO)	Biotehničke nauke
Naučna disciplina	Šumarstvo
Uža naučna disciplina	Ekološki inženjering u zaštiti zemljišnih i vodnih resursa
Ključne reči (KR)	reka Sava, riparijalna zona, zemljište, sediment, teški metali i metaloidi, background, poreklo teških metala i metaloida, frakcioni profil teških metala i metaloida, indeksi zagađenja, ekološki rizik
UDK	631.4:504.5:546.4/.8(282.24 Sava)(043.3)
Čuva su u (ČU)	Biblioteci Šumarskog fakulteta, Kneza Višeslava 1, 11030 Beograd, Srbija
Izvod (I)	U tekstu koji sledi
Datum prihvatanja teme (DPT)	Odlukom Univerziteta u Beogradu, Veća naučnih oblasti biotehničkih nauka, broj 61206-5046/2-17 од 13.12.2017.
Članovi komisije (KO)	dr Snežana Belanović Simić, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet dr Pavle Pavlović, naučni savetnik, Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković“ – Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerziteta u Beogradu dr Ratko Ristić, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet dr Milan Knežević, redovni profesor (u penziji), Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet dr Tea Zuliani, docent, Institut “Jožef Stefan”, Ljubljana, Slovenija dr Miroslava Mitrović, naučni savetnik, Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković“ – Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu
Važna napomena(VN)	-

Rezime

Imajući u vidu da su riparijalne zone reke Save često izložene antropogenim pritiscima i kontaminaciji različitim polutantima, istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji bila su usmerena na proučavanje sedimenta/nanosa i zemljišta od izvora do ušća, u periodu visokog (2014. god.) i niskog (2015. god.) vodostaja, njihovih fizičkih i hemijskih karakteristika; stepena zagađenja teškim metalima i metaloidima (Ag, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Tl, Zn) sa fokusom na prioritete polutante (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn); određivanje njihovih „background“ vrednosti; ispitivanje njihovog porekla, sadržaja, distribucije, mobilnosti, biodostupnosti i međuzavisnosti u sistemu zemljište–sediment/nanos; i definisanja stepena ekološkog rizika po životnu sredinu na istraživanom prostoru.

Ukupan sadržaj većine analiziranih elemenata u zemljištu i sedimentu/nanosu se povećavao od izvora ka ušću kao rezultat transporta i deponovanja na donjem delu toka i promena u oksidoredukcionim uslovima koji su povećavali njihovu rastvorljivost. Visok vodostaj (poplava) je bio dominantan faktor koji je zajedno sa teksturom zemljišta, pH i sadržajem humusa uticao na biodostupnost, raspodelu i način vezivanja teških metala i metaloida u frakcionom profilu. Na poreklo teških metala u zemljištu i sedimentu u gornjem delu toka najveći uticaj je imala geološka podloga i jednim delom antropogene aktivnosti, dok su na poreklo teških metala u donjem delu toka imale presudan uticaj antropogene aktivnosti. Na osnovu sadržaja teških metala i metaloida u zemljištu i sedimentu, kao i na osnovu analize ukupnog ekološkog rizika (RI), i analize potencijalno opasnih zona („hot spots“), zaključeno je da su lokaliteti donjeg dela toka reke Save najugroženiji i pod najvećim antropogenim pritiskom.

Ključne reči: reka Sava, riparijalna zona, zemljište, sediment, teški metali i metaloidi, background, poreklo teških metala i metaloida, frakcioni profil teških metala i metaloida, indeksi zagađenja, ekološki rizik

Naučna oblast: Biotehnika

Uža naučna oblast: Erozijska i konzervativna zemljišta i voda

UDK broj: 631.4:504.5:546.4/.8(282.24 Sava)(043.3)

Abstract

The riparian zones of the River Sava are continuously exposed to anthropogenic pressures and contamination by various pollutants. Therefore, research in this doctoral thesis focussed on studying sediment and soil from the river's source to its confluence with the Danube during a period of high water levels (2014) and low water levels (2015). It aimed to determine the physical and chemical characteristics of the sediment and soil; to establish heavy metal and metalloid contamination levels (Ag, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Tl, Zn) with a focus on priority pollutants (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn); to determine the elements' background levels; to investigate their origin, content, distribution, mobility, bioavailability and interdependence in the soil-sediment system; and to define the ecological risk in the study area.

The total content of most of the analysed elements in both soil and sediment increased from the source towards the confluence due to transport and deposition in the lower course of the river and to changes in redox conditions, which increased their solubility. Flooding was a dominant factor, which, together with soil texture, pH and humus content, affected the bioavailability, distribution and binding forms of heavy metals and metalloids in the fraction profile. The origin of heavy metals in soil and sediment in the upper course was most impacted by the geological substrate and, to some degree, by anthropogenic activity, while anthropogenic activities were the predominant influence on origin in the lower course. On the basis of the heavy metal and metalloid content in soil and sediment, and also the analysis of the total ecological risk (RI) and of potential 'hot spots', it was concluded that localities in the lower course of the River Sava are most at risk and under the greatest anthropogenic pressure.

Keywords: River Sava, riparian zone, soil, sediment, heavy metals and metalloids, background, origin of heavy metals and metalloids, fraction profile of heavy metals and metalloids, pollution indices, ecological risk

Scientific field: Biotechnical Sciences

Scientific subfield: Erosion and soil and water conservation

UC: 631.4:504.5:546.4/.8(282.24 Sava)(043.3)

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA	3
2. PREGLED LITERATURE.....	5
3. KARAKTERISTIKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA	9
3.1. TOPOGRAFSKE, GEOLOŠKE I PEDOLOŠKE KARAKTERISTIKE SLIVA REKE SAVE	10
3.2. KLIMATSKE, HIDROLOŠKE I HIDROGRAFSKE KARAKTERISTIKE SLIVA REKE SAVE.....	11
3.2.1. Poplave na području sliva reke Save – 2014. godina	13
3.3. VEGETACIJA RIPARIJALNE ZONE REKE SAVE.....	14
4. MATERIJAL I METODE	16
4.1. TERENSKA ISTRAŽIVANJA.....	16
4.2. LABORATORIJSKA ISTRAŽIVANJA	19
4.2.1. Određivanje fizičkih i hemijskih karakteristika zemljišta i sedimenta/nanosa.....	19
4.2.2. Faktor erodibilnosti zemljišta – K faktor	20
4.2.3. Određivanje ukupnog sadržaja teških metala i drugih hemijskih elemenata u zemljištu i rečnom sedimentu/nanosu i njihovo frakcionisanje	21
4.3. STATISTIČKE METODE ANALIZE PODATAKA	22
4.4. ODREĐIVANJE EKOLOŠKOG RIZIKA OD ZAGAĐIVANJA TEŠKIM METALIMA I METALOIDIMA I ODREĐIVANJE POTENCIJALNO OPASNIH ZONA („HOT SPOTS“)	22
4.4.1. Određivanje „background“ vrednosti za područje riparijalne zone reke Save	22
4.4.2. Metode za određivanje ekološkog rizika od zagađivanja teškim metalima i metaloidima površinskih slojeva zemljišta i sedimenta/nanosa riparijalne zone reke Save	23
4.4.3. Određivanje potencijalno opasnih zona („hot spots“).....	25
5. REZULTATI.....	26
5.1. MORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE PEDOLOŠKIH PROFILA.....	26
5.2. FIZIČKO-HEMIJSKE KARAKTERISTIKE ZEMLJIŠTA.....	39
5.2.1. Fizičke karakteristike zemljišta	39
5.2.2. Hemijske karakteristike zemljišta	47
5.3. FIZIČKO-HEMIJSKE KARAKTERISTIKE SEDIMENTA/NANOSA.....	57
5.3.1. Fizičke karakteristike sedimenta/nanosa	57
5.3.2. Hemijske karakteristike sedimenta/nanosa	62
5.4. FAKTOR ERODIBILNOSTI – K FAKTOR.....	65
5.5. TEŠKI METALI I METALOIDI U ZEMLJIŠTU	66
5.5.1. Ukupan sadržaj teških metala i metaloida u zemljištu	66
5.5.1.1. Ukupan sadržaj teških metala i metaloida u zemljištu uzorkovanom u periodu visokog vodostaja (2014. godina) ...	66
5.5.1.2. Ukupan sadržaj teških metala i metaloida u zemljištu uzorkovanom u periodu niskog vodostaja (2015. godina)	73
5.5.2. Frakcije teških metala i metaloida u zemljištu	79
5.5.2.1. Frakcije teških metala i metaloida u zemljištu uzorkovanom u periodu visokog vodostaja (2014. godina).....	79
5.5.2.2. Frakcije teških metala i metaloida u zemljištu uzorkovanom u periodu niskog vodostaja (2015. godina).....	92
5.5.3. Poreklo teških metala i metaloida u zemljištu.....	105
5.5.3.1. Poreklo teških metala i metaloida u zemljištu uzorkovanom u periodu visokog vodostaja (2014. godina).....	105
5.5.3.2. Poreklo teških metala i metaloida u zemljištu uzorkovanom u periodu niskog vodostaja (2015. godina).....	108
5.6. TEŠKI METALI I METALOIDI U SEDIMENTU/NANOSU	111
5.6.1. Ukupan sadržaj teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu	111
5.6.1.1. Ukupan sadržaj teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu uzorkovanom u periodu visokog vodostaja (2014. godina)	111
5.6.1.2. Ukupan sadržaj teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu uzorkovanom u periodu niskog vodostaja (2015. godina)	114

5.6.2. Frakcije teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu	117
5.6.2.1. Frakcije teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu uzorkovanom u periodu visokog vodostaja (2014. godina)	117
5.6.2.2. Frakcije teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu uzorkovanom u periodu niskog vodostaja (2015. godina).....	125
5.6.3. Poreklo teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu.....	133
5.6.3.1. Poreklo teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu uzorkovanom u periodu visokog vodostaja (2014. godina).....	133
5.6.3.2. Poreklo teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu uzorkovanom u periodu niskog vodostaja (2015. god)	134
5.7. KORELACIJE IZMEĐU SADRŽAJA TEŠKIH METALA I METALOIDA U ZEMLJIŠTU I SEDIMENTU/NANOSU	137
5.7.1. Razlike u ukupnom sadržaju teških metala i metaloida u zemljištu i sedimentu/nanosu na odabranim lokalitetima između 2014 i 2015. godine	137
5.7.2. Odnos teških metala i metaloida u površinskim slojevima zemljišta i sedimenta/nanosa na osnovu Spirmanovog koeficijenta korelacije.....	139
5.8. EKOLOŠKI RIZICI OD ZAGAĐIVANJA TEŠKIM METALIMA I METALOIDIMA POVRŠINSKIH SLOJEVA ZEMLJIŠTA I SEDIMENTA/NANOSA	143
5.8.1. Određivanje Background vrednosti istraživanih elemenata za riparijalnu zonu reke Save.....	143
5.8.2. Određivanje ekološkog rizika od zagađivanja teškim metalima i metaloidima u površinskim slojevima zemljišta i sedimenta/nanosa pomoću Indeksa ekološkog rizika (eng. Ecological Risk Index - Ei) i Indeksa ukupnog ekološkog rizika (eng. Risk Index – RI).....	143
5.8.3. Određivanje ekološkog rizika od zagađivanja teškim metalima i metaloidima u površinskim slojevima zemljišta i sedimenta/nanosa pomoću Indeksa geoakumulacije (Geoaccumulation index – Igeo)	146
6. DISKUSIJA	149
6.1. FIZIČKO-HEMIJSKE KARAKTERISTIKE ZEMLJIŠTA	149
6.1.1. Fizičke karakteristike zemljišta	149
6.1.2. Hemijske karakteristike zemljišta	150
6.2. FIZIČKO-HEMIJSKE KARAKTERISTIKE SEDIMENTA/NANOSA.....	152
6.2.1. Fizičke karakteristike sedimenta/nanosa	152
6.2.2. Hemijske karakteristike sedimenta/nanosa	153
6.3. TEŠKI METALI I METALOIDI U ZEMLJIŠTU	154
6.3.1. Ukupan sadržaj i frakcije teških metala i metaloida u zemljištu riparijalne zone reke Save.....	154
6.3.2. Poreklo teških metala i metaloida i procena ekološkog rizika od zagađivanja u zemljištu riparijalne zone reke Save	168
6.4. TEŠKI METALI I METALOIDI U SEDIMENTU/NANOSU	175
6.4.1. Ukupan sadržaj i frakcije teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu reke Save.....	176
6.4.2. Poreklo teških metala i metaloida i procena ekološkog rizika od zagađivanja u sedimentu/nanosu reke Save	184
7. ZAKLJUČAK	193
8. LITERATURA	200
9. PRILOZI	217

1. Uvod

Riparijalne (obalne) zone su izuzetno složeni fizički, hemijski i biološki sistemi a njihova složenost i specifične ekološke funkcije predstavljaju rezultat dinamičnih biofizičkih procesa i interakcija na multipnim prostornim i vremenskim skalama (Naiman and Décamps, 1997; Décamps et al., 2009; Pusey and Arthington, 2003; Bruno et al., 2014; Liu et al., 2016). U ovim zonama, specifični ekološki uslovi utiču na prostornu raznovrsnost biljnih zajednica i doprinose povećanju heterogenosti fizičkih i hemijskih osobina riparijalnih zemljišta (Tockner and Stanford, 2002; Bruno et al., 2014; Zhao et al. 2020). Kompleksnost riparijalnih ekosistema ih čini vrlo osjetljivim na antropogene uticaje uključujući različite ekonomske, industrijske, poljoprivredne i urbanističke aktivnosti koje stvaraju intezivan pritisak koji se između ostalih odnosi na sistem rečni sediment - zemljište (Négrel et al., 2014; Navarro-Ortega et al., 2015; Pavlović et al., 2016; Ye et al., 2020).

Globalno, riparijalne zone pružaju čitav niz jedinstvenih i važnih funkcija i usluga ekosistema, uključujući snabdevanje vodom, stabilizaciju obala (Pollen, 2007), smanjenje rizika od poplava, regulaciju površinskog oticanja (Salemi et al., 2012), sekvestraciju ugljenika, zadržavanje rečnog sedimenta/nanosa (Collins et al., 2010; Salemi et al., 2012; Bai et al., 2016), zatim predstavljaju izvor biodiverziteta (Costanza et al. 1997; Tockner et al. 2002; Mander et al., 2005), obezbeđuju izvore hrane, predstavljaju prostore za rekreaciju itd. (Millennium Ecosystem Assessment-MEA, 2005). Zbog sve veće rastuće potražnje, održivo pružanje ovih usluga je sve više ugroženo (Tockner et al., 2002; Vörösmarty et al., 2010). Naime, tokom prethodnih vekova, ljudske aktivnosti su značajno menjale riparijalne zone, pre svega kroz eksploataciju akvatičnih ekosistema kao jednog od najznačajnijih prirodnih reusrsa, kako bi zadovoljili brzorastuću potražnju za hranom, pijaćom vodom, drvetom, gorivom itd. Neravnoteža između značaja ovih ekosistema za život, s jedne strane, i rizika za životnu sredinu, s druge strane, pokazuje da se veliki rečni sistemi sada nalaze među najzagađenijim i generalno najugroženijim sistemima na svetu, što je dovelo do velike degradacije i kontaminacije i uglavnom nepovratnog gubitka biodiverziteta (Millennium Ecosystem Assessment (MEA) 2005; Martín-García et al. 2016).

Riparijalne zone se javljaju u uskom pojasu duž rečnog toka i predstavljaju prostore koji se odlikuju većim biodiverzitetom u odnosu na okolna područja zbog heterogenog okruženja koje se formira pod uticajem čestih poplava, fluktuacija nivoa podzemnih voda, taloženja sedimenta i dr. (Naiman et al., 2013; Graf-Rosenfellner et al., 2016; Liu et al., 2019). Na taj način, riparijalne zone mogu usvojiti funkcije kvaliteta vode iz reka i podzemnih voda, posebno tokom perioda poplava. Rečni sediment/nanos se može obogatiti metalima i metaloidima iz uzvodnih antropogenih izvora, hemijskom adsorpcijom iz rastvorenih frakcija tokom mobilizacije sedimenta/nanosa i nakon produženih perioda poplava (Tang et al., 2014). Metali su uglavnom vezani za sediment/nanos, prema tome, prekomerno plavljenje je glavni put za difuzno zagađivanje u poplavnim zemljištima (Zerling et al., 2006; Ciesielczuk et al., 2014; Li et al., 2014), a stopa obogaćivanja teškim metalima u poplavnim delovima reka je često jedan od značajnih indikatora statusa zagađenosti reke (Xiao et al., 2013; Pavlović et al., 2016, 2019). Zbog činjenice da riparijalne zone pokazuju snažnu prostornu, kao i sezonsku heterogenost, one mogu biti i rezervoari i izvori metala u isto vreme (Punshon et al., 2003; Du Laing et al., 2009). Poreklo teških metala u zemljištu i sedimentu može biti dvojako, mogu poticati iz prirodnih i iz antropogenih izvora (Belanović et al., 2004). Prirodni izvor uglavnom čini geološki susprat dok antropogeni izvori uključuju industrijska postrojenja, upotrebu đubriva i ispuštanje otpadnih voda (Belanović et al., 2004; Rattan et al., 2005; Kabata-Pendias, 2011; Ščančar et al., 2015). Rudarstvo i industrijska prerada mineralnih resursa kao i njihova naknadna primena u industriji i poljoprivredi doveli su do povećanja koncentracija teških metala u biogeochemijskim ciklusima (Rinklebe et al., 2007; Schulz-Zunkel et al., 2013; Pavlović et al., 2016).

Stoga je smanjenje negativnih efekata antropogenih aktivnosti na vodene ekosisteme jedan od glavnih izazova sa kojima se društvo suočava i na koje treba reagovati u bliskoj budućnosti (Navarro-Ortega et al., 2015; Vörösmarty et al., 2010).

Zagađenje teškim metalima i metaloidima postalo je kritično pitanje jer se teški metali mogu dugo zadržavati i akumulirati u riparijalnim zemljištima i sedimentima. Jednom kada sadržaj metala u sedimentima premaši standarde kvaliteta životne sredine, oni predstavljaju potencijalni rizik za organizme u akvatičnim i riparijalnim ekosistemima (Leuven et al., 2006; Bai et al., 2016; Frémion et al., 2016; Tessier and Campbell, 1987; Wang et al., 2015). Visoke koncentracije teških metala u površinskim vodama i njihov uticaj na akvatične i riparijalne ekosisteme, zbog njihove prekomerne akumulacije i toksičnosti u organizmima i zemljištu, već dugo izazivaju pažnju javnosti ali i donosioca odluka. S obzirom da zagađivanje teškim metalima, metaloidima i drugim potencijalno opasnim mikroelementima već dugo izaziva zabrinutost na globalnom nivou, sprovedene su brojne aktivnosti i razvijani su različiti istraživački pristupi za procenu stepena zagađenja i ugroženosti životne sredine. Od sedamdesetih godina 20. veka državne vlade i donosioci odluka su počeli da obraćaju pažnju na zagađenje teškim metalima i formulisane su razne politike i zakoni koji se odnose na zaštitu životne sredine (European community, 1991). Evropska unija je već tada zabranila ispuštanje neprečišćenih komunalnih otpadnih voda u reke i razvila procedure za upravljanja otpadom (Kelessidis and Stasinakis, 2012). Jedna od važnih direktiva se odnosi na zagađivanje prioritetnim supstancama uključujući i teške metale i metaloide As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn u sedimentu i zemljištu, odnosno na monitoring ovih zagađujućih supstanci u Okvirnoj direktivi EU o vodama (EU Water Framework Directive-WFD Directive 2000, 2013).

Antropogene aktivnosti širom sveta stvaraju pritisak na rečne slivove koji mogu uticati na hemijski i ekološki status akvatičnih ekosistema i dalje značajno uticati na procese u sistemu voda-sediment - riparijalno zemljište (Xie et al., 2014; Negrel et al., 2014; Chiogna et al., 2016). U poslednjih 200 godina evidentan je uticaj ljudskih aktivnosti na rečne sisteme. Dosadašnja istraživanja pokazuju da je došlo do globalnog povećanja koncentracije metala i metaloida u rekama ali isto tako i na teritoriji Evrope, kao rezultat rudarenja i drugih industrijskih aktivnosti, ali i zbog ispuštanja neprečišćenih otpadnih komunalnih i industrijskih otpadnih voda kao i atmosfenske depozicije polutanata poreklom iz industrijskih postrojenja (postrojenja hemijske industrije, topinice, termoelektrane i sl.) (Schulz-Zunkel et al., 2013; Pavlović et al., 2016, 2019; Chiogna et al., 2016; Jiang et al., 2017; Zhu et al., 2017; Herrero et al., 2018). Utvrđeno je da je samo u poslednjih 50 godina globalno došlo do povećanja sadržaja Fe, Mn i Pb u koncentracijama većim od graničnih vrednosti propisanih od strane Svetske zdravstvene organizacije (WHO) i Američke agencije za zaštitu životne sredine (USEPA). Isto tako, utvrđene su više koncentracije teških metala u rečnim sistemima u Africi, Aziji i Južnoj Americi u odnosu na Evropu i Severnu Ameriku. Takođe, menjali su se i izvori zagađenja teškim metalima i metaloidima pa tako su 1970-tih glavni izvori metala bili rudnici i industrijski proizvodni pogoni zajedno sa prirodnim izvorima kao što je geološki supstrat sa ukupnim udelom od 66%. U narednim decenijama pored navedenih povećao se udeo teških metala poreklom iz komunalnog i industrijskog otpada da bi 2000. godine dostigao maksimum od čak 97% a onda je u periodu do 2010. došlo do značajnog smanjenja (52,4%) pri čemu su izvori zagađenja ostali isti. Kada je o izvorima zagađenja reč, na teritoriji Azije i Evrope su dominantni izvori zagađenja teškim metalima rudarenje, industrija i geološki supstrat dok su na ostalim kontinentima značajni izvori zagađenja vezuju za poljoprivredne aktivnosti (upotreba mineralnih đubriva i pesticida) i netretirane otpadne vode (Zhou et al., 2020).

Poplave su su prepoznate kao jedna od najčešćih prirodnih katastrofa i navedene su kao glavni rizik za vodene ekosisteme. Tokom poplavnih talasa, sedimenti se mogu taložiti duž rečnog toka u nizvodnim delovima reke, stoga su poplave efikasni putevi širenja kontaminacije, što dovodi do akumulacije polutanata u riparijalnim zemljištima (Dragun et al., 2009; Navratil et al., 2011; Gozzard et al., 2011). Dakle, poplave igraju presudnu ulogu u oblikovanju riparijalnih zemljišta i

remobilizaciji toksičnih elemenata (Foulds et al., 2014; Ciszewski and Grygar, 2016). Kontaminirani nanos transportovan na rečnu terasu tokom perioda visokog vodostaja ili poplava doprinosi povećanju sadržaja metala u obalnim zemljištima mada njihova distribucija takođe može zavisiti od različitih procesa fluvijalne erozije i taloženja, kao i drugih faktora (Ciszewski and Grygar, 2016; Ciesielczuk et al., 2014; Li et al., 2014).

Generalno posmatrano, u dosadašnjim istraživanjima je nedovoljno posvećena pažnja istraživanju riparijalnih zemljišta iako su ona često vrlo zagađena (Rinklebe et al., 2007; Schulz-Zunkel et al., 2013), a sa sve bržom industrijalizacijom i urbanizacijom priobalnog područja problem zagađenja preta da postane sve veći u budućnosti (Saint-Laurent et al., 2014; Zhu et al., 2017; Huang et al., 2019). U riparijalnoj zoni, teški metali i metaloidi predstavljaju jedan od značajnijih zagađivača (Vidmar et al., 2017; Jiang et al., 2017). Kontaminacija zemljišta i sedimenata riparijalnih zona kako velikih tako i manjih vodotokova predstavlja rizik po životnu sredinu i zdravlje ljudi s obzirom da se teški metali i metaloidi antropogenog porekla lako mogu uključiti u lanac ishrane i predstavljati rizik po organizme, životnu sredinu i zdravlje ljudi (Tessier and Campbell, 1987; Li et al., 2014, Zhang et al., 2016). Stoga je razumevanje uticaja antropogenih aktivnosti, koje za rezultat imaju fizičku i hemijsku degradaciju riparijalnog zemljišta, gubitak biodiverziteta i fragmentaciju staništa, vrlo važno za razvijanje metoda predviđanja promena i strategije odgovora na takve promene. Dakle, u riparijalnim zonama, zemljište je složen, sezonski promenljiv i dinamičan sistem, i kao takvo predstavlja odličan medijum za praćenje zagađenja različitim polutantima a pogotovo teškim metalima. Isto tako, može se koristiti kao ekološki indikator za procenu efikasnosti mera za upravljanje i/ili zaštitu ovih vrednih prirodnih resursa (Saint-Laurent et al., 2014).

Da bi se sprečilo zagađenje reka važno je jasno razumeti karakteristike zagađenja potencijalno toksičnim elementima u rečnom nanosu/sedimentima, kao i u priobalnom zemljištu, utvrditi njihove potencijalne izvore i proceniti potencijalne rizike po životnu sredinu (Saint-Laurent et al., 2010; Pavlović et al., 2016). Stoga je razumevanje procesa akumulacije metala u zemljištu i uslova pod kojima oni mogu postati mobilni, dostupni i toksični od velikog značaja. U budućnosti se očekuje povećanje učestalosti poplavnih talasa i suša kao rezultat klimatskih promena u rečnim slivovima u Evropi, uključujući sliv reke Save kao jedan od najvećih slivova u Jugoistočnoj Evropi i jedan od najznačajnijih podslivova sliva reke Dunav (Brilly et al., 2015; Milačić et al., 2015). U istraživanjima na velikoj prostornoj skali kao što je to sa rekom Savom slučaj, takođe je neophodno primeniti različite metode, smernice za utvrđivanje kvaliteta i indekse za procenu zagađenja sedimenata i obalnih zemljišta u periodima fluktuacije površinskih i podzemnih voda. Istraživanja vezana za kontaminaciju riparijalne zone su uglavnom fokusirana na ispitivanje bioakumulacije, prostornu i vremensku distribuciju polutanata kao i na procenu ekološkog rizika (Hu et al., 2013; Zhang et al., 2016).

1.1. Predmet i cilj istraživanja

Predmet istraživanja ove doktorske disertacije je zemljište riparijalne zone reke Save od izvora do ušća, njegove fizičke i hemijske karakteristike, stepen zagađenja, distribucija i poreklo teških metala i drugih mikroelemenata u površinskim slojevima zemljišta. Takođe, istraživanja obuhvataju analizu i procenu uticaja površinskog rečnog sedimenta na zemljište, njihove međusobne odnose u riparijalnoj zoni, kao i uticaj zagađivanja teškim metalima na sistem zemljište – sediment. Ispitivanja su sprovedena u uskom pojasu riparijalne zone reke Save, na odabranim lokalitetima u Republici Sloveniji, Republici Hrvatskoj i Republici Srbiji.

Ciljevi ove disertacije bili su usmereni na:

- utvrđivanje koncentracije teških metala u površinskim slojevima zemljišta i sedimenta/nanosa riparijalne zone reke Save, kao i utvrđivanje njihovog porekla i distribucije duž rečnog toka,

- utvrđivanje nivoa zagađenja površinskih slojeva zemljišta i sedimenta/nanosa i utvrđivanje potencijalnog ekološkog rizika po životnu sredinu,
- analizu prostorne i vremenske distribucije teških metala i metaloida u površinskim slojevima zemljišta i sedimenta/nanosa riparijalne zone reke Save ispitivanjem fizičko-hemijskog sastava zemljišta i sedimenta, i merenjem ukupnog sadržaja hemijskih elemenata u zemljištu (Ag, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Se, Sr, Tl, Zn), i
- analizu frakcija hemijskih elemenata u zemljištu u cilju procene njihove dostupnosti, mobilnosti i potencijalne toksičnosti i identifikaciju antropogenih izvora zagađivanja riparijalne zone.

Fokus istraživanja bio je na sedam potencijalno toksičnih elemenata (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn), koji su označeni kao prioritetni polutanti prema direktivama o kvalitetu vode Evropske komisije i Međunarodne komisije za zaštitu Dunava (ICPDR, 2002, EU Directive 2000/60/EC).

U istraživanjima u okviru ove disertacije pošlo se od sledećih hipoteza:

1. Koncentracija teških metala i metaloida se u zemljištu riparijalne zone reke Save menja od izvora do ušća;
2. Sadržaj teških metala i metaloida u zemljištu je u korelaciji sa sadržajem teških metala u sedimentu/nanosu i karakterističan je za svaki deo rečnog toka;
3. Akumulacija zagađenja u zemljištu riparijalne zone je najveća u donjem delu toka reke Save;
4. Step en ekološkog rizika zavisi od potencijalne dostupnosti toksičnih elemenata i povećava se od izvora reke do ušća.

Sprovedena istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji bila su deo dva projekta: Nacionalnog projekta osnovnih istraživanja „Ekofiziološke adaptivne strategije biljaka u uslovima multipnog stresa“ (ON 173018; 2011-2019; rukovodilac, dr Pavle Pavlović; finansijer Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije; realizator Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković“-Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu) i međunarodnog projekta „Managing the effects of multiple stressors on aquatic ecosystems under water scarcity“ GLOBAQUA (FP7-ENV.2013.6.2-1, 2014-2019; rukovodilac, dr Damià Barceló; finansijer, European Commission-EC, FP7 Collaborative Project; realizatori, 24 institucije među kojima Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković“-Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu). Pored ostalog, ciljevi ovih projekata bili su identifikacija dominantnih stresora u riparijalnim zonama reka u Srbiji i reka u Evropi (Ebro, Adige, Sava, Evrotas, Anglian i Sous Massa), u cilju unapređenja znanja o multipnim faktorima stresa i poboljšanja politike i prakse upravljanja.

2. Pregled literature

Zemljište predstavlja polifazni sistem koji se sastoji iz čvrste, tečne, gasovite faze i živih organizama. Najčešće se definiše kao rastresit sloj na površini Zemlje, smešten između litosfere i atmosfere, nastao od matične stene pod uticajem pedogenetskih faktora (Antić et al., 1982). Zemljište je prirodni dinamički sistem koji karakterišu fizički, hemijski i biološki procesi. Ovaj neprocenjivi prirodni resurs ima vrlo važnu ekološku ulogu u terestričnim i akvatičnim ekosistemima, a kao i svi prirodni resursi, predstavlja važan prirodni kapital koji tokom vremena obezbeđuje održivost životne sredine (Belanović, 2002). Mnogi prirodni i antropogeni činioci dovode do promene ravnoteže pojedinih faktora stvaranja zemljišta, i na taj način se može povećati ili smanjiti prirodna otpornost zemljišta prema različitim vidovima degradacije koji uključuju procese erozije, prevlaživanja, prekomernog zaslanjivanja, zagađivanja, kojima se smanjuje postojeća ili potencijalna proizvodna sposobnost zemljišta (Kadović, 1999).

Zemljišta u riparijalnoj zoni velikih reka su specifična i njihovo formiranje je u velikoj meri određeno fluvijalnim i erozionim procesima kao i količinom nanosa (Naiman and Décamps, 1997). Na formiranje riparijalnih zemljišta najveći uticaj ima voda odnosno promene u nivou površinskih i podzemnih voda. Karakteristika riparijalnog zemljišta je odsustvo klasičnog tipa matične podloge pa se mineralna komponenta kod ovih zemljišta zapravo sastoji od mnogobrojnih slojeva sedimenata različite teksture i strukture. Periodično taloženje nanosa/sedimenta na površinske slojeve riparijalnog zemljišta, taloženje nutrijenata i organske materije, kao i spiranje usled fluktuacije podzemnih i površinskih voda uslovljavaju heterogenost ovih zemljišta (Stein and Ambrose, 2007; Steiger et al., 2005; Naiman et al., 2005; Ye et al., 2019). Na formiranje ovih zemljišta utiče i veliki broj abiotičkih i biotičkih faktora specifičnih za određeno područje. Karakteristike zemljišta kao što su vlažnost, količina esencijalnih elemenata (ugljenik, azot i fosfor), reakcija zemljišta, kapacitet katjonske izmene su veoma značajne za odvijanje mnogih ekoloških procesa poput deponovanja rezervi ugljenika, mineralizaciju azota, razlaganje organske materije, prečišćavanje vode i dr. (Zhao et al., 2020).

Dosadašnja istraživanja su upravo pokazala da su promene u zemljištu u zoni riparijalnih šuma velikih reka uslovljene prostornim i vremenskim gradijentom životne sredine odnosno dugotrajnim prirodnim procesima sa jedne i antropogenim aktivnostima sa druge strane (Sarr et al., 2011; Schulz-Zunkel et al., 2013; Marković et al., 2018; Čakmak et al. 2018; Pavlović et al., 2016, 2019). Različiti poremećaji u slivu nastali dejstvom prirodnih i antropogenih faktora dovode do intenzivnih erozionih procesa, gubitka zemljišta i deponovanja nanosa u vodotokove (García-Ruiz, 2010; Ristić et al., 2011). Procesima erozije često dolazi do transporta i deponovanja zagađujućih materija, koji se nalaze u nanosu/sedimentima, u rečne vodotokove (Evans, 2006). Morfološke i hidrološke karakteristike rečnog toka velikih reka kao i erozioni procesi, prvenstveno u gornjim delovima sliva, mogu imati veliki uticaj na formiranje i transport površinskog sedimenta. Nanos, prvenstveno onaj koji se transportuje tokom poplavnog talasa, deponuje se na obalu utičući na formiranje vrlo karakterističnog riparijalnog zemljišta. Čestim poplavama, količina sedimenta/nanosa koja se deponuje na površinski sloj zemljišta biva sve veća, doprinoseći značajnom povećanju sadržaja potencijalno štetnih mikroelemenata (Ciesielczuk et al., 2014). Na ovaj način sediment/nanos postaje sekundarni izvori zagađenja zemljišta (Mikkelsen and Veslo, 2000; Chen et al., 2016; Song et al., 2021). Zbog svog položaja u priobalnoj zoni reka, riparijalna zemljišta su recipijenti nanosa i drugih materija a takođe su važni činioci u regulaciji razmene materija, uključujući i polutante, i transformaciji energije između terestričnih i akvatičnih ekosistema (Naiman and Decamps, 1997; Hill and Cardaci, 2004). Zemljišta u riparijalnim zonama reka imaju slične karakteristike kao zemljišta u terestričnim ekosistemima, ali imaju neke specifične karakteristike koje su nastale kao rezultat kontinuiranih procesa plavljenja i sa tim povezanih procesa depozicije i erozije. Ovi procesi uzrokuju veći diverzitet zemljišta na prostornoj skali, ona su u evolutivnom smislu geneze mlađa i često im nedostaju dobro razvijeni horizonti u poređenju sa terestričnim (Zaimes et al., 2010). Takođe, geomorfološke karakteristike terena mogu značajno da utiču na teksturu zemljišta i način

depozicije, i upravo su zemljišta u širokim dolinama reka fine teksture nasuprot usko usečenim koritima ili aluvijalnim terasama u planinskim regionima koja su grube teksture (Platts et al., 1987; Malanson, 1997). Opšte karakteristike vertikalnog profila zemljišta se menjaju u skladu sa hidrološkim režimom i depozicijom sedimentnog materijala (Platts et al., 1987). Isto tako, riparijalna zemljišta su vlažnija u odnosu na terestrična zemljišta zbog fluktuacije vodostaja. Step en vlažnosti zemljišta zavisi od sezonskih i godišnjih klimatskih karakteristika koje utiču na količinu vode u rekama (Hoag and Fripp, 2005). Na režim vlage priobalnih zemljišta utiče i njihov geomorfološki položaj.

Problem akumulacije teških metala i metaloida u zemljištu i sedimentu riparijalne zone jeste činjenica da se oni mogu vrlo lako akumulirati i da njihova mobilnost zavisi od mnogo faktora, kao što je promena pH ili promena oksido-redukcionih uslova, gde se mogu lako transformisati u lakopristupačne oblike i na taj način postati rizik za riparijalnu zonu (Kwok et al., 2014). Elementi kao što su Cu, Mn, Ni i Zn su zapravo esencijalni za funkcionisanje živih organizama ali u velikim koncentracijama mogu biti toksični i imati negativan efekat na životnu sredinu. S druge strane, elementi kao što su As, Cd, Cr, Pb i Hg se čak i u niskim koncentracijama smatraju toksičnim (Adriano, 2001; Alloway, 2013). Dosadašnja istraživanja pokazuju da se teški metali i metaloidi najčešće akumuliraju u površinskim slojevima zemljišta i sedimenta i da njihov sadržaj može biti i nekoliko puta viši u odnosu na dublje slojeve i u odnosu na referentne vrednosti za određeno područje (Cui et al., 2018; Liu et al., 2019). Distribucija i dostupnost potencijalno toksičnih elemenata u zemljištu i sedimentima zavisi od velikog broja biotičkih i abiotičkih faktora. Najčešći faktori koji utiču na mobilnost i dostupnost teških metala i metaloida su geomorfološke i geohemijske karakteristike matičnog supstrata, klimatske karakteristike, tekstura i struktura zemljišta i sedimenta, pH, oksido-redukциони potencijal, sposobnost katjonske razmene (CEC), količina organske materije, zemljišni mikroorganizmi (Čakmak et al., 2010; Čakmak et al., 2018; Milačić et al., 2017; Herrero et al., 2018). Akumulacija i dalje ponašanje teških metala i drugih potencijalno opasnih mikroelemenata u površinskim slojevima zemljišta i sedimenta uslovljeno je fizičko-hemijskim karakteristikama (Ciesielczuk et al., 2014; Li et al., 2014). Poreklo polutanata u zemljištu i sedimentima može biti geološko, ukoliko je posledica raspada matičnog supstrata ili antropogeno ako se javlja kao posledica industrijskih aktivnosti koje uključuju emisiju štetnih gasova, suspendovanih čestica, zatim poljoprivrednih i rudarskih aktivnosti ili usled ispuštanja netretiranog čvrstog i tečnog komunalnog otpada (Mrvić et al., 2009; Galán et al., 2014;).

Biodostupnost i toksičnost elemenata u prirodi prvenstveno zavisi od njihovih formi vezivanja i zato korišćenje ukupnih koncentracija može preceniti ili potceniti stvarni rizik po životnu sredinu, odnosno već je pokazano da ukupne koncentracije potencijalno toksičnih elemenata u zemljištu precenjuju rizik od fitotoksičnosti (García-Ordiales et al., 2016; Li et al., 2021). Zato realniji pristup izučavanju i kasnije rešavanju ovog problema podrazumeva određivanje udela biodostupnih frakcija (Buccolieri et al., 2010). Ukupan sadržaj teških metala i metaloida možda nije dobar prediktor rizika za životnu sredinu, jer ne pruža informacije o mobilnosti i biodostupnosti ovih polutanata (Adamo et al., 2018; Alan and Kara, 2019). Nasuprot, sekvencijalna ekstrakcija identifikuje glavne frakcije u kojima su potencijalno toksični elementi povezani i omogućava utvrđivanje trenutnog i potencijalnog rizika vezanog za visoke koncentracije ovih elemenata (Shaheen et al., 2017; Shaheen and Rinklebe, 2014; Gabarron et al., 2019; Mendoza et al., 2017). Za procenu toksičnosti i dostupnosti elemenata u zemljištu i sedimentu primenjuju se različite metode sekvencijalne ekstrakcije. Primenom procedure fracionisanja dobijaju se važni podaci o dostupnosti, mobilnosti, načinu vezivanja i raspodeli teških metala i drugih potencijalno opasnih mikroelemenata a kroz upotrebu različitih ekstrakcionih sredstava (Sutherland, 2010; Milačić et al., 2010). Za procenu toksičnosti mikroelemenata u zemljištu i sedimentu, najčešće se koriste Tesijerova sekvencijalna ekstrakcija (Tessier et al., 1979) kao i BCR sekvencijalna ekstrakcija (Quevauviller et al., 1997). Za potrebe ove disertacije primenjena je modifikovana BCR sekvencijalna ekstrakcija (Ščančar et al., 2007; Milačić et al., 2010), predložena od strane Evropskog biroa za referentne materijale (engl.

BCR – European Community Bureau of Reference). Sekvencijalna ekstrakcija se sastoji iz frakcionisanja metala u tri faze, koja odražava različite stepene rastvorljivosti elemenata pri čemu je prva faza izmenljiva odnosno dostupna, druga je reducibilna odnosno vezana za okside Fe i Mn a treća oksidabilna faza odnosno vezana za organsku materiju. Poslednja frakcija odnosi se na vezu metala sa mineralima koji su rastvorljivi u jakim kiselinama i zato se u najvećem broju slučajeva primenjuje i digestija carskom vodom ili fluorovodoničnom kiselinom, kako bi se dobio ukupan sadržaj hemijskih elemenata, čak i onih vezanih za kristalnu rešetku (Milačić et al., 2010; Relić et al., 2013; Sakan et al., 2016). Frakcije elemenata koji se oslobode u prve tri faze sekvencijalne ekstrakcije smatraju se antropogenim i biodostupnim, dok su elementi ekstrahovani u četvrtoj fazi najčešće čvrsto vezani za kristalnu rešetku pa samim tim nisu dostupni organizmima za usvajanje (Bashir et al., 2014). Dobijeni podaci pružaju informacije o mobilnosti, biodostupnosti elemenata i svim potencijalnim rizicima po životnu sredinu od zagađivanja zemljišta i sedimenta toksičnim elementima (Pardo et al., 2004).

Obzirom da se zagađujuće materije najčešće adsorbuju na fine čestice sedimenta (nanosa) one se dalje mogu lako transportovati i taložiti u donjim delovima sliva ali i na površinskim slojevima zemljišta. Akvatični organizmi a samim tim i čitavi akvatični ekosistemi kao i zemljišta u riparijalnoj zoni su direktno ugroženi kontaktom sa sedimentom (nanosom) i vodom. Za procenu zagađenja u riparijalnoj zoni najrelevantniji su površinski slojevi zemljišta ali i sedimenta konkretnije površinski slojevi vučenog nanosa obzirom da se u površinskim slojevima nalazi najskorije deponovan materijal (Flück et al., 2010). U cilju smanjenja zagađenja riparijalne zone, posebno velikih regionalnih reka, vrlo je važno u potpunosti razumeti karakteristike i izvore zagađivanja zemljišta i sedimenta i odrediti potencijalno toksične zagađivače (Saint-Laurent et al., 2010). Za utvrđivanje porekla teških metala u sedimentu i zemljištu koristi se veliki broj multivarijantnih statističkih analiza kao što je analiza glavnih komponenti – PCA analiza (Borůvka et al., 2005; Cakmak et al., 2010; Jiang et al., 2017; Pavlović et al. 2019). Takođe postoji i veliki broj različitih direktiva i uredbi koje se odnose na kvalitet sedimenta i zemljišta, međutim ne postoje ujednačeni kriterijumi na svetskom ili evropskom nivou, te uglavnom svaka država ima svoje zakonske akte i uredbe kojima uređuje problem kvaliteta zemljišta, sedimenta i voda. Za procenu zagađenja rečnih sedimenta često se koriste i Vodiči za procenu kvaliteta sedimenta (Sediment Quality Guidelines – SQGs; CCME, 2001). U okviru istraživanja stepena zagađenja sedimenta/nanosa, za potrebe ove disertacije, korišćeno je nekoliko smernica kao što su: nivo graničnog efekta na životnu sredinu (TEL – Treshold effect level) i nivo verovatnog efekta na životnu sredinu (PEL – Probable effect level) (CCME, 2001) kao i granične vrednosti za sediment prema preporuci Međunarodne komisije za Dunav (ICPDR, 2002; MacDonald et al., 2000). Za procenu kvaliteta i stepena zagađenja zemljišta, za potrebe ove disertacije, korišćeno je nekoliko smernica kao što su regionalne granične i background vrednosti za teritoriju Republike Slovenije (Šajn, 2003), za teritoriju Republike Hrvatske (Halamić et al., 2012) i za teritoriju Republike Srbije (Uredba Republike Srbije o zagađujućim materijama u zemljištu SG RS 30/2018). Takođe jedan od kriterijuma za utvrđivanje kvaliteta zemljišta i stepena zagađenja bila je i Evropska direktiva o background vrednostima evropskih zemljišta i kanalizacionih muljeva (Directive 86/278/EEC, Gawlik and Bidoglio, 2006).

Metode koje se koriste za procenu kvaliteta zemljišta i sedimenta (nanosa) se najčešće baziraju na hemijskom pristupu odnosno na određivanju stepena zagađenja poređenjem izmerenih vrednosti zagađujućih materija sa referentnim tj. „background“ vrednostima. Zato je važno da se utvrde referentne odnosno „background“ vrednosti za sve potencijalno toksične elemente ili druge zagađujuće materije u zemljištima ali i sedimentu (nanosu) na određenoj teritoriji. Na taj način, dobijaju se precizni podaci o nivou zagađenju na određenom području. Veliki broj indeksa za procenu kvaliteta zemljišta i sedimenta kao i procenu ekološkog rizika zasniva se upravo na upotrebi „background“ vrednosti kao i na upotrebi zakonskih uredbi i direktiva. Najčešće upotrebljavani indeksi su faktor obogaćenja – EF, indeks zagađenja – PI, pojedinačan indeks

zagađenja – Ei, ukupan indeks zagađenja – RI, geoakumulacioni indeks – Igeo i mnogi drugi (Hu et al., 2013; Cao et al., 2013; Sakan et al., 2015; Kowalska et al. 2018; Čakmak et al., 2018; Marković et al., 2018; Pavlović et al., 2019; Kuerban et al., 2020).

Poslednjih decenija, usled sve intenzivnijeg zagađenja riparijalnih zona zbog industrijalizacije, urbanizacije i klimatskih promena, istraživanja su fokusirana na različite segmente riparijalne zone, na procenu ekološkog statusa, određivanje stepena zagađenja riparijalnog zemljišta i vegetacije, utvrđivanje porekla organskih i neorganskih zagađivača kao i na procenu rizika po životnu sredinu. Ekološka istraživanja riparijalne zone su od velikog značaja s obzirom da su ovi ekosistemi vrlo heterogeni i često podložni promenama i pod velikim su antropogenim pritiskom, pri čemu su dosadašnja istraživanja pokazala da su donji delovi toka reka uglavnom zagađeniji zbog usporavanja toka i intenzivnog taloženja rečnog nanosa koji po pravilu akumulira polutante. Dosadašnja istraživanja sprovedena u riparijalnim zonama velikih reka, kao što su Dunav, Sava, Tisa, kao i na njihovim pritokama su od velikog značaja za dobijanje podataka o ekološkom statusu kao i o proceni nivoa i dominantnog tipa i izvora zagađenja, s obzirom da veliki broj ljudi živi u u uskom pojasu uz reke od kojih zavisi direktno ili indirektno. Istraživanja sprovedena na Dunavu (Pavlović et al., 2016) dala su uvid u stepen zagađenja teškim metalima (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Hg i Zn) u riparijalnom zemljištu i vegetaciji na 43 lokaliteta duž toka, pri čemu je ustanovljeno da su srednji i donji delovi toka ugroženiji u odnosu na gornji deo toka.

Obalna zemljišta reke Save izložena su kontaminaciju teškim metalima i metaloidima (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb i Zn), što može doprineti ukupnom zagađenju životne sredine u slivu reke. Dosadašnja istraživanja su pokazala da prirodni poremećaji, poput poplava praćenih periodima suše, imaju značajan uticaj na varijacije koncentracija toksičnih elemenata u vodi, rečnom nanosu/sedimentu i zemljištima reke Save. Ovi elementi su identifikovani kao prioritetni zagađivači sliva reke Save (Čakmak et al., 2018; Milačić et al., 2010; 2015, 2017; Marković et al., 2018; Vidmar et al., 2017; Pavlović et al., 2019). Teški metali u riparijalnim zemljištima reke Save potiču iz prirodnih i iz antropogenih izvora i mogu se transportovati na velike daljine u suspendovanim sedimentima (Kotnik et al., 2003; Čakmak et al., 2018). Koncentracije metala antropogenog porekla često su veće od onih koji potiču iz geološke podloge u rekama koje prolaze kroz područja pogođenim industrijom, urbanim aktivnostima, a posebno rudarstvom (Zhang et al., 2016; Čakmak et al., 2018; Saljnikov et al., 2019). Tokom poplava, metali koji su se akumulirali u sedimentima u rečnom koritu i povezanim priobalnim zonama mogu se suspendovati i transportovati nizvodno, pre nego što se odlože na poplavljene rečne terase (Foulds et al., 2014; Milačić et al., 2017). Istraživanja sprovedena na reci Savi i njenim pritokama Dravi i Kolubari (Vertačnik et al., 1995; Halamić et al., 2003; Šajn and Gosar, 2014; Čakmak et al., 2018; Marković et al., 2018; Pavlović et al., 2019) odnosila su se na procenu stepena zagađenja teškim metalima i metaloidima u zemljištu i sedimentu određivanjem ukupnih sadržaja, njihovih dostupnih i mobilnih frakcija, i primenom različitih geohemijskih indeksa pri čemu je ustanovljeno da se njihov sadržaj povećava nizvodno ka ušću usled intezivnih industrijskih i poljoprivrednih aktivnosti. Takođe istraživanja sadržaja teških metala i metaloida u sedimentima reke Save (Milačić et al., 2010, 2017; Vidmar et al., 2017) ukazala su na trend povećanja njihovog sadržaja u donjem delu toka kao rezultat prisustva većeg broja naselja i većeg broja industrijskih postrojenja koji imaju za rezultat ispuštanje komunalnih i industrijskih otpadnih voda u reku. Naša novija istraživanja su pokazala da većina prioriternih teških metala u sedimentu i u zemljištu imaju sličan trend povećanja kao rezultat antropogenih pritisaka i čestih periodičnih poplava, posebno u donjim delovima toka reke (Marković et al., 2018; Pavlović et al., 2019). Periodične poplave takođe imaju veoma veliki uticaj na riparijalne zone i dosadašnja istraživanja ukazuju da poplavni talasi utiču na povećenje sadržaja teških metala i metaloida u sedimentu i zemljištu kao i na njihovu prostornu distribuciju (Schulz-Zunkel et al., 2013; Ciesilczuk et al., 2014; Čakmak et al., 2018; Pavlović et al., 2019).

3. Karakteristike istraživanog područja

Sliv reke Save predstavlja najveći sliv na teritoriji jugoistočne Evrope, pokrivajući površinu od 97 700 km² i jedna je od najvećih i najznačajnijih pritoka Dunava. Sliv reke Save se prostire između 13,67° i 20,58° istočne geografske širine i 42,43° i 46,52° severne geografske dužine. Područje sliva se najvećim delom prostire na teritoriji četiri države i to: Slovenije, Hrvatske, Bosne i Hercegovine i Srbije (Slika 1). Jednim delom se prostire na teritoriji Crne Gore, dok zanemarljivo mali deo sliva pripada teritoriji Albanije (ISRBC, 2009; Komatina and Grošel, 2015; Shwarz, 2016).

Reku Savu formiraju dve planinske reke, Sava Dolinka i Sava Bohinjka i od njihovog ušća, kod mesta Radovljica, pa do ušća Save u Dunav dužina toka reke je 945 km. Sava protiče kroz Republiku Sloveniju, Republiku Hrvatsku, Federaciju BiH i Republiku Srbiju pravcem severozapad-jugoistok pri čemu na jednom delu svog toka predstavlja prirodnu državnu granicu između Hrvatske i BiH.

Tok reke Save se uslovno može podeliti na tri dela, na gornji, srednji i donji deo toka. Gornji deo toka obuhvata područje od ušća Dolinke u Bohinjku kod Radovljice pa sve do Rugvice na teritoriji Hrvatske i obuhvata oko 600 km rečnog toka. Gornji deo sliva Save je pretežno brdsko planinskog karaktera. Srednji deo toka reke Save obuhvata područje od Rugvice pa do ušća Drine u Savu nizijsko aluvijalnog karaktera sa velikim brojem pritoka, meandara i poplavnih polja. Donji deo toka obuhvata područje od ušća Drine pa sve do ušća Save u Dunav, takođe je nizijsko aluvijalnog karaktera i najveća pritoka na ovom delu toka je reka Kolubara (ISRBC, 2009; Shwarz, 2016).



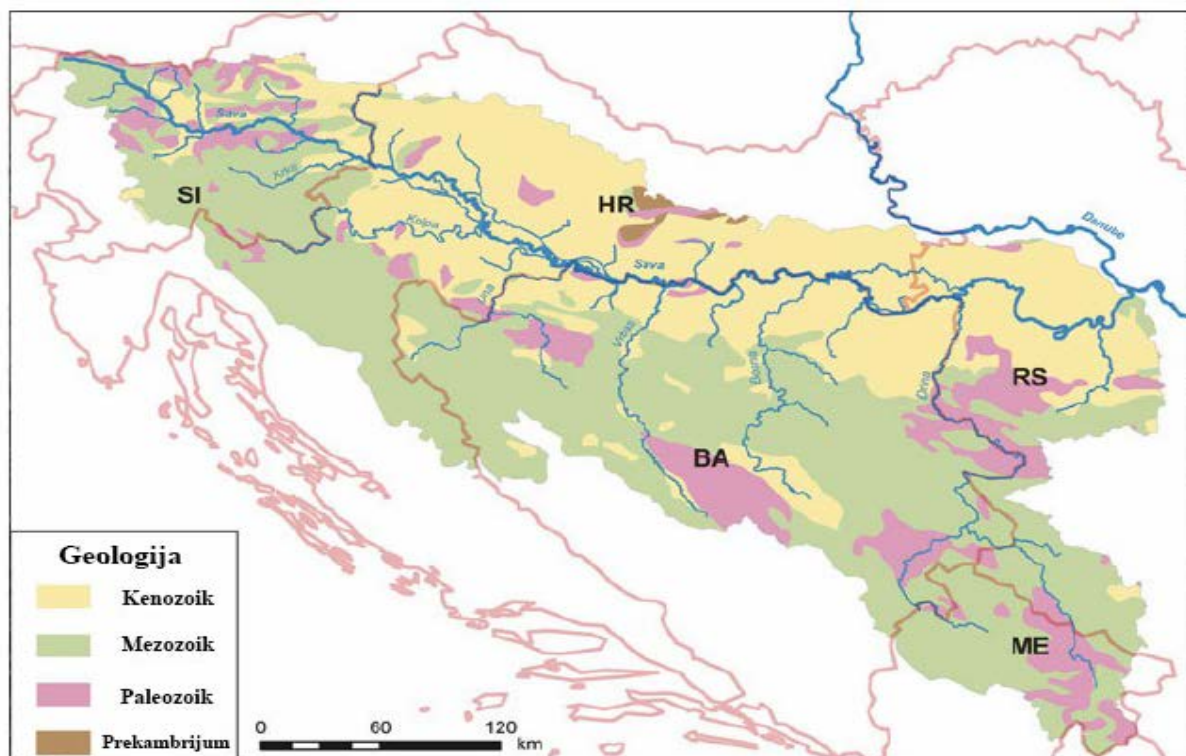
Slika 1. Sliv reke Save (ISRBC, 2013)

3.1. Topografske, geološke i pedološke karakteristike sliva reke Save

Sliv reke Save je generalno podeljen na tri različita topografska regiona i to Alpski region, planinski region i nizijski region. Alpski region je predstavljen visokim planinskim vencima Alpa i Dinarida, koji dominiraju u gornjem delu sliva, na teritoriji Republike Slovenije. Karakterišu ga karstni tereni, klisure i kanjoni kao i velike površine pod šumama (ISRBC, 2009). Najviši vrh ovog regiona je Triglav (2864 m.n.m). Planinski region se može podeliti na severni deo (leva obala reke Save) i južni deo (desna obala reke Save). Južni deo regiona ima izražen brdsko-planinski karakter, sa planinama nadmorske visine i do 2500 m.n.m., i proteže se do Dinarskih planina Bosne i Hercegovine. Severni deo ovog regiona pripada Panonskom basenu i karakterišu ga ravničarski tereni kao i plodna poljoprivredna zemljišta. Nizijski region obuhvata deo toka reke Save od ušća pritoka Une, Bosne, Vrbasa i Drine pa sve do ušća u Dunav i na ovom delu toka reka Sava je tipična ravničarska reka. Ovaj region pripada području Panonske nizije, karakterišu ga ravnice, plavna polja kao i plodna poljoprivredna zemljišta i predstavlja jedan od najvećih poljoprivrednih regiona jugoistočne Evrope (Saftić et al., 2003; Shwarz, 2016).

Nadmorska visina u slivu reke Save varira od oko 71 m.n.m. na ušću Save u Dunav do vrha Triglav u slovenačkim Alpima koji se nalazi na visini od 2864 m.n.m. Prosečna nadmorska visina u slivu je 545 m.n.m. Nagib terena takođe veoma varira na području sliva reke Save i u proseku iznosi 15,8 % (ISRBC, 2016).

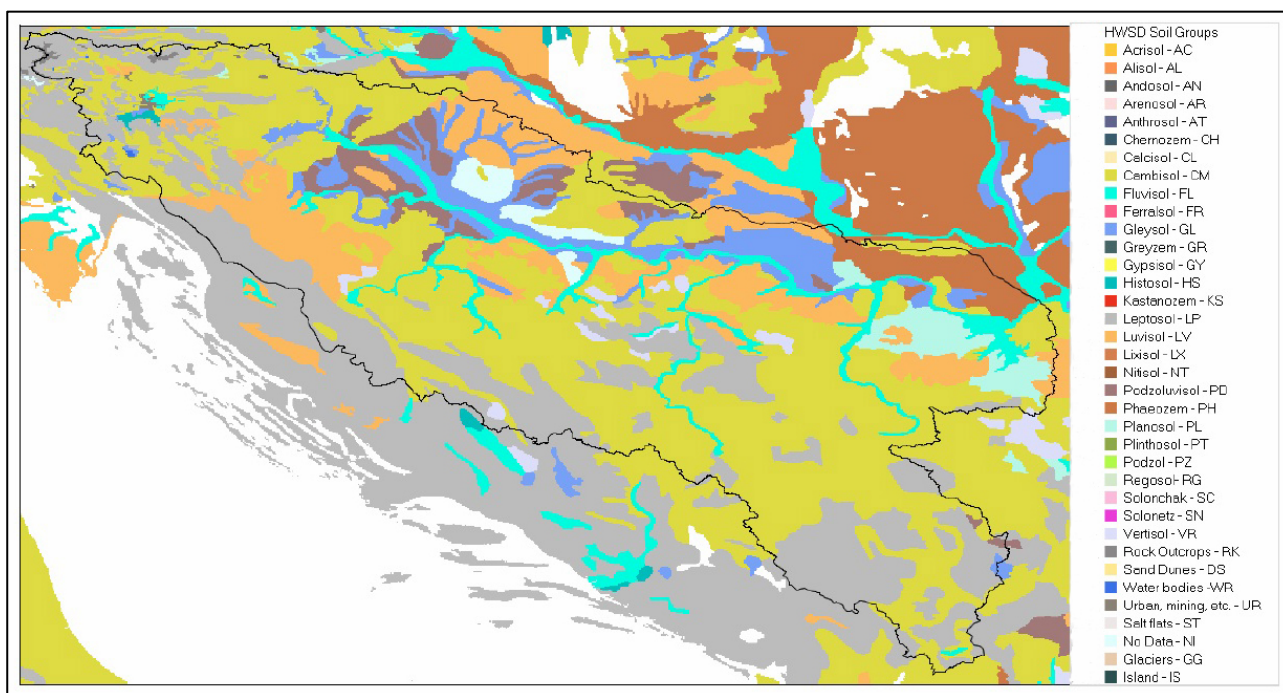
Reka Sava protiče kroz područje veoma raznovrsnih geoloških i orografskih karakteristika. Gornji deo toka smešten je na području Julskih Alpa i karakterišu ga mezozojske i stene gornjeg Trijasa. Doline reke Save Dolinke i Save Bohinjke predstavljaju ledničke kotline formirane radom lednika Sava Dolinka i Bohinjskog lednika i prostiru se do Ljubljanske kotline. Ljubljanska kotlina predstavlja granicu između Julskih Alpa i Dinarida. Južno i jugoistočno od nje, na srednjem delu toka, nalaze se takozvani Savski nabori, koji dalje razdvajaju Ljubljansku od Krške kotline formirajući Savska brda. Ovaj deo karakterišu stene Paleozoika i Trijasa, kao i klastični sedimenti. Donji deo toka, koji najvećim delom pripada Panonskom basenu, karakterišu sedimentne naslage različite debljine i starosti (Bačani et al., 1999; Placer, 2008; Simić et al., 2015) (Slika 2).



Slika 2. Geološka karta sliva reke Save (Ogrinc et al., 2015)

Sliv reke Save je vrlo heterogenog sastava, uključujući magmatske, sedimentne i metamorfne stene. Sliv se sastoji od Permo-Karbonskih škriljaca, magmatskih i metamorfnih stena iz doba Jure i Krede, kao i od neogenih i holocenskih sedimentata (Ogrinc et al., 2015). Najzastupljenije magmatske stene u slivu su graniti, dijabazi, daciti, andeziti, feldspati i perioditi. Što se tiče metamorfnih stena, u slivu su najzastupljenije formacije škriljaca, filita, gnajseva i kvarcita. Sedimentne formacije uglavnom uključuju krečnjake, dolomite i klastične sedimente (Simić et al., 2015; Pavlović et al., 2019).

Usled raznovrsnosti u pogledu geološke podloge, klimatskih karakteristika, biodiverziteta, topografskih i hidroloških uslova, pa čak i antropogenih uticaja, formirani su različiti tipovi zemljišta na području sliva reke Save. Formiranje zemljišta u riparijalnoj zoni reke uslovljeno je erozionim procesima i procesima sedimentacije, promenama u oksido-redukcionim uslovima i čestim fluktuacijama nivoa podzemnih voda i poplavnim talasima. U gornjem delu toka reke, zastupljena su plitka i slabije razvijena zemljišta, dok su u donjem delu toka zastupljena uglavnom fluvijalna zemljišta (Shwarz, 2016). Gornji deo riparijalne zone karakterišu plitka zemljišta kao što su sirozemi, kalkomelanosoli i rendzine, pri čemu se takođe mogu pronaći i kambisoli na krečnjaku ili dolomitima, kao i humofluvisoli. Srednji deo riparijalne zone reke Save karakterišu mahom fluvijalna i euglejna zemljišta kao i određene forme pseudoglejnih zemljišta. U donjem toku reke, dominiraju zemljišta tipa fluvisoli tj. aluvijalna zemljišta, eutrični kambisoli i černozemi (Slika 3). Takođe, u riparijalnoj zoni mogu se pronaći i euglejna zemljišta, uglavnom na srednjem i donjem delu toka reke, u meandrima i rukavcima (Panagos et al., 2011; Pavlović et al., 2017; Pavlović et al., 2019).



Slika 3. Pedološka karta sliva reke Save (ISRBC, 2009)

3.2. Klimatske, hidrološke i hidrografske karakteristike sliva reke Save

Sliv reke Save pripada području gde dominira umerena klima severne hemisfere, sa jasno izraženim zimskim i letnjim periodima, međutim klima nije ujednačena za ceo sliv i varira u zavisnosti od orografskih karakteristika. Na prostoru sliva ove reke javljaju se tri dominantna tipa i to – alpska klima, umereno kontinentalna klima i umereno kontinentalna (srednjoevropska) klima. Na prostornoj skali, alpska klima je najvećim delom zastupljena u severnim delovima sliva, mahom na zapadu i severozapadu Slovenije kao i na višim nadmorskim visinama Dinarskih Alpa. Umereno

kontinentalna klima karakteristična je za srednji deo sliva tj. brdsko planinski region Hrvatske, Bosne i Hercegovine i Crne Gore, iz kojeg potiče najveći deo desnih pritoka. Sa druge strane, umereno kontinentalna (srednjoevropska) klima karakteristična je za manji deo sliva, severno od reke Save, koji pripada regionu Panonske nizije. Prelazi između ova tri tipa klime u slivu nisu oštri (ISRBC, 2009; Shwarz, 2016).

Jedna od najbitnijih karakteristika koja određuje tip klime na području sliva reke Save je temperatura vazduha. Temperatura u slivu reke Save, u toku godine prati uobičajen sezonski obrazac variranja kontinentalne klime sa niskim temperaturama tokom zimskog perioda i visokim temperaturama tokom letnjeg perioda. Prosečna godišnja temperatura za čitav sliv reke Save iznosi 9,5 °C, međutim temperatura vazduha najviše zavisi od nadmorske visine. U planinskim predelima prosečne godišnje temperature vazduha iznose oko 4 °C, dok se prosečne godišnje temperature vazduha u nizijskim predelima sliva kreću u rasponu od 10 do 12 °C (Brilly et al., 2015; Komatina and Grošelj, 2015; Shwarz, 2016).

Godišnja količina i raspodela padavina na području sliva reke Save varira i u velikoj meri zavisi od orografskih karakteristika. Najveća količina padavina se javlja u toku ranog leta i jeseni, mada nisu zanemarljive ni zimske padavine koje se najčešće javljaju u obliku snega. U većem delu sliva snežni pokrivač se može relativno dugo zadržati, što u proleće nakon otapanja može dovesti do pojave bujičnih poplava. Prosečna godišnja količina padavina za sliv reke Save iznosi oko 1100 mm. Najmanje godišnje količine padavina javljaju se u donjem delu toka, mahom u regiji Panonske nizije, i kreću se u opsegu od 500 do 650 mm. Sa druge strane, najveće godišnje količine padavina javljaju se u planinskim predelima sliva i kreću se u rasponu od 1000 do 3000 mm (Shwarz, 2016; ISRBC, 2016).

Količina i raspodela padavina direktno utiču i na evapotranspiraciju koja se na nivou sliva kreće u rasponu od minimalnih 320 do maksimalnih 7102 mm godišnje. Prosečna godišnja evapotranspiracija za područje čitavog sliva iznosi 530 mm. Najniže vrednosti od oko 500 mm godišnje, javljaju se u gornjim delovima sliva, mahom u brdsko-planinskom regionu dok se najviše vrednosti od oko 600 mm javljaju u srednjoj Posavini i donjem delu toka, uglavnom zbog visokih prosečnih temperatura tokom letnjih meseci kao i zbog činjenice da je na ovom delu toka veća vodena površina u odnosu na onu u gornjem delu sliva (Brilly et al., 2015; ISRBC, 2009)

Prostorna raspodela oticaja na području sliva reke Save prati prostornu raspodelu padavina. Godišnji oticaj u slivu varira od 150 mm što je manje od 5 l/s/km² do skoro 1200 mm godišnje što je oko 40 l/s/km². Desne pritoke reke Save karakteriše veća drenažna moć u odnosu na leve pritoke. Desne pritoke dreniraju planinske predele bogate vodom, te su prosečni oticaji dosta veliki (reka Una 23 l/s/km², Bosna 19 l/s/km², Vrbas 15 l/s/km² i reka Drina sa skoro 40 l/s/km²). Leve pritoke reke Save kao što su Lonja, Krapina i Bosut, dreniraju ravničarske i blago brdovite predele Panonske nizije stoga su i prosečni oticaji dosta niži. Generalno gledano prosečan godišnji oticaj na slivu reke Save iznosi oko 18 l/s/km² dok je prosečan godišnji proticaj na ušću reke Save u Dunav oko 1700 m³/s (ISRBC, 2016).

Reka Sava nastaje spajanjem Save Bohinjke i Save Dolinke kod mesta Radovljica odakle teče ka jugoistoku sve do Ljubljane gde menja pravac ka istoku koji manje više zadržava sve do ušća u Dunav. U literaturi se može pronaći i podatak da je dužina toka reke Save 990 km, međutim to se odnosi na dužinu Save sa njenom dužom pritokom Savom Dolinkom (Komatina and Grošelj, 2015). Takođe, postoji i podatak da je dužina toka reke Save danas oko 885 km (računajući od ušća Dolinke u Bohinjku) što je posledica značajnog ispravljanja toka na potezu od Krškog do Zagreba (Shwarz, 2016). Hidrografska mreža reke Save je veoma dobro razvijena, a posmatrajući površinske vodotoke na području sliva uočava se da je desna strana sliva razvijenija i bogatija pritokama u odnosu na levu stranu (sa izuzetkom leve strane sliva u Sloveniji). Leve pritoke reke Save dreniraju zanemarljivo manju količinu sliva u odnosu na desne pritoke. Desne pritoke sliva često imaju

izražen bujični karakter u gornjim delovima vodotoka, protičući kroz kanjone i klisure strmih nagiba i pritom drenirajući velike količine vode. Neke od najvažnijih desnih pritoka reke Save su Krka, Una, Krupa, Bosna, Vrbas, Drina i Kolubara. Reka Sava dalje teče na istok kroz Panonsku niziju i ravničarske krajeve, usporavajući u svom srednjem i donjem delu toka, gde dolazi i do formiranja meandara, bara i močvara. Najvažnije leve pritoke reke Save su Sotla, Lonja, Ilova i Bosut. Reka Sava je plovna od ušća reke Krupe u Savu kod Siska pa sve do ušća u Dunav, što znači da je otprilike dve trećine toka plovno za brodski saobraćaj (ISRBC, 2016; Shwarz, 2016).

U pogledu podzemnih voda na teritoriji sliva reke Save u odnosu na geološku raznovrsnost, izdvajaju se dve osnovne teritorijalne jedinice sa određenim tipom akvifera. Prva je Panonski basen koji karakterišu mlađi sedimenti kao i aluvijalne naslage, te je za ovoj predeo karakterističan međuzrnasti tip akvifera. Druga osnovna jedinica su Dinaridi koje u najvećoj meri karakterišu izrazito krečnjački tereni pa se stoga najviše i javljaju krečnjački akviferi tj. karstna područja. Između ove dve jedinice postoji jasna granica koja se proteže linijom Celje – Zagreb – Karlovac – Prijedor – Stanari – Zvornik – Valjevo (ISRBC, 2013).

Treba istaći da je za istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji od velikog značaja imao događaj poplava u maju 2014. godine koji je dalje uticao na javljanje poplavnog talasa i u septembru iste godine. Zato je uzorkovanje zemljišta i površinskog sedimenta/nanosa obuhvatilo dve godine 2014. i 2015. godinu, odnosno period visokog vodostaja i period niskog vodostaja na reci Savi, kako bi se dobila potpunija slika o zagađivanju potencijalno toksičnim elementima u riparijalnoj zoni reke.

3.2.1. Poplave na području sliva reke Save – 2014. godina

U periodu tokom aprila i početkom maja zabeleženo je više dana sa padavinama koje su bile iznad proseka za to doba godine što je dovelo do naglog povećanja vodostaja na reci Savi i njenim pritokama. Sredinom maja, tačnije 13.05.2014. godine, polje izrazito niskog vazdušnog pritiska formiralo se iznad Mediterana kao posledica priliva hladne vazdušne mase iz Centralne Evrope. Ciklon koji se tada formirao (ciklon Tamara/Ivet) zahvatio je celu istočnu i jugoistočnu Evropu, sa centrom ciklonalnog polja iznad Bosne i Hercegovine i Srbije. Formirani ciklon zahvatio je veliku horizontalnu površinu dok je vertikalna debljina iznosila oko 10 km, prostirući se kroz čitavu troposferu (ISRBC, 2016).

U vrlo kratkom periodu od samo tri dana, izlučena je ogromna količina kiše, na prethodno saturisano zemljište, uzrokujući poplave u srednjem i donjem delu toka reke Save. Količina padavina koja je pala u periodu od 13-18.05.2014. godine, je bila nekoliko puta veća od prosečnih mesečnih padavina (u Hrvatskoj su padavine bile 1,5 puta veće od prosečnih, u BiH oko 2 puta veće dok su u Srbiji bile skoro 3 puta veće u odnosu na prosečne količine padavina) za taj period. Izmerene količine kiše na mernim stanicama bile su u rangu količine padavina sa povratnim periodom od 100 godina, dok su na nekim mernim stanicama u slivu izmerene čak i kiše sa povratnim periodom od 400 godina. Prve poplave javile su se na desnim pritokama reke Save koje su uglavnom bile bujičnog karaktera sa izrazito velikim proticajima, veoma visokim vodostajem, pronosom nanosa i pojavom klizišta. Velike količine vode koje su se nakon obilnih padavina akumulirale u pritokama, doprinele su rastu vodostaja formirajući poplavni talas izrazito brzo, i to za samo četiri dana, što je vrlo neuobičajeno za velike reke poput Save. Posmatrajući pritoke, najveći poplavni talasi javili su se na rekama Uni, Vrbasu, Bosni, Ukrini i na Kolubari. Poplavni talas koji se formirao na Drini je takođe u velikoj meri doprineo porastu vodostaja i formiranju velikog poplavnog talasa na reci Savi. Neki od najvećih proticaja zabeleženi su na reci Bosni i to oko 4200 m³/s, dok je na ušću Bosne u Savu proticaj bio oko 6000 m³/s. Na rekama Vrbas i Una zabeleženi proticaji su se kretali oko 1700 m³/s, dok je maksimalan proticaj na Drini bio 4000 m³/s. Maksimalan proticaj reka Sava dostigla je kod Sremske Mitrovice od čak 6420 m³/s. Na svom toku kroz Hrvatsku i Bosnu i Hercegovinu, reka Sava je noseći ogromne količine vode probijala nasipe i izlivala se na stara plavna polja, što je doprinelo da se maksimalni proticaji smanje na donjem delu toka. Da nije bilo tih izlivanja i plavljenja, reka Sava bi u Beogradu dostigla maksimalan proticaj od

9000 m³/s, što bi imalo nesagledive posledice na infrastrukturu grada Beograda (ICPDR and ISRBC, 2015; ISRBC, 2016).

3.3. Vegetacija riparijalne zone reke Save

Specifične hidrološke, klimatske i pedološke karakteristike sliva reke Save, kao što su proticaj, fluktuacija rečnog toka i nivo podzemnih voda, oksido-redukциони uslovi, erozioni procesi, sadržaj organske materije i mnoge druge, uslovile su značajnu diversifikaciju vegetacije. Duž toka reke Save, riparijalna vegetacija je rasprostranjena u tri regiona i to alpskom/subalpskom, planinskom i panonskom regionu (Tabela 1). Gornji deo toka, karakteriše slabo razvijena uglavnom žbunasta vegetacija, dok je na srednjem i donjem delu toka vegetacija veoma raznovrsna uslovljena specifičnim karakteristikama terena. U slivu reke Save, nalazi se oko 167 zaštićenih područja, od kojih su 6 Ramsarskih područja, 8 su nacionalni parkovi, a prisutna su Natura 2000 područja i brojna područja pod različitim režimima zaštite. Od ukupno 6 Ramsarskih područja, na teritoriji sliva četiri se nalaze u riparijalnoj zoni reke Save i to Lonjsko i Mokro polje, Bardača močvarni kompleks, Zasavica i Obedska bara (Karadžić et al., 2015; Shwarz, 2016). Nacionalni parkovi na području sliva reke Save su Triglav, Plitvice, Sutjeska, Una, Kozara, Tara, Durmitor i Biogradska gora (Šimić et al., 2015).

Alpski i subalpski region reke Save karakteriše strmi nagibi i plitka zemljišta, česte promene toka te je na ovom području vegetacija izložena kratkotrajnim bujičnim poplavama i letnjim sušama. U uskom priobalnom pojasu od oko 5 km od leve i desne obale reke Save dominira žbunasta vegetacija sa svezama *Salicion incanae* Aich., 1933 i *Salicion eleagno-daphnoidis* (Moor 1958) Grass 1993 klase *Salicetea purpureae* Moor 1958 (Šilc, 2003; Šilc and Čušin, 2004). Veoma česte vrste u zajednicama u ovom regionu su i *Salix elaeagnos* Scop., *Salix purpurea* L., *Hippophae rhamnoides* L., *Myricaria germanica* Desv. (Šilc, 2000, 2003; Šilc and Čušin, 2004; Geršič, 2010), a pored njih, javljaju se i brojne hazmofitske vrste (*Asplenietea trichomanis* (Braun-Blanq. u H. Meier & Braun-Blanq. 1934) Oberd. 1977) kao i vrste koje se javljaju na siparima (*Thlaspietea rotundifolii* Br.-Bl. 1948). Takođe u priobalnoj zoni subalpskih reka Sava Bohinjka i Sava Dolinka razvijena je subalpska žbunasta vegetacija zelene jove (sveza *Alnion viridis* Aichinger 1933).

U priobalnom pojasu planinskog regiona reke Save je takođe razvijena vegetacija sveza *Salicion incanae* Aichinger 1933 i *Salicion eleagno-daphnoidis* (Moor 1958) Grass 1993, dok je na ušću reke Krke u Savu razvijena vegetacija sveze *Salicion albae* Soó 1930, odnosno žbunasta vegetacija vrba i nizijskih šuma na rečnom aluvijumu. Dominantne vrste iz roda *Salix* su *Salix elaeagnos* Scop., *Salix triandra* L., *Salix purpurea* L., *Salix fragilis* L. and *Salix viminalis* L. (Šilc, 2003; Karadžić et al., 2015).

U panonskom regionu toka reke Save, riparijalna vegetacije je predstavljena svezama *Salicion albae* Soó 1930, *Populion albae* Br.-Bl. 1931, *Alnion glutinosae* Malcuit 1929 i *Alno-Quercion roboris* Horvat 1938. Šume na srednjem i donjem delu toka pripadaju nizijskoj ili ravničarskoj vegetacijskoj zoni koja se prostire na nadmorskoj visini od 80 do 150 m, a najčešće vrste koje se javljaju su *Quercus robur* L., *Fraxinus angustifolia* Vahl, *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Salix cinerea* L., *Populus alba* L. i *Populus nigra* L. Najvažniji ekološki faktor koji utiče na stvaranje i razvoj šumske vegetacije u ovom području je voda, bilo da je u pitanju poplavna voda (poplavne šume vrbe i topole), podzemna voda (šume hrasta lužnjaka) ili kombinacija poplavnih i podzemnih voda (šume jove i uskolisnog jasena). Šumska vegetacija riparijalne zone ovog regiona se odlikuje velikim bogatstvom zajednica na relativno malom prostoru, velikim biološkim diverzitetom kao i dobrom očuvanošću velikih šumskih kompleksa (Gugić, 2009).

U donjem delu toka razvijena je vegetacija poplavnih šuma, močvara, sezonski poplavljenih livada i močvarišta (Erdeši and Janjatović, 2001; Vukov et al., 2003). Najčešće drvenaste vrste poplavnih šuma su *Salix alba* L., *Populus alba* L., *Populus nigra* L., *Fraxinus excelsior* L., *Fraxinus*

pennsylvanica Marshall, *Quercus robur* L. i *Ulmus minor* Miller, a najčešće žbunaste vrstesu *Cornus sanguinea* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Prunus spinosa* L., *Corylus avellana* L., *Sambucus nigra* L

Tabela 1. Vegetacija u riparijalnoj zoni reke Save

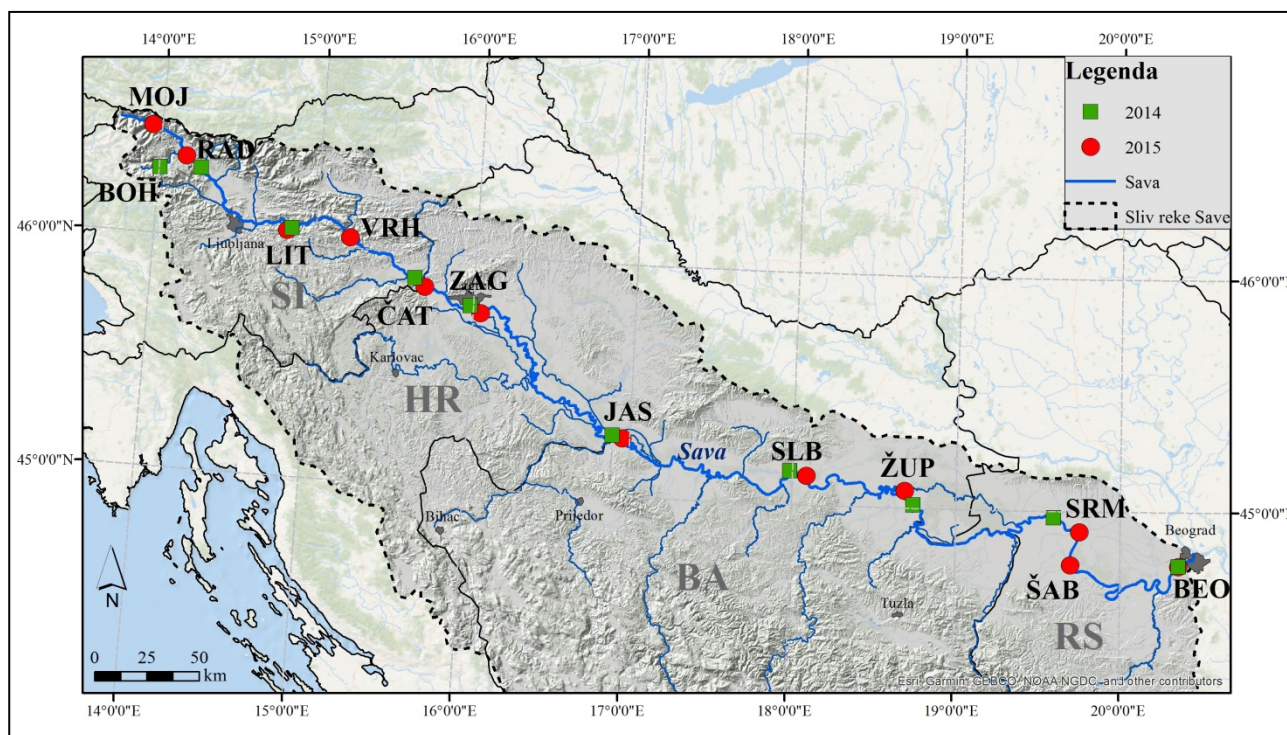
Regioni	Vegetacija
Alpski i subalpski region	<i>Alnion viridis</i> Aichinger 1933 (subalpska žbunasta vegetacija zelene jove na šljunku i plodnim zemljištima Alpa i Balkana)
	<i>Salicion incanae</i> Aichinger 1933 (žbunasta vegetacija planinskih i subalpskih rečnih terasa Alpa)
	<i>Salicion eleagno-daphnoidis</i> (Moor 1958) Grass 1993 (žbunasta vegetacija vrba na obalama potoka u planinskom i subalpskom pojasu Alpa i Karpata)
Planinski region	<i>Salicion incanae</i> Aichinger 1933
	<i>Salicion eleagno-daphnoidis</i> (Moor 1958) Grass 1993
	<i>Salicion albae</i> Soó 1930 (žbunasta vegetacija vrba i nizijskih šuma na rečnom aluvijumu)
Peripanonski region	<i>Salicion albae</i> Soó 1930
	<i>Populion albae</i> Br.-Bl. 1931
	<i>Alnion glutinosae</i> Malcuit 1929 (močvarne šume jove i vrbe, močvare i vlažni pašnjaci)
	<i>Alno-Quercion roboris</i> Horvat 1938 (Balkanske i Apeninske šume jove i jasena u povremno poplavnim područjima)
	<i>Erythronio-Carpinion betuli</i> (Horvat 1938) Marinček in Walnöfer, Mucina et Grass 1993
<i>Carpinion betuli</i> Issler 1931	

4. Materijal i metode

4.1. Terenska istraživanja

Za potrebe istraživanja u okviru ove doktorske disertacije izabrani su reprezentativni lokaliteti duž celog toka reke Save, od izvora (Sava Bohinjka i Sava Dolinka) do ušća u Dunav, uzimajući u obzir pristupačnost i reprezentativnost u smislu izvora zagađenja, bilo prirodnih ili antropogenih (industrija, saobraćaj, poljoprivreda i dr.). Takođe, kao što je već istaknuto, realizovane su dve terenske ekspedicije za sakupljanje uzoraka i to u periodu visokog (septembar 2014. god.) i u periodu niskog vodostaja (septembar 2015. god.). Uzorkovanje je izvršeno na ovaj način kako bi se dobila potpunija slika o zagađivanju teškim metalima/metaloidima i drugim hemijskim elementima u sistemu sediment/nanos – zemljište za vreme perioda visokog i perioda niskog vodostaja na reci Savi.

Za istraživanja je selektovano 10 lokaliteta 2014. godine i 12 lokaliteta 2015. godine. Izabrani lokaliteti 2014. godine bili su: Bohinjka (BOH), Radovljica (RAD), Litija (LIT) i Čatež (ČAT) u Sloveniji, Zagreb (ZAG), Jasenovac (JAS), Slavonski Brod (SLB) i Županja (ŽUP) u Hrvatskoj i Sremska Mitrovica (SRM) i Beograd (BEO) u Srbiji. U drugoj godini istraživanja, 2015. godine izabrani lokaliteti bili su: Mojstrana (MOJ), Radovljica (RAD), Vrhovo (VRH), Litija (LIT) i Čatež (ČAT) u Sloveniji, Zagreb (ZAG), Jasenovac (JAS), Slavonski Brod (SLB) i Županja (ŽUP) u Hrvatskoj i Sremska Mitrovica (SRM), Šabac (ŠAB) i Beograd (BEO) u Srbiji. Istraživani lokaliteti su prikazani na karti (Slika 4).



Slika 4. Istraživani lokaliteti na reci Savi u 2014. i 2015. godini

Na teritoriji Republike Slovenije odabrano je 6 lokaliteta i to Bohinjka, Mojstrana, Radovljica, Litija, Vrhovo i Čatež. Lokalitet **Bohinjka** nalazi se na teritoriji Julskih Alpa, istočno od jezera Bohinj, na obali reke Save Bohinjke. Lokalitet **Mojstrana** se takođe nalazi na teritoriji Julskih Alpa ali na obali reke Save Dolinke. Lokalitet **Radovljica** se nalazi na južnim padinama planinskog venca Karavanke, na oko 6 km od Bledskog jezera. Uzvodno od Radovljice nalazi se ušće reke Save Bohinjke i Save Dolinke, čijim spajanjem nastaje reka Sava. Antropogeni izvori zagađenja na ovom lokalitetu su teška industrija – čeličana, pozicionirana u mestu Jesenice uzvodno od

Radovljice, kao i kolektori za ispuštanje otpadnih komunalnih voda. Lokalitet **Litija** se nalazi u centralnoj Sloveniji u dolini reke Save, istočno od Ljubljane, glavnog grada Republike Slovenije. Dominantni antropogeni izvori zagađenja su nekadašnji rudnici cinka i gvožđa koji su se prostirali na levoj i na desnoj obali Save kao i poljoprivredne aktivnosti. Idući nizvodno tokom reke Save nalazi se i lokalitet **Vrhovo**, lociran u Donjeposavskoj regiji, na desnoj obali reke. Glavni antropogeni izvor zagađenja na ovom delu toka predstavlja hidroelektrana „Vrhovo“, čijom izgradnjom je došlo do promene u morfologiji uzvodnog dela toka a samim tim i do promena u hidrološkom režimu i režimu rečnog nanosa. Poslednji lokalitet u Sloveniji je **Čatež**, naseljeno mesto u blizini granice sa Hrvatskom. Na samom lokalitetu kao i na delu toka uzvodno od lokaliteta postoji više antropogenih izvora zagađenja. U blizini Čateža smešteni su pogoni drvnoprerađivačke industrije, metalne i hemijske industrije. Takođe, jedan od najvećih antropogenih pritisaka predstavljaju poljoprivredne aktivnosti.

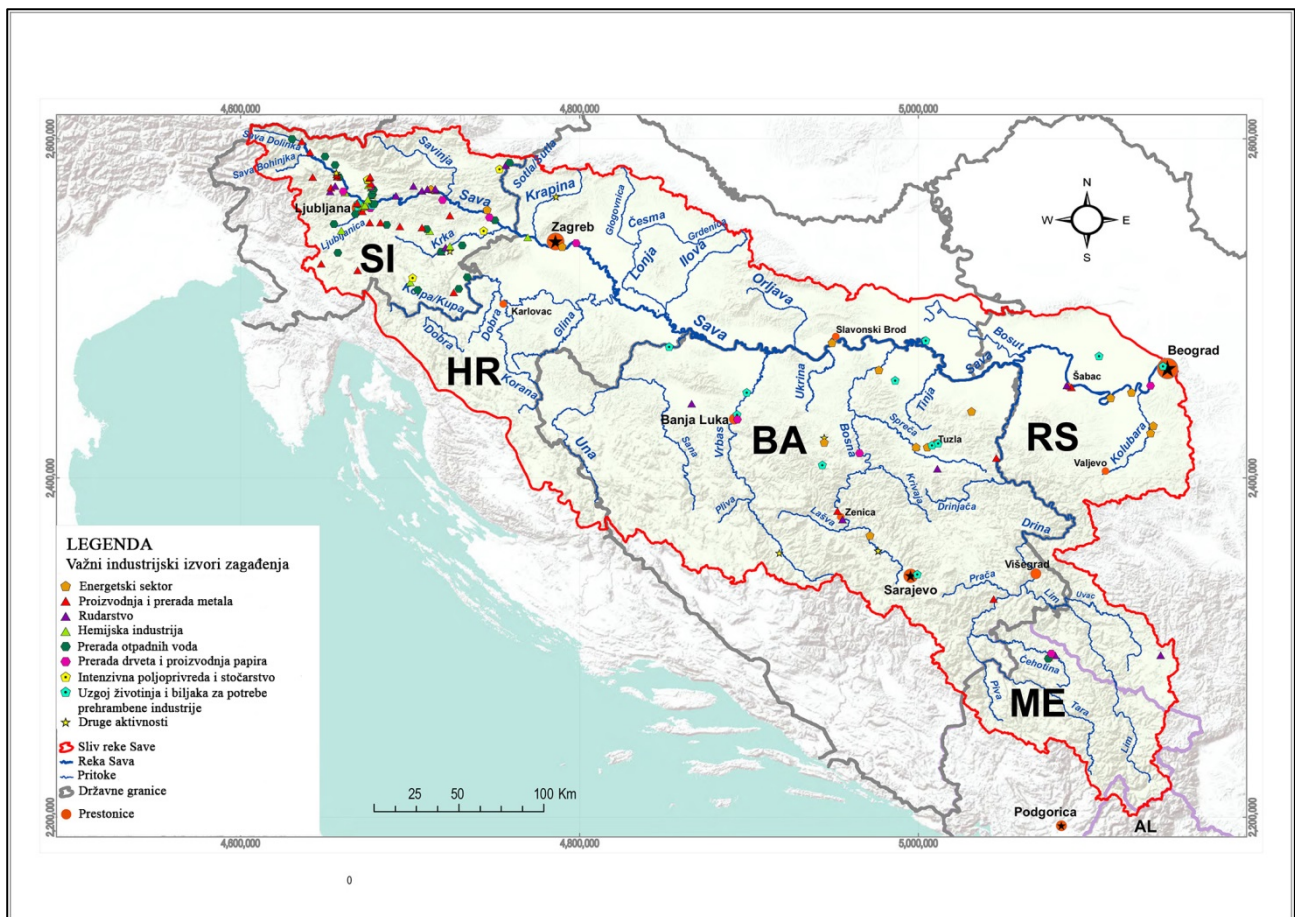
Odabrani lokaliteti na delu toka reke Save kroz Republiku Hrvatsku su Zagreb, Jasenovac, Slavonski brod i Županja. **Zagreb** je glavni grad Hrvatske, prostire se na levoj i desnoj obali Save, u podnožju planine Medvednice. Anropogeni izvori zagađenja na ovom delu toka reke Save su netretirane komunalne i industrijske otpadne vode, drvnoprerađivačka industrija, proizvodnja električnih uređaja kao i mnoge druge industrijske aktivnosti. Lokalitet **Jasenovac** nalazi se na krajnjem jugozapadu Slavonije u kome su najveći antropogeni pritisci vezani za poljoprivredne aktivnosti kao i za rečni saobraćaj. **Slavonski Brod** se nalazi na južnom delu Panonske nizije, na samoj granici sa Bosnom i Hercegovinom. Najveći antropogeni pritisci na ovom lokalitetu su poljoprivredne aktivnosti, rečni saobraćaj kao i rafinerija nafte pozicionirana uzvodno od Slavonskog Broda. Lokalitet **Županja** se nalazi u zapadnom Sremu, takođe na granici sa Bosnom i Hercegovinom. Glavne antropogene aktivnosti su poljoprivreda, ispuštanje netretiranih komunalnih otpadnih voda, rečni saobraćaj, i ostali sekundarni zagađivači poreklom iz metalurške industrije i industrije za preradu hrane.

Odabrani lokaliteti na delu toka reke Save kroz Republiku Srbiju su **Sremska Mitrovica**, **Šabac** i **Beograd**. Ova tri lokaliteta na donjem delu toka odabrana su kao najreprezentativnija u smislu antropogenih pritisaka s obzirom na veliki broj industrijskih postrojenja, rudarskih basena, hidroelektrana i termoelektrana, kao i ispuštanja netretiranih otpadnih komunalnih i industrijskih voda duž navedenog dela rečnog toka.

U Tabeli 2. date su tačne koordinate, nadmorske visine, rečni kilometri kao i skraćenice odabranih lokaliteta.

Tabela 2. Glavne karakteristike ispitivanih lokaliteta

Lokalitet	Deo toka	Akronim	Država	Nadmorska visina (m.n.m)	x	y	Udaljenost od ušća (rkm)
Bohinjka	gornji	BOH	Slovenija	507	14.00529	46.28032	937
Mojstrana	gornji	MOJ	Slovenija	661	13.94001	46.45997	930
Radovljica	gornji	RAD	Slovenija	409	14.16386	46.33953	908
Litija	gornji	LIT	Slovenija	225	14.85048	46.06607	810
Vrhovo	gornji	VRH	Slovenija	194	15.21530	46.04530	750
Čatež	srednji	ČAT	Slovenija	137	15.63011	45.89036	736
Zagreb	srednji	ZAG	Hrvatska	110	16.04574	45.75692	644
Jasenovac	srednji	JAS	Hrvatska	87	16.89427	45.26367	500
Sl. Brod	srednji	SLB	Hrvatska	82	17.98411	45.14491	360
Županja	donji	ŽUP	Hrvatska	77	18.68688	45.07548	262
Sremska Mitrovica	donji	SRM	Srbija	72	19.75249	44.91358	118
Šabac	donji	ŠAB	Srbija	71	19.6994	44.76990	106
Beograd	donji	BEO	Srbija	69	20.35556	44.76851	14



Slika 5. Karta potencijalnih izvora zagađenja u slivu reke Save (ISRBC, 2013)

Za određivanje fizičko-hemijskih karakteristika zemljišta otvoreni su reprezentativni pedološki profili na svim ispitivanim lokalitetima u plavnom pojasu reke Save, iz kojih su sakupljeni uzorci zemljišta po genetičkim horizontima u narušenom stanju u periodu niskog vodostaja (septembar 2015. godine).

Za određivanje ukupnog sadržaja ispitivanih elemenata i njihovo frakcionisanje sakupljeni su uzorci zemljišta iz plavnog pojasa, na odstojanju od 10 do 15 m od rečnog toka. Ovaj pojas je najčešće pod uticajem poplava i zagađivanja teškim metalima poreklom iz vode i rečnog sedimenta/nanosa. Uzorci zemljišta su uzimani sa 0-10, 10-20 i 20-30 cm dubine, imajući u vidu da su površinski slojevi zemljišta (do 30cm) izloženi najvišem stepenu akumulacije najvećeg broja teških metala i metaloida (Saint-Laurent et al. 2014). Na svakom lokalitetu uzorci zemljišta su uzeti iz temena kvadrata 2x2m (četiri uzorka) i jedan (peti uzorak) iz centra kvadrata (presek dijagonala), na dubinama od 0-10cm, 10-20cm i 20-30cm. Zatim je od uzoraka iste dubine (5 uzoraka) pravljen zbirni (kompozitni) uzorak. Na taj način je dobijeno po kvadratu 3 kompozitna uzoraka (0-10, 10-20 i 20-30cm). Ovo je vršeno u pet ponavljanja (n=5), odnosno kvadrata i na taj način je dobijeno za svaki lokalitet po pet kompozitnih uzoraka zemljišta za dubinu 0-10cm, zatim pet kompozitnih uzoraka za 10-20 cm i na kraju pet kompozitnih uzoraka za 20-30 cm dubine. Kvadrati su na lokalitetima bili postavljeni paralelno sa tokom reke a međusobno su bili udaljeni 10m. Nakon uzorkovanja uzorci zemljišta su preneti u PVC posude koje su čuvane u mraku na 4°C do laboratorijskih analiza.

Degradacija zemljišta u gornjim delovima sliva utiče na pojavu površinskog oticaja i na njegovu transportnu moć što dalje dovodi do intenzivne produkcije erozionog materijala u slivu i do transporta nanosa (sedimenta) (FAO, 1992). Na transport erozionog materijala veliki uticaj ima topografija, pedologija, geologija, klima kao i vegetacija i način korišćenja zemljišta. U zavisnosti

od toga kako se nanos (sediment) prenosi on se može podeliti na suspendovani i vučeni nanos. Suspendovani nanos predstavlja sitan materijal (čestice gline i praha) koji se najčešće javlja kao posledica pluvijalne i površinske erozije, usled čega dolazi do spiranja tih čestica koje se u vodotokovima kreću u vidu suspenzije (Jovanović, 2002; Kostadinov, 2008). Vučeni nanos se sastoji iz krupnijih frakcija (oblutaka, šljunka i peska) koji se kreće kotrljanjem ili vučenjem po dnu rečnog korita pri većim brzinama tečenja (Kostadinov, 2008). Za potrebe ove disertacije za određivanje fizičko-hemijskih karakteristika, ukupnog sadržaja teških metala i metaloida i njihovo frakcionisanje na odabranim lokalitetima uzorkovan je površinski sloj vučenog nanosa (sedimenta). Uzorkovanje površinskih slojeva sedimenta/nanosa izvršeno je prema važećim procedurama za monitoring hemijskog kvaliteta sedimenta (European Communities Technical Report 2010-041; Dulio et al., 2010). Uzorkovanje površinskog rečnog sedimenta/nanosa izvršeno je pomoću ručne bentonske mreže tipa FBA promera okca 500 μm i bagera tipa Van Ween. Na lokalitetima gornjeg dela toka gde dominira kamenita i/ili šljunkovita podloga, površinski sedimenti/nanosi uzorkovani su pomoću ručnih bentosnih mreža dok je na lokalitetima donjeg dela toka površinski sediment/nanos uzorkovan bagerom. Zbog visokog vodostaja tokom 2014. godine uzorci sedimenta/nanosa prikupljeni su samo sa onih lokaliteta gde su postojale tehničke mogućnosti za to (RAD, LIT, ČAT, ZAG, SLB, SRM, BEO), dok su tokom terenskih istraživanja 2015. godine uzorci površinskog rečnog sedimenta/nanosa prikupljeni sa svih lokaliteta. Dubina sa koje je uzorkovan materijal za analizu varirala je u odnosu na lokalitet, trenutnog stanje rečnog toka kao i raspoloživosti supstrata, ali je u proseku bila 0-30 cm. Na ispitivanim lokalitetima, prvo je izvršeno mokro prosejavanje uzoraka kroz sito promera 2mm a zatim i kroz sito promera 63 μm , u oba slučaja koristeći rečnu vodu. Nakon ispiranja i prosejavanja uzorci su preneti u PVC posude i čuvani u mraku na 4°C do laboratorijskih analiza.

4.2. Laboratorijska istraživanja

Laboratorijska istraživanja obuhvatila su analizu fizičkih i hemijskih karakteristika zemljišta i površinskog rečnog sedimenta/nanosa, zatim određivanje ukupnog sadržaja teških metala, metaloida i drugih potencijalno opasnih mikroelemenata u zemljištu i površinskim slojevima rečnog sedimenta/nanosa, kao i njihovo frakcionisanje.

4.2.1. Određivanje fizičkih i hemijskih karakteristika zemljišta i sedimenta/nanosa

Analize fizičkih karakteristika površinskih slojeva zemljišta i sedimenta/nanosa obuhvatile su:

- merenje sadržaja higroskopne vlage – gravimetrijski (ISO 11465/1993)
- određivanje granulometrijskog sastava pomoću kombinovane pirofosfatne B-metode (JDPZ, 1997).

Analize hemijskih karakteristika površinskih slojeva zemljišta i sedimenta/nanosa obuhvatile su:

- elektrometrijsko određivanje aktivne (pH u H₂O) i supstitucione (pH u 0.1M KCl) kiselosti (ISO 10390/1994) u suspenziji odnosa 1:25 pomoću WTW (Germany) inoLab® 7110 pH metra. Kalibracija pH metra izvršena je tehničkim puferima na više tačaka – pH 4, pH 7 i pH 10; klasifikacija pH u zemljištu prema US Soil Survey Division Staff (2017)
- određivanje sadržaja rastvorljivih soli u zemljištu i sedimentu/nanosu merenjem elektroprovodljivosti [EC (dSm⁻¹)] pomoću Knick (Nemačka) Portamess 911 Conductometer-a
- određivanje sadržaja humusa i ukupnog ugljenika po metodi Tjurin-a u modifikaciji Simakova (Hemijske metode ispitivanja zemljišta, knjiga 1, JDPZ, 1966); klasifikacija prema Gračanin (1945).

- određivanje ukupnog azota (N) po metodi Nelson and Sommers (1996) suvim spaljivanjem uzoraka na 1150 °C pomoću CNS analizatora Vario EL III (Germany); klasifikacija po Wohltmann-u (Pantović et al., 1989)
- određivanje organskog ugljenika (% OC) i odnosa C/N računskim putem
- određivanje sadržaja CaCO₃ kvantitativnim putem, pomoću Scheiblerovog kalcimetra (za pH > 6); klasifikacija prema Škorić et al. (1985).
- određivanje lakopristupačnog fosfora i kalijuma po Al metodi (Hemijske metode ispitivanja zemljišta, knjiga 1, JDPZ, 1966); klasifikacija prema Knežević i Košanin (2007).
- određivanje sadržaja adsorptivnog kompleksa: kiselih izmenljivih katjona (ACE), baznih izmenljivih katjona (BCE) i kapaciteta katjonske razmene (CEC) prema kriterijumima metodologije ICP Forest Manual (Part III, Soil Sampling and Analysis, Hamburg, 1998). Kiseli izmenljivi katjoni (Fe i Mn) i bazni izmenljivi katjoni (Ca, Mg, K, Na) izmereni su na ICP-OS dok su kiseli izmenljivi katjoni Al i H dobijeni titracijom sa 0,05 NaOH pri pH = 7,8. Zasićenost bazama (% BS) dobijena je računskim putem.

4.2.2. Faktor erodibilnosti zemljišta – K faktor

Zemljišta mogu biti manje ili više otporna na erozione procese, u zavisnosti od osnovnih karakteristika kao što su tekstura, struktura, vodopropustljivost, sadržaj organske materije i dr. (Kadović, 1999; Perović, 2015). Osetljivost zemljišta prema različitim erozionim procesima se naziva erodibilnost zemljišta (Lal, 2001).

Jedan od glavnih parametara za procenu erodibilnosti zemljišta jeste procenat organske materije u zemljištu, stoga se za proračun K faktora uglavnom i uzimaju u obzir površinski slojevi zemljišta. Što je procenat humusa manji zemljište je osetljivije na erozione procese. Takođe, pored procenta organske materije, jedan od vrlo bitnih indikatora za proračun K faktora jeste tekstura zemljišta. Kod teksture zemljišta kao indikatora najviše figurira procenat praha, s obzirom da se procenat erodiranosti zemljišta smanjuje sa smanjenjem procentualnog učešća praha. Faktor erodibilnosti (K faktor) određen je za ispitivana zemljišta na lokalitetima duž toka reke korišćenjem formule Wischmeier and Smit (1978):

$$K = (2,1 * 10^{-7} * M^{1,14} * (12 - OM) + 4,3 * 10^{-3} * (s - 2) + 3,3 * (p - 3)) * 0.1317$$

gde je:

M – veličina čestica zemljišta

OM – organska materija

s – struktura zemljišta

p – propustljivost zemljišta

0,1317 – vrednost za konverziju u SI jedinicu

Otpornost zemljišta na vodnu eroziju prema velični faktora erodibilnosti klasifikovana je u 5 grupa (Vopravil et al., 2007).

Tabela 3. Klasifikacija faktora erodibilnosti

Grupa	Otpornost zemljišta na vodnu eroziju	K	
		<i>ton acre hour</i> <i>hundreds of acre foot – tonf inch</i>	<i>t·ha·h·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹</i>
1	Otporna	<0,20	<0,02634
2	Slabo osetljiva	0,20 – 0,30	0,02634 – 0,03951
3	Srednje osetljiva	0,30 – 0,40	0,03951 – 0,05268
4	Vrlo osetljiva	0,40 – 0,50	0,05268 – 0,06585
5	Vrlo jako osetljiva	0,50	>0,06585

4.2.3. Određivanje ukupnog sadržaja teških metala i drugih hemijskih elemenata u zemljištu i rečnom sedimentu/nanosu i njihovo frakcionisanje

Merenje i analiza ukupnog sadržaja hemijskih elemenata (Ag, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Se, Sr, Tl, Zn) u zemljištu i površinskim slojevima sedimenta/nanosa urađeno je metodom USEPA 3050B (1996). Uzorci zemljišta za analizu su pripremljeni metodom vlažne digestije, u mikrotalasnoj peći (CEM MARS 6) u tri ponavljanja (n=3). Koncentracija hemijskih elemenata određena je metodom optičke emisione spektrofotometrije (ICP-OES, Spectro Genesis) i izražena je u mg kg⁻¹ suve materije. Analitička procedura je validirana upotrebom standardnog referentnog materijala (Loam soil – ERM – CC14, IRMM, Institute for Reference Materials and Measurements, Geel, Belgium). Urađen je standardni postupak digestije zbog kontrole kvaliteta laboratorijskog protokola pri čemu je tačnost dobijenih rezultat bila u zadovoljavajućem opsegu (100 ± 15%). Nivoi detekcije (mg kg⁻¹) za ispitivane elemente bili su: Ag – 0,0009, Al – 0,0056, As – 0,0051, Ba – 0,0003, Cd – 0,0002, Co – 0,0007, Cr – 0,0010, Cu – 0,0007, Fe – 0,0076, Li – 0,0372, Mn – 0,0007, Mo – 0,0033, Ni – 0,0003, Pb – 0,0042, Se – 0,0072, Sr – 0,0012, Tl – 0,0037, Zn – 0,0062.

Frakcionisanje ispitivanih hemijskih elemenata (Ag, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Tl, Zn) u zemljištu i površinskim slojevima sedimenta/nanosa urađeno je metodom modifikovane BCR sekvencijalne ekstrakcije (Quevauviller et al., 1997, u modifikaciji Milačić et al., 2010). Koncentracija hemijskih elemenata određena je metodom plazmom indukovane masene spektrometrije (ICP-MS, 7700x, Agilent Technologies, Tokyo, Japan). Dobijene koncentracije izražene su u mg kg⁻¹ suve materije. Kompletana analitička procedura validirana je korišćenjem standardnog referentnog materijala (Channel sediment – BCR-320R; IRMM, Institute for Reference Materials and Measurements, Geel, Belgium). Urađen je standardni postupak digestije zbog kontrole kvaliteta laboratorijskog protokola pri čemu je tačnost dobijenih rezultat bila u zadovoljavajućem opsegu (100 ± 15%). Detekcioni limiti (mg kg⁻¹) za ispitivane elemente bili su: Ag – 0,0009, Al – 0,0058, As – 0,0027, Ba – 0,0003, Cd – 0,0001, Co – 0,0002, Cr – 0,0011, Cu – 0,0002, Fe – 0,0050, Li – 0,0203, Mn – 0,0005, Mo – 0,0033, Ni – 0,0001, Pb – 0,0020, Se – 0,0033, Sr – 0,0040, Tl – 0,0007, Zn – 0,0029.

Tabela 4. Reagensi i ekstrakcioni uslovi primenjeni za određivanje prve tri faze BCR sekvencijalne ekstrakcije i ukupnog sadržaja teških metala

Korak	Reagensi	Faza	Ekstrakcioni uslovi
I	20 ml 0,11 mol/L CH ₃ COOH (pH 2.8)	I - Izmenljiva i vezana za karbonate	16 h (preko noći), sobna temperatura
II	20 ml 0,1 mol/L ClH ₄ NO ₃ ;HNO ₃ (pH 2)	II - Vezana za okside Fe i Mn	16 h (preko noći), sobna temperatura
III	5ml H ₂ O ₂ (pH 2-3) 5ml H ₂ O ₂ (pH 2-3) 25 ml 1mol/L CH ₃ COONH ₄	III - Vezana za organsku materiju i sulfide	1h (vodeno kupatilo), 80°C 1h (vodeno kupatilo), 80°C 16 h (preko noći), sobna temperatura
IV	4 ml HNO ₃ , 2ml H ₂ O ₂ , 2ml HF, 1ml HCl, 12,5 ml H ₃ BO ₃	Ukupni (Total)	Vlažna digestija u mikrotalasnoj peći

4.3. Statističke metode analize podataka

Za utvrđivanje potencijalnih razlika između koncentracija elemenata izmerenih u zemljištu i površinskom sedimentu/nanosu primenjena je jednofaktorska analiza varijansi (One-way ANOVA) uz korišćenje post-hoc Tukey testa. Utvrđivanje odnosa između sadržaja ispitivanih hemijskih elemenata u zemljištu i površinskom sedimentu/nanosu urađeno je pomoću Spirmanovog koeficijenta korelacije. Nivo statističke značajnosti obeležen je sa * za $p < 0,05$, ** za $p < 0,01$ i *** za $p < 0,001$. Budući da je preliminarna analiza pokazala da ne postoje statistički značajne razlike u sadržaju ispitivanih elemenata između slojeva zemljišta od 0-10 cm, 10-20 cm i 20-30 cm, za dalju analizu uzeta je prosečna vrednost koncentracija teških metala i metaloida za dubinu od 0-30 cm. Takođe urađen je i t-test kako bi se utvrdile statistički značajne razlike u sadržaju As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn između godine visokog vodostaja (2014. godina) i godine niskog vodostaja (2015. godina).

Za utvrđivanje porekla hemijskih elemenata u površinskim slojevima zemljišta i rečnog sedimenta/nanosa korišćene su metode zasnovane na analizi glavnih komponenti (eng. Principal Components Analysis – PCA) i višestruke regresije (eng. Multiple Regression Analysis – MLRA). Analizirani su podaci za sedam prioriternih potencijalno toksičnih elemenata i to As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn. Analiza glavnih komponenti je uključila podatke o ukupnom sadržaju ispitivanih elemenata a za analizu su uzete samo komponente (eng. Eigenvalue) sa vrednošću većom od 1. PCA analiza je urađena uz korišćenje Varimax rotacije i Kajzerove normalizacije pri čemu je provera verodostojnosti seta podataka izvršena pomoću KMO testa (Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy) i komunaliteta (eng. Communalities). Nakon Analize glavnih komponenti (PCA), a u cilju utvrđivanja porekla potencijalno toksičnih elemenata u površinskim slojevima zemljišta urađena je i Višestruka regresiona analiza (MLRA) čiji je cilj bio da se utvrdi pojedinačan uticaj svake od komponenti na svaki ispitivani element.

Statistička obrada podataka (deskriptivne i multivarijantne analize) izvršena je pomoću statističkih softvera Statistica 10.0, SPSS v21 i Minitab 17. Kartografska obrada podataka izvršena je pomoću GIS softverskog paketa ESRI ArcMap 10.5.

4.4. Određivanje ekološkog rizika od zagađivanja teškim metalima i metaloidima i određivanje potencijalno opasnih zona („hot spots“)

4.4.1. Određivanje „background“ vrednosti za područje riparijalne zone reke Save

Background vrednost se definiše kao referentna vrednost, pedogeohemijska vrednost, referentna vrednost preindustrijskog perioda ili vrednost nultog stanja zemljišta (SRPS EN ISO 19258:2013, Kvalitet zemljišta – Smernice za određivanje nultog stanja). Određivanje prirodnog fona zemljišta odnosno „background“ vrednosti za jedno područje je od velikog značaja za procenu zagađenosti kao i za procenu ekološkog rizika. Određivanje „background“ vrednosti za područje riparijalne zone reke Save urađeno je korišćenjem matematičke metode koja uzima u obzir medijanu i medijanu apsolutnih devijacija (Mrvić et al., 2011).

Određuje se na osnovu formule:

$$GB = MEDIAN + 2 \times MAD$$

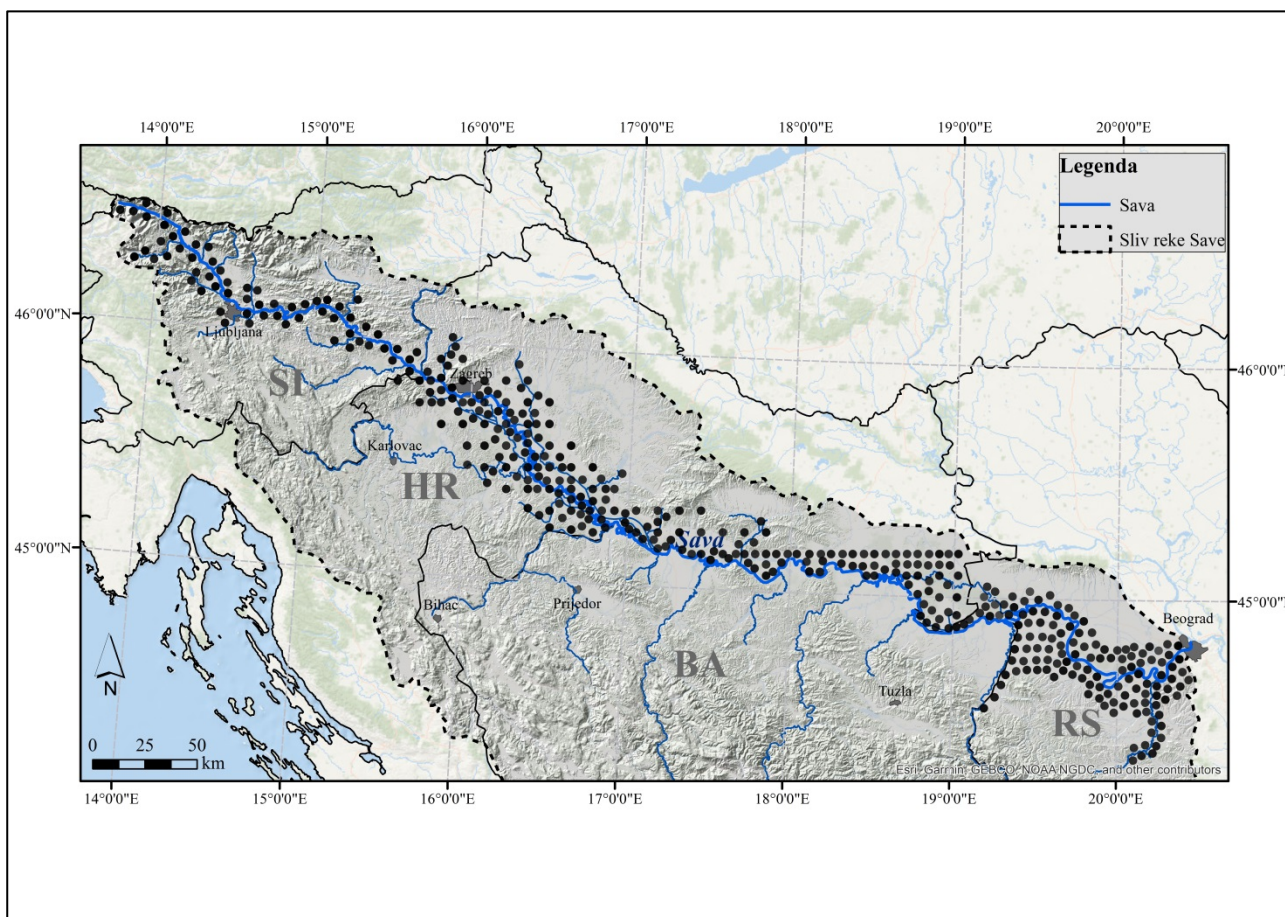
gde je:

GB- „background“ vrednost elementa

MEDIAN – medijana sadržaja ispitivanog elementa

MAD – medijana apsolutnih devijacija.

„Background“ vrednosti su izračunate za sedam prioriternih elemenata (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn) kao i za Mn koji je u analizama procene rizika korišćen kao referentni element, u nedostatku podataka za dominantne elemente geološkog porekla kao što su Al, Fe i dr. Izbor mangana kao referentnog elementa opravdan je činjenicom da je on najčešće geološkog porekla sa minimalnim antropogenim uticajem (Loska et al., 1997; Hu et al., 2013; Zhang et al., 2016; Kowalska et al., 2018). Za izračunavanje „background“ vrednosti za riparijalnu zonu reke Save analizirani su podaci iz ovog istraživanja kao i iz dostupnih baza podataka. Korišćena baza podataka je obuhvatila 412 dodatnih lokaliteta sa podacima o sadržaju teških metala i drugih potencijalno opasnih elemenata na teritoriji Slovenije (Slovenian Environment Agency, 2017), Posavine na teritoriji Hrvatske (Halamić et al., 2012) i na teritoriji Srbije (Mrvić et al., 2011) (Slika 6).



Slika 6. Karta lokaliteta iz dostupne baze podataka korišćene za određivanje „background“ vrednosti za riparijalnu zonu reke Save

4.4.2. Metode za određivanje ekološkog rizika od zagađivanja teškim metalima i metaloidima površinskih slojeva zemljišta i sedimenta/nanosa riparijalne zone reke Save

Određivanje ekološkog rizika od zagađivanja teškim metalima i metaloidima u površinskim slojevima zemljišta i sedimenta/nanosa urađena je na osnovu Indeksa ekološkog rizika (eng. Ecological Risk Index - Ei), Indeksa ukupnog ekološkog rizika (eng. Risk Index – RI) i indeksa geoakumulacije (Geoaccumulation index – Igeo).

Indeks ekološkog rizika (eng. Ecological risk index – Ei) predstavlja odnos sadržaja pojedinačnog potencijalno toksičnog elementa i njegove „background“ vrednosti, uvećan za faktor toksičnosti za svaki ispitivani element (Hakanson, 1980; Hu et al., 2013; Liu et al., 2018a; Kuerban et al., 2020).

Indeks ekološkog rizika određuje se na osnovu formule:

$$Ei = T_i \frac{C_i}{B_i}$$

gde je:

T_i – faktor toksičnosti za i element (Cd - 30, As - 10, Ni - 5, Cu - 5, Pb - 5, Cr - 2, Zn - 1)

C_i – izmerena koncentracija ispitivanog elementa u uzorcima zemljišta i površinskog sedimenta/nanosa

B_i – „background“ koncentracija ispitivanog elementa u uzorcima zemljišta i površinskog sedimenta/nanosa

Ukupan ekološki rizik (eng. Risk Index – RI) predstavlja sumu svih pojedinačnih indeksa ekološkog rizika za ispitivane lokalitete i može se posmatrati prostorno. Ukupan ekološki rizik računa se prema jednačini:

$$RI = \sum E_i$$

U cilju procene zagađenja zemljišta i sedimenta/nanosa teškim metalima i metaloidima korišćen je indeks geoakumulacije (eng. Geoaccumulation index – Igeo) koji omogućava poređenje trenutnih koncentracija ispitivanih elemenata u odnosu na prirodni fon tj. „background“ koncentracije. Geoakumulacioni indeks je prvenstveno korišćen za utvrđivanje stepena zagađenja rečnog sedimenta/nanosa (Müller, 1969) ali se takođe često koristi i za utvrđivanje stepena zagađenja zemljišta (Loska et al., 2004; Wang et al., 2015; Kuerban et al., 2020). Igeo se računa prema jednačini:

$$I_{geo} = \frac{C_i}{1,5B_i}$$

gde je:

C_i – izmerena koncentracija ispitivanog elementa u uzorcima zemljišta i površinskog sedimenta/nanosa

B_i – „background“ koncentracija ispitivanog elementa u uzorcima zemljišta i površinskog sedimenta/nanosa

1,5 – korekcionni faktor koji služi da se otklone potencijalna variranja u „background“ vrednostima

Klasifikacija korišćena za procenu stepena zagađenja pomoću ukupnog ekološkog rizika i indeksa geoakumulacije prikazana je u Tabeli 5. Postoji pet klasa stepena zagađenja: prva klasa (klasa I) se odnosi na zemljišta niskog potencijalnog ekološkog rizika dok klasa V ukazuje na veoma visok potencijalni ekološki rizik i na vrednosti sto puta veće od „background“ vrednosti (Kuerban et al., 2020).

Tabela 5. Klasifikacija geoakumulacionog indeksa (Kuerban et al., 2020)

Klasa	Igeo	Ei	RI	Stepen potencijalnog rizika
I	$I_{geo} \leq 0$	$E_i < 40$	$RI \leq 110$	Nizak
II	$0 < I_{geo} \leq 1$	$40 \leq E_i < 80$	$110 \leq RI < 220$	Umeren
III	$1 < I_{geo} \leq 2$	$80 \leq E_i < 160$	$220 \leq RI < 440$	Značajan
IV	$2 < I_{geo} \leq 3$	$160 \leq E_i < 320$	$440 \leq RI < 880$	Visok
V	$3 < I_{geo} \leq 4$	$E_i \geq 320$	$RI \geq 880$	Veoma visok

4.4.3. Određivanje potencijalno opasnih zona („hot spots“)

Metoda Geografske Regresije (Geographic weighted regression-*GWR*) je metoda koja se koristi za procenu parametara u prostoru i doprinosi razumevanju lokalnih varijacija. U ovoj disertaciji, lokalna regresiona jednačina primenjena je za svaku karakteristiku u osnovnom skupu podataka, uzimajući u obzir zavisne i nezavisne varijable i primenjena je za određivanje potencijalno opasnih zona („hot spots“) koje označavaju zone rizika od zagađenja teškim metalima i metaloidima. *GWR* analiza je obuhvatila nekoliko parametara:

- sadržaj potencijalno toksičnih elemenata u površinskim slojevima zemljišta i sedimenta/nanosa (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)
- vrednosti indeksa za procenu ekološkog rizika (Ei i RI)
- fizičke karakteristike zemljišta i sedimenta/nanosa (udeo peska, praha i gline izražen u %)
- hemijske karakteristike zemljišta i sedimenta/nanosa (pH, sadržaj organske materije).

Na osnovu *GWR* analize dobijene su karte potencijalnih zona kontaminacije riparijalnih zemljišta duž celog toka reke Save.

5. Rezultati

5.1. Morfološke karakteristike pedoloških profila

Zbog visokog vodostaja reke Save u toku 2014. godine nije bilo moguće otvoriti pedološke profile, stoga je to urađeno u toku drugog uzorkovanja 2015. godine. Pedološki profili su otvoreni u plavnoj zoni reke Save na odabranim lokalitetima, na 10 do 15 m od reke prema standardnim procedurama.

Pored nacionalne nomenklature (Škorić et al., 1985) za klasifikaciju zemljišta korišćena je i WRB nomenklatura (Pavlović et al., 2017).

Pedološki profil br. 1

Lokalitet: Mojstrana, Slovenija

Koordinate: 14.00529, 46.28032

Nadmorska visina: 507 mnm

Profil je otvoren na obali, u donjem delu rečne terase, na oko 10 m od reke Save Dolinke. Okolnu vegetaciju čine uglavnom vrste roda *Salix*, *Alnus* i *Acer*.

Red: Automorfna zemljišta

Klasa: Humusno - akumulativna

Tip: Rendzina (WRB – Leptosol, calcaric)

Podtip: na krečnjaku

Varijetet: karbonatno

Forma: peskovita



Horizont A_{mo} - 0-10 cm

Tamno braon boje, mrvičaste strukture, rastresit, tekstura peskovita ilovača.

R - >10 cm

Jasan izlomljen prelaz na krečnjačku podlogu.

Pedološki profil br. 2

Lokalitet: Radovljica, Slovenija

Koordinate: 14.16386, 46.33953

Nadmorska visina: 409 mnm

Profil se nalazi na blagoj kosini, na obali reke Save. Način korišćenja zemljišta je parlog, dok okolnu vegetaciju mahom čine vrste roda *Salix*, *Fagus* i *Ulmus*.

Red: Hidromorfna zemljišta

Klasa: Glejna

Tip: Euglej (WRB – Gleysol)

Podtip: hipoglejno

Varijetet: mineralni

Forma: karbonatna



Horizont A_{um} - 0-10 cm
Horizont A_{um} - 10-20 cm

Tamno smeđe boje, peskovito ilovasta tekstura, zrnasta struktura, prožet sitnim korenjem priobalne vegetacije uz javljanje pojedinačnih krupnih korenovih žila. Postepen prelaz u horizont G_{so} .

Horizont G_{so} – 20-40 cm

Narandžasto rube boje, peskovito ilovaste teksture, takođe prožet sitnim korenjem priobalne vegetacije uz javljanje pojedinačnih korenovih žila.

Horizont CG_r – 40-68 cm

Postepen prelaz iz horizonta G_{so} , ilovasto peskovita tekstura uz pojavu stagnirajućih podzemnih voda na dubini od 75 cm.

Pedološki profil br. 3

Lokalitet: Litija, Slovenija

Koordinate: 14.85048, 46.06607

Nadmorska visina: 225 mnm

Profil se nalazi na obali reke, na blagoj kosini. Najdominantniju okolnu vegetaciju čine vrste roda *Ulmus*, *Cornus* i *Salix*. Mreža korenovog sistema priobalne vegetacije se pruža do dubine od oko 75 cm. Nema vidljivih tragova erozije.

Red: Hidromorfna zemljišta

Klasa: Nerazvijena

Tip: Aluvijum (WRB – Fluvisol)

Podtip: karbonatno

Varijetet: duboka zemljišta (80-120 cm)

Forma: peskovita



Horizont (A) – 0-10 cm
Horizont (A) – 10-20 cm
Horizont (A) – 20-30 cm

Beskeletno zemljište, tekstura peskovita, braonkasto smeđe boje. Bez naglog prelaza u horizont I i II.

I – 30-50 cm
II – 50-70 cm

Smeđaste boje sa pojavama rđastih mazgotina, peskovite teksture sa blagim prelazom u sledeći sloj III.

III – 70-90 cm

Tamno sive boje sa rđastim mazgotinama, peskovite teksture, pojava stagnirajućih voda na 90 cm.

Pedološki profil br. 4

Lokalitet: Vrhovo, Slovenija

Koordinate: 15.21530, 46.04530

Nadmorska visina: 194 mnm

Profil se nalazi na obali reke, oko 2 km nizvodno od HE „Vrhovo“. Način korišćenja je parlog, dominantnu okolnu vegetaciju čine vrste roda *Salix* i *Cornus*.. Nema vidljivih tragova erozije.

Red: Hidromorfna zemljišta

Klasa: Nerazvijena

Tip: Aluvijum (WRB – Fluvisol)

Podtip: karbonatno

Varijetet: plitka zemljišta (<40 cm)

Forma: peskovita



Horizont (A) 0-30 cm

- (A) – 0-10 cm
- (A) – 10-20 cm
- (A) – 20-30 cm

Jednoličan sloj, tamnobraon boje. Tekstura je peskovito ilovasta, struktura zrnasta, podeljen je u tri podsloja (0-10cm, 10-20cm i 20-30cm). Profil je gusto protkan žilama korenovog sistema okolne zeljaste vegetacije. Na dubini od 30 cm prisutan krupniji skelet.

Pedološki profil br. 5

Lokalitet: Čatež, Slovenija

Koordinate: 15.63011, 45.89036

Nadmorska visina: 137 mnm

Pedološki profil otvoren je na samoj obali, na rečnom odseku. Način korišćenja je parlog, bez vidljivih tragova erozije. Korenov sistem okolnih vrsta se pruža kroz čitav profil. Okolnu vegetaciju mahom čine vrste roda *Salix*, *Populus* kao i *Cornus*.

Red: Hidromorfna zemljišta

Klasa: Nerazvijena

Tip: Aluvijum (WRB – Fluvisol)

Podtip: karbonatno

Varijetet: duboka zemljišta (80-120 cm)

Forma: peskovita



Horizont (A) – 0-45 cm

Jednoličan sloj, braonkasto smeđe boje, peskovito ilovaste teksture i mrvičaste strukture. Postepeno prelazi u horizont C1.

Horizont C₁ – 45-87 cm

Peskovito ilovasta tekstura, zagasito sive do svetlo sive boje sa jasnim prelazom u horizont C₂.

Horizont C₂ - > 87 cm

Šljunkovita podloga

Pedološki profil br. 6

Lokalitet: Zagreb, Hrvatska

Koordinate: 16.04574, 45.75692

Nadmorska visina: 110 mm

Profil se nalazi na obali reke, na blagoj kosini. Način korišćenja zemljišta je parlog. Okolnu vegetaciju čine prvenstveno poplavne šume vrbe.

Red: Hidromorfna zemljišta

Klasa: Nerazvijena

Tip: Aluvijum (WRB – Fluvisol)

Podtip: karbonatno

Varijetet: duboka zemljišta (80-120 cm)

Forma: peskovita



Horizont (A) – 0-30 cm

Jednoličan sloj, svetlosmeđe boje, peskovito ilovaste teksture i sitnomrvičaste strukture. Gusto protkan korenovim sistemom priobalne vegetacije, postepeno prelazi u horizont C₁.

Horizont C₁ – 30-70 cm

Peskovito ilovasta tekstura, svetlosmeđe boje, u manjoj količini prisutan korenov sistem, sa jasnim prelazom u horizont C₂.

Horizont C₂ – 70-116 cm

Svetlosmeđe boje sa peskovito ilovastom teksturom i sitnomrvičastom strukturom. Velika zastupljenost šljunka. Naleže na horizont C₃.

Horizont C₃ - >116 cm

Šljunkovita podloga

Pedološki profil br. 7

Lokalitet: Jasenovac, Hrvatska

Koordinate: 16.89427, 45.26367

Nadmorska visina: 87 mm

Profil se nalazi u blizini reke, na oko 30 m od rečnog toka. Način korišćenja je šuma a okolnu vegetaciju čine uglavnom vrste roda *Salix* i *Populus*.

Red: Hidromorfna zemljišta


Klasa: Nerazvijena

Tip: Aluvijum (WRB – Fluvisol)

Podtip: karbonatno

Varijetet: duboka zemljišta (80-120 cm)

Forma: ilovasta

	<p>Horizont O – 0-7 cm</p> <p>Organski sloj, tamno brao boje sa vidljivim ostacima polurazloženih biljnih materija.</p>
	<p>Horizont (A) – 7-30 cm</p> <p>Tamno smeđe boje, peskovito ilovasta tekstura sa polurazloženim ostacima organske materije. Postepen prelaz u horizont C₁.</p>
	<p>Horizont C₁ – 30-50 cm</p> <p>Svetlo smeđe boje, pomalo izbeljen, peskovito ilovaste teksture sa postepenim prelazom u horizont C₂.</p>
	<p>Horizont C₂ – 50-117 cm</p> <p>Smeđe boje, peskovito ilovaste teksture, vrlo kompaktno.</p>

Pedološki profil br. 8

Lokalitet: Slavonski Brod, Hrvatska

Koordinate: 17.98411, 45.14491

Nadmorska visina: 82 mnm

Profil se nalazi na obali reke, na veoma blagoj kosini. Okolnu vegetaciju čine poplavne šume vrbe. Bez vidljivih tragova erozije.

Red: Hidromorfna zemljišta


Klasa: Nerazvijena

Tip: Aluvijum (WRB – Fluvisol)

Podtip: karbonatno

Varijetet: duboka zemljišta (80-120 cm)

Forma: ilovasta

	<p>Horizont (A) – 0-10 cm</p> <p>Smeđasto mrke boje, ilovaste teksture, sa jasnim prelazom u horizont C₁.</p>
	<p>Horizont C₁ – 10-14 cm</p> <p>Sivkaste boje sa pojavom izbeljenih delova usled ispiranja, praškasto ilovaste teksture, sa jasnim prelazom u horizont C₂.</p>
	<p>Horizont C₂ – 14-49 cm</p> <p>Sivkaste boje sa povremenim javljanjem tamnijih mazgotina i ostataka polurazloženih biljnih materija, praškasto ilovaste teksture. Uočava se jasan prelaz u horizont C₃.</p>
	<p>Horizont C₃ – 48-112 cm</p> <p>Sivkasto smeđe boje, sa povremenim javljanjem tamnijih mazgotina i izbeljenih delova, ilovaste teksture.</p>

Pedološki profil br. 9

Lokalitet: Županja, Hrvatska

Koordinate: 18.68688, 45.07548

Nadmorska visina: 77 mnm

Profil se nalazi na samoj obali, na veoma blagoj kosini. Način korišćenja zemljišta je parlog i šuma. Okolnu vegetaciju čine plavne šume vrbe i topole. Bez vidljivih tragova erozije.

Red: Automorfna zemljišta

Klasa: Kambična

Tip: Eutrični kambisol (WRB – Cambisol, eutric)

Podtip: na aluvijalnom nanosu

Varijetet: tipično

Forma: ilovasta



Horizont A_{mo} – 0-30 cm

Tamno braon boje, mrvičaste strukture, praškasto ilovaste teksture, prožet korenovim sistemom uz postepen prelaz u horizont (B)_v.

Horizont (B)_v – 30-60 cm

Svetlo smeđe boje sa žućkastim primesama, grudvaste strukture, praškasto ilovaste teksture, prožet korenovim sistemom. Postepen prelaz u horizont C.

Horizont C – 60-105 cm

Neizražena struktura, ilovasta tekstura, žućkaste boje, vrlo kompaktan uz povremeno javljanje pojedinačnih korenovih žila priobalne vegetacije.

Pedološki profil br. 10

Lokalitet: Sremska Mitrovica, Srbija

Koordinate: 19.75249, 44.91358

Nadmorska visina: 72 m

Profil se nalazi na obali reke, način korišćenja je parlog bez vidljivih tragova erozije. Okolnu vegetaciju čine poplavne šume topola i vrbe.

Red: Hidromorfna zemljišta

Klasa: Nerazvijena

Tip: Aluvijum (WRB – Fluvisol)

Podtip: karbonatno oglejna

Varijetet: duboka zemljišta (80-120 cm)

Forma: ilovasta

Pedološki profil br. 10 (nastavak)

	<p>Horizont (A) – 0-10 cm</p> <p>Svetlo smeđe boje uz prisustvo rđastih mazgotina, praškasto ilovaste teksture. Jasan prelaz u horizont C₁.</p>
	<p>Horizont C₁ – 10-20 cm</p> <p>Pepeljastosive boje, sitnoznaste strukture, praškasto ilovaste teksture uz prisustvo rđastih mazgotina. Jasan prelaz u horizont C₂.</p>
	<p>Horizont C₂ – 20-30 cm</p> <p>Pepeljastosive boje, sitnoznaste strukture, praškasto ilovaste teksture uz prisustvo rđastih mazgotina. Jasan prelaz u horizont C₃.</p>
	<p>Horizont C₃ – 30-80 cm</p> <p>Pepeljastosive boje, sitnoznaste strukture, praškasto ilovaste teksture uz prisustvo rđastih mazgotina. Jasan prelaz u horizont C₄.</p>
	<p>Horizont C₄ – 80-93 cm</p> <p>Ridkaste boje sa prisustvom sitnog skeleta promera 1-3 cm, praškasto ilovaste teksture sa jasnim prelazom u horizont C₅.</p>
	<p>Horizont C₅ – 93-110 cm</p> <p>Sive boje, praškasto glinovite teksture, veoma čvrst i zbijen sloj, dosta vlažniji od ostalih horizonata. Struktura je prizmatična, pri lomljenju strukturnih agregata javljaju se rđaste mazgotine.</p>

Pedološki profil br. 11

Lokalitet: Šabac, Srbija

Koordinate: 19.6994, 44.76990

Nadmorska visina: 71 m

Profil se nalazi na obali reke, način korišćenja je parlog i šuma bez vidljivih tragova erozije. Dominantna vegetacija na lokalitetu su vrste roda *Salix* i *Populus*.

Red: Hidromorfna zemljišta

Klasa: Nerazvijena

Tip: Aluvijum (WRB – Fluvisol)

Podtip: karbonatno oglejna

Varijetet: vrlo duboka zemljišta (>120 cm)

Forma: ilovasta

	<p>Horizont (A) – 0-30 cm</p> <p>Smeđe boje koja polako prelazi u ispranu, svetlo smeđu boju sa dubinom. Rastresit sloj zrnaste strukture, praškasto ilovaste teksture sa gušćim korenovim sistemom priobalne zeljaste vegetacije. Jasan prelaz u horizont C₁</p>
	<p>Horizont C₁ – 30-77 cm</p> <p>Smeđe sive boje uz prisustvo mazgotina rđaste i plavičaste boje, praškasto ilovaste teksture. Javljanje pojedinačnih krupnijih korenovih žila. Jasan prelaz u horizont G₀.</p>
	<p>Horizont G₀ – 77-135 cm</p> <p>Smeđe sive boje uz prisustvo velikog broja narandžasto crvenih mazgotina. Vlažan sloj praškasto ilovaste teksture. Javljanje pojedinačnih krupnijih korenovih žila. Horizont se naslanja na skeletni sloj koji ima veoma veliko procentualno učešće krupnog šljunka.</p>

Pedološki profil br. 12

Lokalitet: Beograd, Srbija

Koordinate: 20.35556, 44.76851

Nadmorska visina: 69 m

Profil otvoren na obali, na oko 20 m od rečnog korita u šumarku. Dominantnu vegetaciju čine poplavne šume topola i vrbe. Vrlo jednoličan profil, bez naglih prelaza.

Red: Hidromorfna zemljišta


Klasa: Nerazvijena

Tip: Aluvijum (WRB – Fluvisol)

Podtip: karbonatna

Varijetet: duboka zemljišta (80-120 cm)

Forma: ilovasto-glinasta

	<p>Horizont (A) – 0-30 cm</p> <p>Jednoličan, zagasito smeđe boje, prizmatične strukture sa prisustvom vertikalnih pukotina. Tekstura je praškasto glinovita ilovača. Prisutno sitno i krupno korenje okolne vegetacije. Postepen prelaz u horizont C₁</p>
	<p>Horizont C₁ – 30-60 cm</p> <p>Jednoličan, zagasito smeđe boje sa rđastim mazgotinama, prizmatične strukture, tekstura je praškasto glinovita ilovača. Prisutno krupno korenje okolne vegetacije. Postepen prelaz u horizont C₂</p>
	<p>Horizont C₂ – 60-105 cm</p> <p>Smeđe boje sa pojavom rđastih i plavičastih mazgotina, prizmatične strukture. Tekstura je praškasto glinovita ilovača. Prisutno krupno korenje okolne vegetacije.</p>

5.2 Fizičko-hemijske karakteristike zemljišta

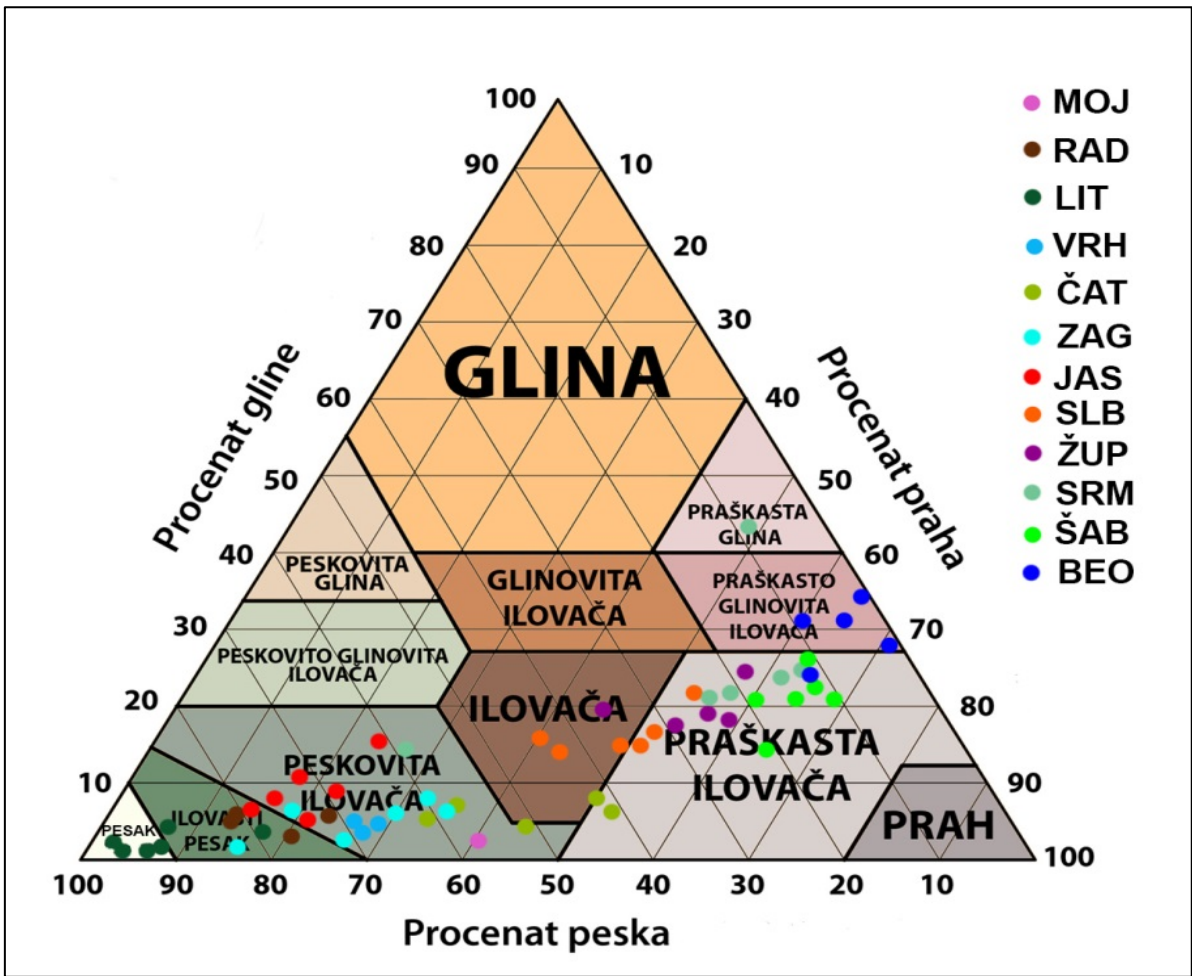
5.2.1. Fizičke karakteristike zemljišta

Procenat higroskopne vlage u zemljištima iz profila kretao se u opsegu od 0,70 % na lokalitetu LIT do 6,47% na lokalitetu MOJ (Tabela 6). Prostorno posmatrano, može se uočiti da sadržaj vlage varira u odnosu na lokalitet a takođe uočava se i visok stepen variranja sadržaja po dubini zemljišnog profila (Tabela 6).

Frakcije peska, praha i gline u proučavanim zemljištima imale su visok stepen variranja u zavisnosti od lokaliteta i nije moguće uočiti jasan trend variranja od izvora ka ušću (Tabela 6). Udeo krupnog peska u zemljištima varirao je od 0,08% na lokalitetu BEO na dubini od 62 – 105 cm do 51,97 % na lokalitetu LIT na dubini od 50 – 70cm. Udeo sitnog peska u zemljištima varirao je od 1,79% na lokalitetu BEO na dubini od 20 – 30cm do 74,35 % na lokalitetu JAS na dubini od 30 – 50cm. Procenat ukupnog peska u zemljištima varirao je od 1,97% na lokalitetu BEO do 96,06% na lokalitetu LIT (Tabela 6). Procenat peska po dubini zemljišnog profila smanjuje se na lokalitetima srednjeg i donjeg dela toka. Udeo frakcije praha I (0,063-0,02 mm) varirao je u opsegu od 0,27% na lokalitetu LIT na dubini od 70 – 90cm do 26,38 % na lokalitetu MOJ na dubini od 0 – 10cm. Udeo frakcije praha II (0,02-0,006 mm) varirao je u opsegu od 0,32% na lokalitetu LIT na dubini od 50 – 70cm do 34,50 % na lokalitetu BEO na dubini od 0 – 10cm. Udeo frakcije praha III (0,006-0,002 mm) varirao je u opsegu od 0,95% na lokalitetu LIT na dubini od 70 – 90cm do 23,47 % na lokalitetu BEO na dubini od 10 – 20cm. Procenat ukupnog praha u proučavanim zemljištima je varirao od 3,05% na lokalitetu LIT do 71,39% na lokalitetu BEO (Tabela 6). Procentualno učešće praha povećavalo se sa povećanjem dubine zemljišnog profila a takođe je i na prostornom gradijentu primetan jasan trend povećanja učešća praha na lokalitetima srednjeg i donjeg dela toka.

Procenat gline varirao je u opsegu od 0,07% na lokalitetu LIT na dubini od 50 – 70cm do 43,51% na lokalitetu SRM na dubini od 93 – 110cm. Procentualno učešće gline dosta je variralo kako po dubini zemljišta tako i na prostornom gradijentu (Tabela 6).

Na osnovu rezultata granulometrijskog sastava proučavanih zemljišta može se primetiti da je procenat peska dominantan na lokalitetima u gornjem delu toka reke Save, dok se na srednjem i donjem delu toka procenat peska smanjuje a postaju dominantne frakcije praha i gline. Zemljišta na lokalitetima gornjeg dela rečnog toka uglavnom pripadaju zemljištima lakšeg mehaničkog sastava dok zemljišta u donjem delu toka imaju u određenoj meri teži mehanički sastav. Proučavana zemljišta su, uzimajući u obzir procentualno učešće frakcija peska, praha i gline, prema klasifikaciji svrstana u 7 klasa i to: pesak, ilovasti pesak, peskovita ilovača, ilovača, praškasta ilovača, praškasta glina i praškasto glinovita ilovača (Tabela 6). Zemljišta na lokalitetu LIT teksturno pripada kategoriji peska, zemljišta na lokalitetima MOJ, VRH, ZAG, JAS i ČAT teksturno pripadaju kategoriji peskovite ilovače dok zemljišta na lokalitetu RAD pripadaju kategoriji ilovasti pesak. Zemljišta nizvodno od lokaliteta SLB pripadaju kategoriji praškaste ilovače dok zemljišta na lokalitetu BEO teksturno pripadaju kategoriji praškasto glinovite ilovače (Slika 7).



Slika 7. Pozicija ispitivanih zemljišta iz profila na istraživanim lokalitetima u trouglu za određivanje teksturne pripadnosti

Tabela 6. Fizičke karakteristike zemljišta iz profila na istraživanim lokalitetima

Lokalitet	Tip zemljišta	Horizont	Dubina (cm)	Higroskopska vlaga %	Pesak u %		Prah u %			Glina % <0,002 mm	Ukupan prah %	Ukupan pesak %	Teksturna klasa
					Krupan pesak	Sitan pesak	Prah I	Prah II	Prah III				
					2-0,2 mm	0,2-0,063 mm	0,063-0,02 mm	0,02-0,006 mm	0,006-0,002 mm				
MOJ	Rendzina	Amo	0-10	6,47	58,71	22,85	26,38	6,83	6,11	1,97	39,32	58,71	PI
		Aum	0-10	1,50	71,68	57,16	9,92	8,11	4,14	6,15	22,17	71,68	PI
RAD	Euglej	Aum	10-20	1,43	76,11	56,59	7,24	6,13	6,17	4,35	19,54	76,11	IP
		Gso	20-40	1,33	82,30	52,60	3,71	5,71	3,08	5,20	12,50	82,30	IP
		Gso	40-68	1,17	80,41	48,96	4,57	5,35	3,28	6,39	13,20	80,41	IP
		(A)	0-10	0,90	87,28	60,00	3,81	3,37	2,43	3,11	9,61	87,28	P
LIT	Fluvisol	(A)	10-20	1,30	78,68	44,77	10,29	4,73	3,13	3,17	18,15	78,68	IP
		(A)	20-30	0,70	91,38	47,53	4,26	0,44	1,49	3,31	5,31	91,38	P
		I	30-50	0,75	92,69	55,19	2,49	1,02	3,37	0,43	6,88	92,69	P
		II	50-70	0,90	95,31	43,34	2,24	0,32	1,31	0,82	3,87	95,31	P
		III	70-90	0,80	96,06	46,91	0,27	1,83	0,95	0,89	3,05	96,06	P
		(A)	0-10	1,00	70,02	63,06	10,51	9,63	5,60	4,24	25,74	70,02	PI
VRH	Fluvisol	(A)	10-20	1,90	70,46	61,30	10,39	9,22	6,56	3,37	26,17	70,46	PI
		(A)	20-30	2,10	67,95	59,18	12,94	9,84	5,56	3,71	28,34	67,95	PI
		(A)	0-10	2,20	61,50	56,97	15,16	11,52	6,95	4,87	33,63	61,50	PI
ČAT	Fluvisol	(A)	10-20	2,30	52,20	51,39	19,81	14,44	8,36	5,19	42,61	52,20	PI
		(A)	20-30	2,50	42,87	41,61	25,91	16,71	7,06	7,45	49,68	42,87	IPr
		(A)	30-45	3,10	43,10	41,88	17,35	20,06	10,07	9,42	47,48	43,10	I
		C ₁	45-87	5,10	58,01	53,11	18,89	9,97	7,03	6,10	35,89	58,01	PI
		(A)	0-10	1,40	83,14	49,39	7,66	2,74	3,90	2,56	14,30	83,14	IP
ZAG	Fluvisol	(A)	10-20	1,80	72,27	48,89	8,92	7,45	8,21	3,15	24,58	72,27	PI
		(A)	20-30	1,70	65,94	49,36	9,72	10,05	8,68	5,61	28,45	65,94	PI
		C ₁	30-50	1,90	59,30	44,80	13,12	11,94	9,91	5,73	34,97	59,30	PI
		C ₂	50-70	3,50	61,25	43,59	11,49	11,57	9,20	6,49	32,26	61,25	PI
		C ₃	70-116	1,60	76,38	31,36	6,15	6,30	5,16	6,01	17,61	76,38	PI

Lokalitet	Tip zemljišta	Horizont	Dubina (cm)	Higroskopna vlaga %	Pesak u %		Prah u %			Glina % <0,002 mm	Ukupan prah %	Ukupan pesak %	Teksturna klasa
					Krupan pesak	Krupan pesak	Prah I	Prah II	Prah III				
					2-0,2 mm	2-0,2 mm	0,063-0,02 mm	0,02-0,006 mm	0,006-0,002 mm				
JAS	Fluvisol	O	0-7	1,70	76,12	71,91	4,44	6,22	6,42	6,80	17,08	76,12	PI
		(A)	7-16	1,30	77,74	73,11	6,89	3,52	3,21	8,64	13,62	77,74	PI
		(A)	16-30	2,70	62,20	57,44	5,11	7,81	9,09	15,79	22,01	62,20	PI
		C ₁	30-50	1,40	81,53	74,35	4,45	2,77	4,79	6,46	12,01	81,53	IP
		C ₂	50-80	1,90	73,84	67,54	8,05	3,77	4,29	10,05	16,11	73,84	PI
		C ₂	80-117	1,90	69,14	64,11	7,15	8,29	6,37	9,05	21,81	69,14	PI
SLB	Fluvisol	(A)	0-10	2,50	46,14	45,68	16,20	11,58	11,35	14,73	39,13	46,14	I
		C ₁	10-14	2,70	35,01	34,65	20,44	17,03	12,53	14,99	50,00	35,01	IPr
		C ₁	14-29	3,90	25,05	24,70	18,09	21,30	13,97	21,59	53,36	25,05	IPr
		C ₁	29-49	3,30	32,90	32,63	20,71	18,22	12,08	16,09	51,01	32,90	IPr
		C ₂	49-69	2,60	45,03	44,77	17,45	13,16	11,01	13,35	41,62	45,03	I
		C ₂	69-112	2,70	37,22	36,87	16,57	20,49	10,80	14,92	47,86	37,22	I
ŽUP	Eutrični kambisol	Aum	0-10	2,80	25,41	24,19	16,70	25,41	13,51	18,97	55,62	25,41	IPr
		Aum	10-20	3,30	30,61	29,77	18,16	23,14	11,59	16,50	52,89	30,61	IPr
		Aum	20-30	3,80	23,61	23,24	19,54	25,60	13,66	17,59	58,80	23,61	IPr
		(B)v	30-60	3,40	18,52	18,37	17,39	24,89	15,06	24,14	57,34	18,52	IPr
		C	60-105	2,80	36,38	36,25	18,55	16,12	9,68	19,27	44,35	36,38	I
SRM	Fluvisol	(A)	0-10	3,60	22,42	22,21	17,08	24,26	15,37	20,87	56,71	22,42	IPr
		C ₁	10-20	3,60	25,39	24,93	14,18	25,52	14,36	20,55	54,06	25,39	IPr
		C ₂	20-30	4,00	16,80	16,62	18,98	27,22	14,82	22,18	61,02	16,80	IPr
		C ₃	30-80	3,80	18,51	17,91	18,17	26,92	14,48	21,92	59,57	18,51	IPr
		C ₄	80-93	2,30	59,28	31,64	8,67	11,61	7,32	13,12	27,60	59,28	IPr
		C ₅	93-110	4,50	9,18	8,55	16,01	18,60	12,70	43,51	47,31	9,18	PrG
ŠAB	Fluvisol	(A)	0-10	4,10	12,37	12,19	16,09	26,59	19,62	25,33	62,30	12,37	IPr
		(A)	10-20	3,90	15,92	15,56	18,66	29,96	15,40	20,06	64,02	15,92	IPr
		(A)	20-30	4,30	20,83	19,36	18,41	27,38	13,39	19,99	59,18	20,83	IPr
		C ₁	30-75	4,40	11,99	11,77	21,72	25,75	20,27	20,27	67,74	11,99	IPr
		C ₁	75-77	4,20	22,28	14,43	16,36	24,51	21,17	15,68	62,04	22,28	IPr
		Go	77-135	4,30	13,12	12,70	20,70	26,26	18,53	21,39	65,49	13,12	IPr

Lokalitet	Tip zemljišta	Horizont	Dubina (cm)	Higroskopna vlaga %	Pesak u %		Prah u %			Glina % <0,002 mm	Ukupan prah %	Ukupan pesak %	Teksturna klasa
					Krupan pesak	Krupan pesak	Prah I	Prah II	Prah III				
					2-0,2 mm	2-0,2 mm	0,063-0,02 mm	0,02-0,006 mm	0,006-0,002 mm				
BEO	Fluvisol	(A)	0-10	5,00	5,91	5,20	7,89	34,50	22,61	29,09	65,00	5,91	PrGI
		(A)	10-20	4,80	2,55	2,23	15,31	32,61	23,47	26,06	71,39	2,55	IPr
		(A)	20-30	4,70	1,97	1,79	12,47	29,90	21,89	33,77	64,26	1,97	PrGI
		C ₁	30-60	4,80	10,00	9,87	11,26	30,94	17,32	30,48	59,52	10,00	PrGI
		C ₂	60-105	4,20	13,75	13,67	18,42	27,63	17,41	22,79	63,46	13,75	IPr

PI – Peskovita ilovača; IP – Ilovasti pesak; P – Pesak; IPr – Praškasta ilovača; I – Ilovača; PrG – Praškasta glina; PrGI – Praškasto glinovita ilovača

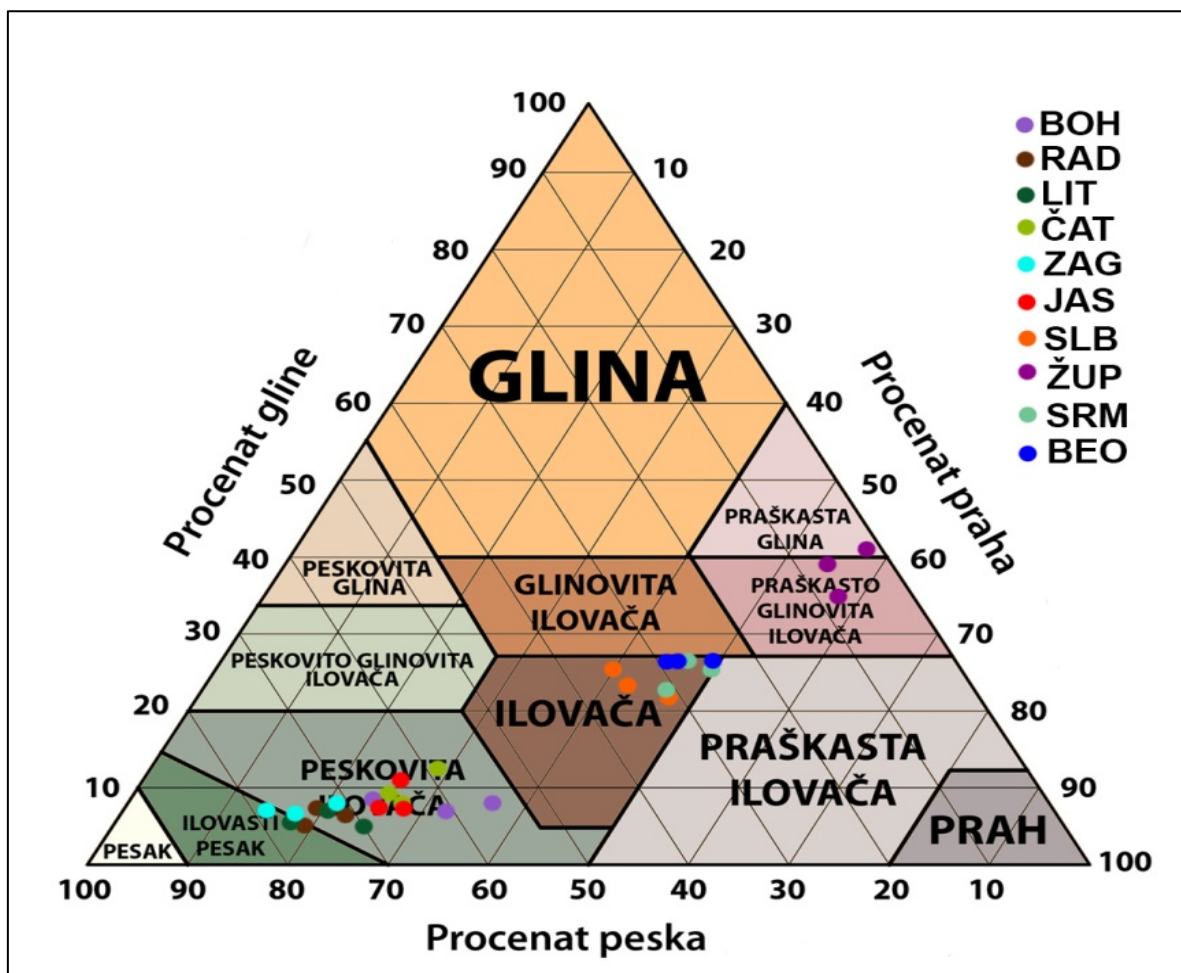
Kao što je već istaknuto u sekciji „Materijal i metode“, uzorkovano je zemljište na istim dubinama od 0-10cm, 10-20cm i 20-30cm radi što preciznijeg poređenja karakteristika zemljišta između ispitivanih lokaliteta. Pa tako, procenat higroskopne vlage u navedenim slojevima se kretao u opsegu od 1,1 % na lokalitetima RAD i LIT do 4,7% na lokalitetu ŽUP (Tabela 7). Sadržaj higroskopne vlage povećavao se sa povećanjem dubine zemljišta a takođe se može uočiti i jasan trend povećanja sadržaja vlage idući od izvora ka ušću (Tabela 7).

Udeo krupnog peska u ispitivanim zemljištima kretao se u opsegu od 0,13% na lokalitetu ŽUP na dubini od 20 – 30cm do 32,54% na lokalitetu ZAG na dubini od 20 – 30cm (Tabela 7). Udeo sitnog peska kretao se u opsegu od 4,07% na lokalitetu ŽUP na dubini od 20 – 30cm do 67,30% na lokalitetu JAS na dubini od 0 - 10cm. Procenat ukupnog peska u zemljištima u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm varirao je od 4,2 % na lokalitetu ŽUP do 79,09 % na lokalitetu ZAG (Tabela 7). Sadržaj peska opada sa dubinom zemljišta na svim istraživanim lokalitetima osim na lokalitetu ZAG gde se uočava trend povećanja sadržaja peska sa povećanjem dubine (Tabela 7).

Udeo frakcije praha I (0,063-0,02 mm) varirao je u opsegu od 4,64% na lokalitetu ZAG na dubini od 0 – 10cm do 16,33% na lokalitetu BEO na dubini od 20 - 30cm. Udeo frakcije praha II (0,02-0,006 mm) varirao je u opsegu od 4,10% na lokalitetu ZAG na dubini od 20 – 30cm do 28,65 % na lokalitetu ŽUP na dubini od 10 – 20cm. Udeo frakcije praha III (0,006-0,002 mm) varirao je u opsegu od 0,82% na lokalitetu RAD na dubini od 0 – 10cm do 19,40 % na lokalitetu ŽUP na dubini od 20 – 30cm. Procenat ukupnog praha u proučavanim zemljištima je varirao od 14 % na lokalitetu ZAG do 55,76% na lokalitetu ŽUP (Tabela 7). Sadržaj praha u ispitivanim uzorcima zemljišta u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm povećavao se sa povećanjem dubine na lokalitetima gornjeg dela toka kao i na lokalitetima ŽUP i BEO u donjem delu toka dok se na ostalim lokalitetima jasno uočava smanjenje sadržaja praha sa povećanjem dubine (Tabela 7).

Procenat gline varirao je od 4,31% na lokalitetu LIT na dubini od 20 – 30cm do 40,52% na lokalitetu ŽUP na dubini od 20 – 30cm (Tabela 7). Sadržaj gline u ispitivanim uzorcima zemljišta, u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm ima jasno izražen trend povećanja sa povećanjem dubine zemljišta na svim lokalitetima, jedino je lokalitet ZAG izuzetak gde sa povećanjem dubine dolazi do smanjenja sadržaja gline (Tabela 7). Zemljišta na lokalitetima gornjeg dela toka uglavnom pripadaju zemljištima lakšeg mehaničkog sastava dok zemljišta u donjem delu toka imaju u određenoj meri teži mehanički sastav.

Proučavana zemljišta su, uzimajući u obzir procentualno učešće frakcija peska, praha i gline, prema klasifikaciji svrstana u 4 klase i to: peskovita ilovača, ilovasti pesak, ilovača i praškasto glinovita ilovača. Zemljišta na lokalitetima BOH, RAD, LIT, ČAT i JAS teksturno pripadaju kategoriji peskovitih ilovača, zemljišta na lokalitetu ZAG teksturno pripadaju kategoriji ilovastog peska dok zemljišta na lokalitetu ŽUP pripadaju kategoriji praškasto glinovitih ilovača. Zemljišta na lokalitetima SLB, SRM i BEO teksturno pripadaju kategoriji ilovača (Slika 8).



Slika 8. Pozicija ispitivanih zemljišta na istraživanim lokalitetima u slojevima na dubini od 0-10, 10-20 i 20-30 cm

Tabela 7. Fizičke karakteristike zemljišta na ispitivanim lokalitetima u slojevima na dubini od 0-10, 10-20 i 20-30 cm

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	Higroskopska vlaga %	Pesak u %		Prah u %			Glina % <0,002 mm	Ukupan prah %	Ukupan pesak %	Teksturna klasa
				Krupan	Sitan	Prah I	Prah II	Prah III				
				2-0,2 mm	0,2-0,063 mm	0,063-0,02	0,02-0,006	0,006-0,002				
BOH	Rendzina	0-10	1,70	21,06	46,99	12,69	6,18	5,60	7,49	24,47	68,04	PI
		10-20	1,74	19,74	41,46	15,94	7,28	9,26	6,32	32,48	61,20	PI
		20-30	1,82	20,07	37,11	18,34	9,65	7,62	7,21	35,61	57,18	PI
RAD	Euglej	0-10	1,10	28,00	49,55	7,08	8,75	0,82	5,80	16,65	77,55	IP
		10-20	1,10	26,73	47,43	8,58	5,74	4,84	6,68	19,16	74,16	PI
		20-30	1,30	24,62	46,10	10,51	8,00	4,16	6,61	22,67	70,72	PI
LIT	Fluvisol	0-10	1,10	16,66	60,44	6,86	7,15	3,98	4,91	17,99	77,10	IP
		10-20	1,30	20,73	53,06	8,67	7,12	3,94	6,48	19,73	73,79	PI
		20-30	1,70	19,21	51,90	9,23	9,15	6,20	4,31	24,58	71,11	PI
ČAT	Fluvisol	0-10	2,10	14,07	52,22	10,10	9,66	5,38	8,57	25,14	66,29	PI
		10-20	2,30	24,00	41,45	10,64	10,23	5,79	7,89	26,66	65,45	PI
		20-30	2,00	19,75	39,68	12,72	10,71	6,18	10,96	29,61	59,43	PI
ZAG	Fluvisol	0-10	1,40	30,11	48,98	4,64	6,24	3,12	6,91	14,00	79,09	IP
		10-20	1,90	28,07	44,47	8,94	6,01	5,37	7,14	20,32	72,54	PI
		20-30	1,90	32,54	44,12	7,97	4,10	4,92	6,35	16,99	76,66	IP
JAS	Fluvisol	0-10	1,80	1,30	67,30	7,52	9,60	6,82	7,46	23,94	68,6	PI
		10-20	1,90	1,21	64,51	9,43	11,13	6,49	7,23	27,05	65,72	PI
		20-30	1,60	0,76	63,81	11,95	8,27	5,58	9,63	25,80	64,57	PI
SLB	Fluvisol	0-10	2,80	1,66	35,07	14,29	16,76	10,35	21,87	41,40	36,73	I
		10-20	3,60	1,25	31,08	15,11	20,36	10,94	21,26	46,41	32,33	I
		20-30	2,20	1,49	35,34	12,24	15,62	10,39	24,92	38,25	36,83	I
ŽUP	Eutrični kambisol	0-10	3,90	0,55	8,25	11,02	26,44	18,30	35,44	55,76	8,80	PrGI
		10-20	4,60	0,16	8,08	8,76	28,65	15,74	38,61	53,15	8,24	PrGI
		20-30	4,70	0,13	4,07	7,28	28,60	19,40	40,52	55,28	4,20	PrG
SRM	Fluvisol	0-10	3,10	1,16	30,91	14,73	19,38	12,10	21,72	46,21	32,07	I
		10-20	3,20	1,44	24,40	14,20	21,03	13,64	25,29	48,87	25,84	I
		20-30	3,40	1,36	26,41	14,83	20,73	10,77	25,90	46,33	27,77	I
BEO	Fluvisol	0-10	2,70	2,92	26,65	13,19	19,47	12,29	25,48	44,95	29,57	I
		10-20	3,10	1,67	29,04	9,52	22,20	12,09	25,48	43,81	30,71	I
		20-30	4,00	1,05	24,36	16,33	18,86	13,10	26,30	48,29	25,41	I

PI – Peskovita ilovača; IP – Ilovasti pesak; I – Ilovača; PrGI – Praškasto glinovita ilovača

Na istraživanom području, rendzine su zastupljene na gornjem delu toka, na lokalitetima MOJ i BOH. U ovim zemljištima higroskopna vlaga se kretala u proseku od 1,70% do 6,47%. Ukupan pesak se kretao u opsegu od 57,18% do 68,04%, ukupan prah se kretao u opsegu od 24,47% do 39,32% dok se sadržaj gline kretao u opsegu od 1,97% do 7,49%. Rendzine na ispitivanim lokalitetima pripadaju teksturnoj klasi peskovitih ilovača.

Euglej je zastupljen na gornjem delu toka, na lokalitetu RAD i u ovom zemljištu higroskopna vlaga se kretala u opsegu od 1,10% do 1,50%. Ukupan pesak je bio u opsegu od 70,72% do 82,30%, ukupan prah od 12,50% do 22,67% dok je ukupan sadržaj gline bio u opsegu od 4,35% do 6,68%. Eugleji na ispitivanim lokalitetima pripadaju teksturnoj klasi peskovih ilovača i ilovastog peska.

Fluvisol je dominantni tip zemljišta na istraživanom području i zastupljen je na lokalitetima VRH, LIT, ČAT, ZAG, JAS, SLB, SRM, ŠAB i BEO. Sadržaj vlage u ispitivanim zemljištima se kretao u opsegu od 0,70% do 5,10%. Sadržaj ukupnog peska se kretao od 1,97% do 96,06% dok se sadržaj ukupnog praha kretao u opsegu od 3,05% do 71,39%. Sadržaj gline u ispitivanim zemljištima bio je u opsegu od 0,43% do 40,52%. Ispitivana aluvijalna zemljišta su vrlo različite teksture, na lokalitetima gornjeg dela toka pripadaju teksturnim klasama peska i peskovitih ilovača dok na lokalitetima donjeg dela toka preovlađuju ilovače, praškaste ilovače i praškasto glinovite ilovače.

Eutrični kambisol zastupljen je na donjem delu toka, na lokalitetu ŽUP. Procenat higroskopne vlage u ispitivanom zemljištu se kretao od 2,80% do 4,70%. Sadržaj ukupnog peska kretao se u opsegu od 4,20 do 36,38% dok se sadržaj ukupnog praha kretao u opsegu od 44,35% do 58,80%. Ukupan sadržaj gline u ispitivanim zemljištima kretao se u opsegu od 16,50% do 40,52%. Ova zemljišta pripadaju teksturnim klasama praškastih ilovača i praškasto glinovitih ilovača.

5.2.2. Hemijske karakteristike zemljišta

Reakcija zemljišta u vodenom rastvoru u profilima na istraživanim lokalitetima kretala se od 7,19 na lokalitetu MOJ na dubini od 0 – 10 cm do 8,47 na lokalitetu LIT na dubini od 70 – 90cm, što proučavana zemljišta klasifikuje u grupu neutralnih do jako alkalnih zemljišta (US Soil Survey Division Staff, 2017). Supstitucionu kiselost (pH u KCl) se kretala od 7,01 na lokalitetu MOJ na dubini od 0 – 10cm do 8,38 na lokalitetu LIT na dubini od 70-90 cm, te su proučavana zemljišta klasifikovana kao neutralno do umereno alkalna zemljišta (US Soil Survey Division Staff, 2017) (Tabela 8). Posmatrajući i aktivnu i supstitucionu kiselost u ispitivanim uzorcima zemljišta može se uočiti da na lokalitetima donjeg dela toka dolazi do povećanja pH sa povećanjem dubine, dok na lokalitetima gornjeg dela toka vrednosti pH variraju po dubini u zavisnosti od lokaliteta (Tabela 8).

Sadržaj rastvorljivih soli u ispitivanim zemljištima se kretao od 0,062 dS/m na lokalitetu LIT na dubini od 70 – 90 cm do 0,450 dS/m na lokalitetu SRM na dubini od 93 – 110cm (Tabela 8). Na većini lokaliteta, vrednost EC je opadala sa dubinom profila, sa izuzetkom na lokalitetima VRH i ČAT gde je vrednost EC bila u blagom porastu sa dubinom profila (Tabela 8).

Sadržaj organske materije u zemljištima je okarakterisan kroz procenat humusa u zemljištu i vrednosti su se kretale od 0,31% na lokalitetu VRH na dubini od 20 – 30 cm do 21% na lokalitetu MOJ na dubini od 0 – 10cm (Tabela 8). Generalno posmatrano, količina humusa je bila niska ne prelazeći 5% na najvećem broju lokaliteta, stoga prema kalsifikaciji ispitivana zemljišta pripadaju klasi slabo humusnih zemljišta. Izuzetak je zemljište na lokalitetu MOJ koje prema klasifikaciji pripada polutresetnim tj. organo-mineralnim zemljištima (klasifikacija prema Gračanin, 1945). Sadržaj humusa na lokalitetima ČAT i BEO povećavao se povećanjem dubine zemljišnog profila, dok je na ostalim lokalitetima sadržaj humusa opadao sa povećanjem dubine (Tabela 8). Količine ukupnog i organskog ugljenika u ispitivanim zemljištima su se kretale u približno sličnom opsegu, sa minimalnim sadržajem izmerenim na lokalitetu SRM na dubini od 93 – 110 cm i maksimalnim sadržajem izmerenim na lokalitetu MOJ na dubini od 0 – 10 cm. Sadržaj ukupnog ugljenika bio je u opsegu od 2,05 % do 24,1 %, dok je količina organskog ugljenika bila u od 0,87 % do 20,1 %

(Tabela 8). Sadržaj ukupnog ugljenika varirao je u zavisnosti od lokaliteta mada se može uočiti da se na lokalitetima donjeg dela toka, sa dubinom profila smanjuje sadržaj ukupnog ugljenika u zemljištu (Tabela 8). Sadržaj organskog ugljenika takođe nema jasno izražen trend distribucije ni prostorno ni po dubini profila. Na lokalitetima RAD, ŽUP, SRM i BEO dolazi do smanjenja sadržaja organskog ugljenika sa povećanjem dubine dok na ostalim lokalitetima sa povećanjem dubine zemljišta dolazi i do povećanja sadržaja organskog ugljenika (Tabela 8).

U zemljištima na ispitivanim lokalitetima, količina azota se kretala u opsegu od 0,02% do 1,34% uz tendenciju opadanja sa dubinom profila (Tabela 8). Zemljišta na lokalitetima JAS i LIT pripadaju klasi siromašnih do srednje obezbeđenih, dok su zemljišta na ostalim lokalitetima klasifikovana kao dobro obezbeđena azotom (Klasifikacija po Wohltmann-u). Jedini izuzetak je zemljište na lokalitetu MOJ gde je izmeren najveći sadržaj azota i to 1,34 %, te je to ujedno i jedino zemljište koje prema klasifikaciji po Wohltmann-u pripada zemljištima vrlo bogatim azotom. Na lokalitetima gornjeg dela toka sadržaj N se povećava sa povećanjem dubine dok se na lokalitetima donjeg dela toka smanjuje sa povećanjem dubine zemljišta (Tabela 8). Odnos C/N je generalno povoljan, s obzirom da zemljišta na većini lokaliteta pripadaju prvoj (C/N < 16), drugoj (C/N 17 – 24) i trećoj klasi (C/N 25-30), sa izuzetkom zemljišta na lokalitetima RAD, VRH i JAS koja nemaju povoljan odnos C/N i pripadaju petoj klasi (> 40) (Tabela 8). Odnos C/N raste po dubini na većini lokaliteta sa izuzetkom lokaliteta VRH, ZAG i SLB gde se odnos C/N sužava sa povećanjem dubine.

Sadržaj CaCO₃ u zemljištima se kretao u opsegu od 8,8 % na lokalitetu BEO na dubini od 20 – 30 cm do 43,98 % na lokalitetu RAD na dubini od 10 – 20 cm, pri čemu je uočen trend opadanja sadržaja kalcijum karbonata idući od gornjeg ka donjem delu toka reke (Tabela 8). Takođe, može se uočiti trend smanjenja sadržaja karbonta u zemljištu sa povećanjem dubine na lokalitetima donjeg dela toka. Na lokalitetima gornjeg dela toka sadržaj karbonata u zemljištu se povećava sa povećanjem dubine dok je na srednjem delu toka u celom profilu ujednačen sadržaj karbonata (Tabela 8). Prema klasifikaciji Škorić et al. (1985), zemljišta u gornjem i srednjem delu toka reke Save pripadaju veoma karbontanim zemljištima dok su zemljišta donjeg dela toka umereno karbonatna.

Sadržaj lakopristupačnih oblika kalijuma u ispitivanim zemljištima se kretao u opsegu od 2,81 mg/100g na lokalitetu LIT na dubini od 20 – 30 cm do 41.5 mg/100g na lokalitetu MOJ na dubini od 0 – 10 cm, dok se sadržaj lakopristupačnih oblika fosfora u zemljištu kretao u opsegu od 1,95 mg/100g na lokalitetu RAD na dubini od 20 – 40 cm do 71,04 mg/100g na lokalitetu SRM na dubini od 93 – 110 cm (Tabela 8). Sadržaj lakopristupačnih oblika P₂O₅ opada sa dubinom profila na svim lokalitetima gornjeg dela toka dok se uočava da na lokalitetima srednjeg i donjeg dela toka dolazi do povećanja sadržaja lakopristupačnog fosfora sa povećanjem dubine profila (Tabela 8). Sadržaj lakopristupačnih oblika kalijuma smanjivao se sa povećanjem dubine na skoro svim lokalitetima, sa izuzetkom lokaliteta ČAT i SRM gde se uočava povećanje sadržaja kalijuma sa povećanjem dubine profila (Tabela 8). Prema sadržaju lakopristupačnog fosfora i kalijuma, zemljišta na lokalitetima RAD, LIT, VRH, ZAG i JAS pripadaju klasi siromašno snabdevenih zemljišta, dok zemljišta na ostalim lokalitetima pripadaju klasi srednje do dobro snabdevenih zemljišta.

Tabela 8. Hemijske karakteristike zemljišta iz profila na istraživanim lokalitetima

Lokalitet	Tip zemljišta	Horizont	Dubina (cm)	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	EC (dSm ⁻¹)	Humus %	C %	Org. C %	N %	C/N	CaCO ₃ %	P ₂ O ₅ mg/100gr	K ₂ O mg/100gr
MOJ	Rendzina	Amo	0-10	7,19	7,01	0,343	21,00	24,09	20,13	1,34	17,95	33,05	12,15	41,50
RAD	Euglej	Aum	0-10	7,81	7,59	0,166	1,47	9,02	3,93	0,12	73,10	42,43	3,12	8,00
		Aum	10-20	7,94	7,64	0,125	1,61	9,39	4,11	0,11	89,07	43,98	2,64	6,46
		Gso	20-40	7,97	7,72	0,115	1,23	9,19	3,98	0,09	100,33	43,39	1,95	5,73
		Gso	40-68	7,77	7,69	0,275	1,08	8,96	3,79	0,06	142,54	43,04	2,10	6,38
LIT	Fluvisol	(A)	0-10	7,87	7,71	0,109	1,76	6,29	2,53	0,06	106,18	31,33	8,53	5,41
		(A)	10-20	7,76	7,61	0,136	1,96	5,66	2,13	0,13	43,52	29,46	6,50	4,60
		(A)	20-30	8,47	8,33	0,064	2,01	5,94	1,99	0,03	231,05	32,95	3,73	2,81
		I	30-50	8,24	8,11	0,076	1,02	5,44	1,90	0,04	131,83	29,51	6,42	4,03
		II	50-70	8,41	8,33	0,068	1,45	6,23	2,68	0,03	224,54	29,64	5,81	5,08
		III	70-90	8,43	8,38	0,062	0,44	6,43	2,59	0,02	277,32	32,00	4,67	5,33
VRH	Fluvisol	(A)	0-10	7,74	7,46	0,170	0,47	5,71	3,10	0,14	40,29	21,75	6,76	8,90
		(A)	10-20	7,68	7,42	0,169	0,53	6,03	3,46	0,13	47,05	21,41	6,14	7,19
		(A)	20-30	7,62	7,37	0,231	0,31	5,86	3,54	0,17	33,80	19,35	4,58	6,79
ČAT	Fluvisol	(A)	0-10	7,91	7,51	0,146	2,46	5,67	2,86	0,14	39,18	23,48	17,03	11,74
		(A)	10-20	7,77	7,42	0,137	2,37	4,91	2,77	0,16	30,86	17,85	14,55	9,79
		(A)	20-30	7,73	7,38	0,141	2,47	5,29	3,05	0,16	33,88	18,63	17,63	10,36
		(A)	30-45	7,69	7,28	0,157	3,27	6,05	3,42	0,20	30,36	21,90	22,56	12,55
		C ₁	45-87	7,56	7,19	0,175	7,63	9,39	7,89	0,23	40,61	12,51	15,01	17,25
ZAG	Fluvisol	(A)	0-10	7,87	7,64	0,139	1,01	6,34	2,64	0,10	65,27	30,89	11,78	11,25
		(A)	10-20	7,70	7,50	0,159	1,62	6,44	2,96	0,13	50,63	28,98	14,08	9,46
		(A)	20-30	7,78	7,53	0,135	1,61	6,28	2,67	0,11	55,01	30,05	12,02	7,27
		C ₁	30-50	7,80	7,52	0,131	1,43	6,27	2,77	0,13	49,15	29,22	11,68	7,76
		C ₂	50-70	7,81	7,51	0,127	1,52	6,09	2,81	0,13	47,61	27,37	13,16	8,08
		C ₃	70-116	7,84	7,59	0,121	1,24	6,28	2,73	0,12	54,32	29,62	12,03	5,89
JAS	Fluvisol	O	0-7	7,71	7,52	0,227	0,85	5,81	2,63	0,09	63,77	26,52	21,83	10,43
		(A)	7-16	7,85	7,71	0,176	0,49	6,05	2,64	0,08	71,50	28,37	15,87	8,00
		(A)	16-30	7,63	7,41	0,266	1,08	6,50	3,66	0,04	168,41	23,66	22,47	11,57
		C ₁	30-50	7,80	7,68	0,157	1,00	6,10	2,70	0,06	106,06	28,29	12,03	6,54
		C ₂	50-80	7,78	7,56	0,161	0,99	6,01	2,94	0,03	179,44	25,58	19,07	7,92
		C ₂	80-117	7,75	7,47	0,144	0,65	6,04	2,72	0,06	103,34	27,66	22,09	8,81

Lokalitet	Tip zemljišta	Horizont	Dubina (cm)	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	EC (dSm ⁻¹)	Humus %	C %	Org. C %	N %	C/N	CaCO ₃ %	P ₂ O ₅ mg/100gr	K ₂ O mg/100gr
SLB	Fluvisol	(A)	0-10	7,80	7,43	0,218	1,27	3,87	1,45	0,08	51,13	20,16	17,63	13,92
		C ₁	10-14	7,70	7,38	0,236	1,66	4,83	2,32	0,13	37,38	20,86	18,66	13,84
		C ₁	14-29	7,67	7,27	0,211	2,35	4,67	2,54	0,19	24,07	17,74	23,23	17,00
		C ₁	29-49	7,78	7,34	0,175	1,69	4,52	1,99	0,13	35,73	21,13	23,43	13,27
		C ₂	49-69	7,84	7,40	0,147	1,31	4,52	2,16	0,10	45,53	19,68	21,68	12,14
		C ₂	69-112	7,81	7,39	0,146	1,38	4,60	2,16	0,12	39,50	20,38	25,98	13,03
ŽUP	Eutrični kambisol	Aum	0-10	7,65	7,27	0,251	2,40	3,73	2,36	0,16	23,95	11,45	24,20	16,60
		Aum	10-20	7,73	7,28	0,198	2,00	3,67	2,17	0,16	22,77	12,52	23,89	14,33
		Aum	20-30	7,69	7,26	0,197	2,03	3,91	2,36	0,18	21,73	12,93	24,38	13,76
		(B) _v	30-60	7,85	7,30	0,152	1,24	3,14	1,59	0,10	30,04	12,93	4,92	14,41
		C	60-105	7,90	7,42	0,162	0,99	3,46	1,78	0,06	61,47	13,99	2,62	10,03
SRM	Fluvisol	(A)	0-10	7,65	7,34	0,450	1,68	3,32	1,91	0,17	19,48	11,69	27,21	16,27
		C ₁	10-20	7,78	7,31	0,257	1,97	3,18	1,76	0,13	25,15	11,89	22,52	14,57
		C ₂	20-30	7,90	7,34	0,216	1,76	3,44	1,86	0,13	26,43	13,15	28,02	14,08
		C ₃	30-80	7,91	7,49	0,337	1,84	4,00	2,04	0,15	27,31	16,29	35,34	12,22
		C ₄	80-93	8,16	7,81	0,230	0,77	3,01	1,05	0,05	63,82	16,27	15,69	9,30
		C ₅	93-110	8,26	7,61	0,394	0,44	2,05	0,87	0,03	60,39	9,81	71,04	33,07
ŠAB	Fluvisol	(A)	0-10	7,69	7,25	0,316	1,85	3,25	2,00	0,18	17,89	10,44	23,92	23,49
		(A)	10-20	7,72	7,27	0,287	1,93	3,58	2,18	0,18	19,84	11,69	26,05	17,41
		(A)	20-30	7,81	7,28	0,196	2,00	3,15	1,79	0,13	23,55	11,27	25,61	15,95
		C ₁	30-75	7,79	7,26	0,220	1,95	3,38	1,97	0,18	19,13	11,68	21,74	16,92
		C ₁	75-77	7,74	7,36	0,306	4,86	6,71	4,30	0,12	54,68	20,03	30,76	16,19
		Go	77-135	7,78	7,28	0,271	2,33	3,72	2,27	0,15	24,78	12,10	25,07	16,36
BEO	Fluvisol	(A)	0-10	7,60	7,16	0,315	2,35	3,58	2,48	0,23	15,84	9,18	18,42	25,20
		(A)	10-20	7,66	7,18	0,219	2,68	3,53	2,30	0,22	16,33	10,25	20,91	21,47
		(A)	20-30	7,71	7,12	0,204	2,08	3,23	2,17	0,20	16,37	8,80	22,96	21,06
		C ₁	30-60	7,74	7,18	0,163	2,15	3,07	1,89	0,16	19,67	9,84	23,14	18,38
		C ₂	60-105	7,77	7,25	0,213	1,58	2,90	1,77	0,12	25,20	9,42	31,39	19,28

Vrednosti ACE (kiseli izmenljivi katjoni) u uzorcima zemljišta u profilima na istraživanim lokalitetima su se kretale od 0,31 cmol (+) kg⁻¹ na lokalitetu LIT do 8,43 cmol(+) kg⁻¹ na lokalitetu MOJ (Tabela 9). Vrednosti BCE (bazni izmenljivi katjoni) su se kretale od 0 cmol (+) kg⁻¹ na lokalitetu LIT do 0,60 cmol (+) kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetima MOJ i ČAT. Vrednosti ukupnog kapaciteta katjonske razmene (CEC) su bile u opsegu od 0,31 koliko je izmereno na lokalitetu LIT do 9,04 na lokalitetu MOJ (Tabela 9). Zasićenost bazama u ispitivanim površinskim slojevima zemljišta je generalno bila vrlo visoka i kretala se od 81,23 % na lokalitetu RAD do 100% na lokalitetu LIT (Tabela 9).

Tabela 9. Parametri adsorptivnog kompleksa ispitivanog zemljišta iz profila na istraživanim lokalitetima

Lokalitet	Tip zemljišta	Horizont	Dubina	BCE	ACE	CEC	BS %
				cmol (+) kg ⁻¹			
MOJ	Rendzina	Amo	0-10	8,43	0,60	9,04	93,31
RAD	Euglej	Aum	0-10	1,39	0,12	1,51	92,03
		Aum	10-20	1,65	0,26	1,92	86,25
		Gso	20-40	1,31	0,29	1,59	81,97
		Gso	40-68	1,04	0,24	1,28	81,23
LIT	Fluvisol	(A)	0-10	0,97	0,14	1,12	87,10
		(A)	10-20	1,31	0,00	1,31	100,00
		(A)	20-30	0,41	0,00	0,41	100,00
		I	30-50	0,50	0,00	0,50	100,00
		II	50-70	0,38	0,00	0,38	100,00
		III	70-90	0,31	0,00	0,31	100,00
VRH	Fluvisol	(A)	0-10	1,97	0,24	2,21	89,11
		(A)	10-20	2,20	0,29	2,49	88,40
		(A)	20-30	2,15	0,36	2,51	85,65
ČAT	Fluvisol	(A)	0-10	2,41	0,48	2,89	83,38
		(A)	10-20	2,21	0,19	2,40	91,99
		(A)	20-30	2,76	0,24	3,00	91,99
		(A)	30-45	3,13	0,36	3,49	89,67
		C ₁	45-87	5,49	0,60	6,10	90,15
ZAG	Fluvisol	(A)	0-10	1,08	0,12	1,20	89,99
		(A)	10-20	1,62	0,12	1,74	93,08
		(A)	20-30	1,92	0,24	2,16	88,90
		C ₁	30-50	2,17	0,31	2,48	87,41
		C ₂	50-70	1,73	0,26	1,99	86,74
		C ₃	70-116	1,15	0,17	1,32	87,25
JAS	Fluvisol	O	0-7	1,83	0,17	2,00	91,57
		(A)	7-16	1,22	0,24	1,46	83,51
		(A)	16-30	2,46	0,26	2,73	90,29
		C ₁	30-50	1,23	0,22	1,44	85,02
		C ₂	50-80	1,40	0,24	1,64	85,37
		C ₂	80-117	1,60	0,24	1,84	86,95
SLB	Fluvisol	(A)	0-10	2,50	0,14	2,64	94,53
		C ₁	10-14	3,03	0,36	3,39	89,36
		C ₁	14-29	3,59	0,53	4,12	87,15
		C ₁	29-49	3,29	0,31	3,60	91,32
		C ₂	49-69	2,49	0,24	2,73	91,22
		C ₂	69-112	3,09	0,41	3,50	88,35
ŽUP	Eutrični kambisol	Aum	0-10	3,57	0,48	4,05	88,15
		Aum	10-20	3,38	0,36	3,74	90,38
		Aum	20-30	3,63	0,36	3,99	90,98
		(B)v	30-60	3,20	0,36	3,56	89,87
		C	60-105	2,53	0,14	2,67	94,61

Lokalitet	Tip zemljišta	Horizont	Dubina	BCE	ACE	CEC	BS %
				cmol (+) kg ⁻¹			
SRM	Fluvisol	(A)	0-10	3,86	0,36	4,22	91,45
		C ₁	10-20	3,34	0,38	3,72	89,68
		C ₂	20-30	3,67	0,24	3,91	93,85
		C ₃	30-80	4,19	0,26	4,45	94,05
		C ₄	80-93	1,93	0,24	2,17	88,94
		C ₅	93-110	3,52	0,00	3,52	99,99
ŠAB	Fluvisol	(A)	0-10	3,24	0,51	3,74	86,50
		(A)	10-20	3,08	0,43	3,51	87,68
		(A)	20-30	2,86	0,48	3,34	85,61
		C ₁	30-75	3,51	0,38	3,89	90,11
		C ₁	75-77	3,14	0,27	3,40	92,18
		Go	77-135	2,78	0,48	3,27	85,27
BEO	Fluvisol	(A)	0-10	3,17	0,48	3,65	86,83
		(A)	10-20	3,65	0,51	4,16	87,84
		(A)	20-30	3,56	0,50	4,07	87,59
		C ₁	30-60	3,24	0,43	3,67	88,23
		C ₂	60-105	3,03	0,36	3,39	89,37

Kao i u slučaju fizičkih osobina zemljišta iz istih razloga su određivane hemijske karakteristike u slojevima zemljišta istraživanih lokaliteta od 0-10, 10-20 i 20-30 cm. Reakcija zemljišta u vodenom rastvoru kretala se od 7,23 na lokalitetu BOH na dubini od 0 – 30 cm do 8,08 na lokalitetu SLB na dubini od 20 – 30 cm, što proučavana zemljišta klasifikuje u grupu neutralnih do jako alkalnih zemljišta (US Soil Survey Division Staff, 2017). Supstituciona kiselost (pH u KCl) se kretala od 7,03 na lokalitetu BOH na dubini od 0 – 30 cm do 7,59 na lokalitetu RAD na dubini od 10 – 20 cm, te su proučavana zemljišta klasifikovana kao neutralno do umereno alkalna zemljišta (US Soil Survey Division Staff, 2017) (Tabela 10). Ukoliko se posmatra i aktivna i supstituciona kiselost može se uočiti da postoji trend povećanja vrednosti sa povećanjem dubine zemljišta i to na lokalitetima donjeg dela toka dok na lokalitetima gornjeg dela toka vrednosti pH uglavnom opadaju sa povećanjem dubine (Tabela 10).

Sadržaj rastvorljivih soli u ispitivanim zemljištima se kretao od 0,140 dS/m na lokalitetu ZAG na dubini od 10 – 20 cm do 0,360 dS/m na lokalitetu ŽUP na dubini od 0 – 10 cm (Tabela 10). Na odabranim lokalitetima duž reke Save uočljiv je jasan trend opadanja vrednosti EC sa dubinom profila.

Sadržaj organske materije u zemljištima je okarakterisan kroz procenat humusa u zemljištu i vrednosti su se kretale od 0,65 % na lokalitetu SLB na dubini od 20 – 30 cm do 2,89 % na lokalitetu ŽUP na dubini od 0 – 10 cm (Tabela 10). Generalno posmatrano, količina humusa je bila niska ne prelazeći 5 % na najvećem broju lokaliteta, stoga prema klasifikaciji ispitivana zemljišta pripadaju klasi slabo humusnih zemljišta (klasifikacija prema Gračanin, 1945). Na skoro svim istraživanim lokalitetima sadržaj humusa opadao je sa povećanjem dubine, jedini izuzetak bio je lokalitet SRM gde se uočava da se sa povećanjem dubine povećava i sadržaj humusa (Tabela 10).

Količine ukupnog i organskog ugljenika u ispitivanim zemljištima kretale su se u približno sličnom opsegu, pri čemu su količine organskog ugljenika bile nešto manje u odnosu na ukupni. Minimalni sadržaj ukupnog ugljenika u ispitivanim zemljištima izmeren je na lokalitetu ŽUP na dubini od 20 – 30 cm i iznosio je 3,17 %, dok je maksimalni sadržaj izmeren na lokalitetu BOH na dubini od 0 – 30 cm i iznosio je 10,48 % (Tabela 10). Sadržaj ukupnog ugljenika u uzorcima zemljišta u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm se smanjivao sa povećanjem dubine na većini lokaliteta dok je na lokalitetima RAD, LIT i ZAG uočeno da se sa povećanjem dubine povećava i sadržaj ukupnog ugljenika (Tabela 10). Sadržaj organskog ugljenika bio je u opsegu od 1,29 % koliko je izmereno na lokalitetu BEO na dubini od 20 – 30 cm do 5,89 % koliko je izmereno na lokalitetu BOH na dubini od 0 – 30 cm (Tabela 10), pri čemu se jasno uočava trend opadanja sadržaja organskog ugljenika

idući ka donjem delu toka, takođe jasno je uočljiv i trend opadanja sadržaja organskog ugljenika i po dubini.

U zemljištima na ispitivanim lokalitetima količina azota se kretala u opsegu od 0,08 % do 0,28 % uz tendenciju opadanja sa dubinom profila (Tabela 10). Zemljišta na većini ispitivanih lokaliteta pripadaju klasi dobro obezbeđenih, dok zemljišta u donjem delu toka pripadaju klasi bogatih azotom (Klasifikacija po Wohltmann-u). Odnos C/N je generalno povoljan, s obzirom da zemljišta na većini lokaliteta pripadaju prvoj (C/N < 16), drugoj (C/N 17-24) i trećoj klasi (C/N 25-30), sa izuzetkom zemljišta na lokalitetima BOH i RAD koja nemaju povoljan odnos C/N i pripadaju petoj klasi (> 40) (Tabela 10). Analizirajući sadržaj azota u ispitivanim uzorcima zemljišta u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm uočava se jasno izražen trend smanjenja sadržaja N sa povećanjem dubine i to na svim istraživanim lokalitetima (Tabela 10). S druge strane dolazi do širenja odnosa C/N sa dubinom profila, na skoro svim istraživanim lokalitetima.

Sadržaj CaCO₃ u zemljištima se kretao u opsegu od 9,32 % na lokalitetu ŽUP na dubini od 0 – 10 cm do 44,40 % na lokalitetu RAD na dubini od 0 – 10 cm, pri čemu je uočen generalni trend opadanja sadržaja kalcijum karbonata idući od gornjeg ka donjem delu toka reke (Tabela 10). Prema klasifikaciji Škorić et al. (1985), zemljišta u gornjem i srednjem delu toka reke Save pripadaju veoma karbontanim zemljištima dok su zemljišta donjeg dela toka umereno karbonatna, što je donekle svojstveno za površinske slojeve aluvijalnih zemljišta. Sadržaj karbonata u zemljištu varira u odnosu na dubinu zemljišta ali i u odnosu na lokalitet bez jasno uočljivog trenda (Tabela 10).

Najniži sadržaj P u zemljištu izmeren je na lokalitetu RAD na dubini od 20 – 30 cm i iznosio je 244,57 mg kg⁻¹ dok je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu SRM na dubini od 0 – 10 cm i to 1704,59 mg kg⁻¹. Sa povećanjem dubine zemljišta sadržaj P se smanjuje u uzorcima zemljišta i to na većini istraživanih lokaliteta. Na lokalitetima ČAT i SLB najniži sadržaj P izmeren je u površinskim slojevima od 0-10 cm. Posmatrajući prostornu distribuciju fosfora u zemljištu uočava se trend povećanja sadržaja idući od izvora ka ušću.

Tabela 10. Hemijske karakteristike zemljišta na ispitivanim lokalitetima u slojevima na dubini od 0-10, 10-20 i 20-30 cm

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	EC (dSm ⁻¹)	Humus %	C %	Org. C %	N %	C/N	CaCO ₃ %	P mg kg ⁻¹
BOH	Rendzina	0-30	7,23	7,03	0,304	2,37	10,48	5,89	0,14	73,36	38,25	311,42
RAD	Euglej	0-10	7,67	7,53	0,227	1,64	9,07	3,74	0,10	93,07	44,40	276,51
		10-20	7,84	7,59	0,189	0,95	8,94	4,77	0,10	94,04	34,75	259,68
		20-30	7,91	7,57	0,185	0,91	9,17	4,05	0,09	105,05	42,67	244,57
LIT	Fluvisol	0-10	7,62	7,49	0,187	1,23	5,35	2,47	0,11	47,58	24,06	396,66
		10-20	7,72	7,55	0,150	0,95	5,18	2,17	0,10	50,08	25,04	383,60
		20-30	7,71	7,48	0,150	1,12	5,34	2,30	0,11	47,38	25,32	360,09
ČAT	Fluvisol	0-10	7,58	7,35	0,247	2,76	6,20	3,06	0,15	40,95	26,17	466,86
		10-20	7,68	7,39	0,231	1,93	6,41	3,02	0,15	43,43	28,26	962,00
		20-30	7,62	7,34	0,223	2,38	5,98	3,06	0,15	39,20	24,31	1194,93
ZAG	Fluvisol	0-10	7,70	7,50	0,154	1,75	6,97	3,55	0,12	57,84	28,47	938,14
		10-20	7,69	7,45	0,136	2,02	6,85	3,09	0,14	49,47	31,38	960,68
		20-30	7,70	7,47	0,184	1,49	7,04	3,53	0,12	56,41	29,27	917,07
JAS	Fluvisol	0-10	7,69	7,38	0,221	2,02	6,48	2,84	0,18	36,63	30,33	947,33
		10-20	7,72	7,43	0,200	2,59	6,15	2,78	0,16	37,29	28,03	833,37
		20-30	7,85	7,50	0,175	1,82	5,77	2,26	0,10	59,08	29,22	748,15
SLB	Fluvisol	0-10	7,77	7,23	0,231	1,73	4,51	2,46	0,18	25,05	17,05	1096,88
		10-20	7,78	7,25	0,223	1,49	4,28	2,22	0,16	27,41	17,15	993,69
		20-30	8,08	7,28	0,215	0,65	3,80	1,80	0,11	33,22	16,64	1127,66
ŽUP	Eutični kambisol	0-10	7,61	7,14	0,356	2,89	4,33	3,21	0,28	15,38	9,32	1521,49
		10-20	7,47	7,18	0,243	2,62	3,24	2,06	0,19	16,75	9,84	1265,42
		20-30	7,57	7,17	0,229	1,59	3,17	1,96	0,17	18,46	10,05	1211,44
SRM	Fluvisol	0-10	7,67	7,26	0,323	2,17	4,05	2,74	0,20	19,99	10,89	1704,59
		10-20	7,37	7,28	0,328	2,36	4,22	2,84	0,23	18,75	11,53	1620,08
		20-30	7,63	7,35	0,275	2,46	3,40	1,97	0,14	23,91	11,93	1402,79
BEO	Fluvisol	0-10	7,49	7,29	0,267	1,88	3,89	2,36	0,19	20,80	12,78	1333,12
		10-20	7,68	7,38	0,233	1,53	3,64	1,76	0,13	28,51	15,69	1141,46
		20-30	7,73	7,42	0,197	1,03	3,68	1,29	0,08	45,49	19,88	949,41

Vrednosti ACE (kiseli izmenljivi katjoni) u uzorcima zemljišta u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm su se kretale od 1,26 cmol (+) kg⁻¹ na lokalitetu RAD do 4,07 cmol (+) kg⁻¹ na lokalitetu ŽUP (Tabela 11). Vrednosti BCE (bazni izmenljivi katjoni) su se kretale od 0 cmol (+) kg⁻¹ na lokalitetu LIT do 0,72 cmol (+) kg⁻¹ na lokalitetu ŽUP (Tabela 11). Vrednosti ukupnog kapaciteta katjonske razmene (CEC) su bile u opsegu od 1,27 koliko je izmereno na lokalitetu LIT do 4,79 na lokalitetu ŽUP (Tabela 11). Zasićenost bazama u ispitivanim površinskim slojevima zemljišta je generalno bila vrlo visoka i kretala se od 82,63 % na lokalitetu BEO do 99,98% na lokalitetu LIT (Tabela 11).

Tabela 11. Parametri adsorptivnog kompleksa zemljišta na ispitivanim lokalitetima u slojevima na dubini od 0-10, 10-20 i 20-30 cm

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina	BCE	ACE	CEC	BS %
			cmol (+) kg ⁻¹			
BOH	Rendzina	0-30	1,68	0,27	1,95	86,37
		0-10	1,26	0,24	1,50	83,94
		10-20	1,32	0,05	1,36	96,46
RAD	Euglej	20-30	1,41	0,05	1,46	96,71
		0-10	1,31	0,02	1,33	98,15
		10-20	1,27	0,00	1,27	99,98
LIT	Fluvisol	20-30	1,31	0,19	1,50	87,18
		0-10	1,71	0,24	1,95	87,64
		10-20	1,70	0,24	1,94	87,58
ČAT	Fluvisol	20-30	2,17	0,24	2,41	90,04
		0-10	1,34	0,19	1,53	87,44
		10-20	1,70	0,24	1,94	87,62
ZAG	Fluvisol	20-30	1,61	0,12	1,73	93,07
		0-10	1,75	0,24	1,99	87,89
		10-20	1,54	0,24	1,78	86,49
JAS	Fluvisol	20-30	1,31	0,05	1,36	96,46
		0-10	2,82	0,36	3,18	88,66
		10-20	3,17	0,26	3,43	92,31
SLB	Fluvisol	20-30	2,72	0,29	3,01	90,42
		0-10	4,07	0,72	4,79	84,94
		10-20	3,68	0,50	4,18	87,94
ŽUP	Eutrični kambisol	20-30	3,75	0,38	4,13	90,70
		0-10	3,40	0,48	3,88	87,60
		10-20	3,37	0,48	3,85	87,51
SRM	Fluvisol	20-30	2,97	0,48	3,45	86,05
		0-10	3,09	0,48	3,57	86,56
		10-20	2,96	0,48	3,44	86,04
BEO	Fluvisol	20-30	2,40	0,50	2,90	82,63

Na istraživanom području rendzine su zastupljene u gornjem delu toka, na lokalitetima BOH i MOJ. Reakcija zemljišta u vodenom rastvoru kretala se u opsegu od 7,19 do 7,23 dok se supstitucionalna kiselost kretala u opsegu od 7,01 do 7,03. Sadržaj rastvorljivih soli u ispitivanim rendzinama se kretao u opsegu od 0,304 do 0,343 dSm⁻¹. Sadržaj organske materije kretao se u opsegu od 2,37% do 21%, sadržaj ukupnog ugljenika se kretao u opsegu od 5,89% do 20,13% dok se sadržaj organskog ugljenika kretao u opsegu od 5,89% do 20,13%. Sadržaj azota je bio u opsegu od 0,14% do 1,43% a odnos C/N u opsegu od 17,95 do 73,36. Sadržaj CaCO₃ bio je visok i kretao se u opsegu od 33,05% do 38,25%. Sadržaj lakopristupačnog fosfora u rendzinama bio je u proseku oko 12

mg/100gr dok je sadržaj lakopristupačnog kalijuma bio oko 41 mg/100gr. Vrednosti ukupnog kapaciteta katjonske razmene (CEC) su se kretale u opsegu od 1,95 do 9,05 dok je zasićenost bazama bila u opsegu od 86,37% do 93,31%.

Reakcija zemljišta u vodenom rastvoru - pH(H₂O) u euglejnim zemljištima na lokalitetu RAD kretala se u opsegu od 7,67 do 7,97 dok se supstituciona kiselost – pH(KCl) kretala od 7,53 do 7,72. Sadržaj rastvorljivih soli u ispitivanim zemljištima bio je u opsegu od 0,115 do 0,275 dSm⁻¹. Sadržaj organske materije u ovim zemljištima kretao se u proseku od 0,91 do 1,64%, sadržaj ukupnog ugljenika se kretao u proseku od 8,94% do 9,39% dok se sadržaj organskog ugljenika kretao u proseku od 3,74% do 4,77%. Sadržaj azota je bio nizak, kretao se u opsegu od 0,06% do 0,12%, ukazujući da su ova zemljišta slabo obezbeđena azotom a odnos C/N je bio vrlo širok i kretao se u opsegu od 73,10 do 142,54. Sadržaj CaCO₃ bio je u opsegu od 34,75% do 44,40% ukazujući da su ova zemljišta veoma karbonatna. Vrednosti ukupnog kapaciteta katjonske razmene (CEC) su bile u opsegu od 1,28 do 1,92 dok je zasićenost bazama bila u opsegu od 81,23% do 96,71%.

Aluvijalna zemljišta odnosno fluvisoli su dominantni tip zemljišta na istraživanom području i definisana su na lokalitetima VRH, LIT, ČAT, ZAG, JAS, SLB, SRM, ŠAB i BEO. Aktivna kiselost se kretala u opsegu od 7,37 do 8,47 dok se supstituciona kiselost kretala u opsegu od 7,12 do 8,38, ukazujući da su ova zemljišta neutralna do umereno alkalna. Sadržaj rastvorljivih soli je bio u opsegu od 0,062 do 0,450 dSm⁻¹. Sadržaj organske materije je generalno bio nizak i kretao se u opsegu od 0,31% do 4,86%. Sadržaj ukupnog ugljenika bio je u proseku od 2,05% do 9,39% dok je sadržaj organskog ugljenika bio u proseku od 1,05% do 7,89%. Sadržaj azota u ispitivanim zemljištima bio je u opsegu od 0,02% do 0,23% dok je odnos C/N dosta varirao i kretao se u opsegu od 15,84 do 277,32. Sadržaj CaCO₃ je bio u opsegu od 8,80% u fluvisolima u donjem delu toka do 32,95% u fluvisolima u gornjem delu toka. Vrednosti ukupnog kapaciteta katjonske razmene (CEC) su bile u opsegu od 0,31 do 6,10 dok je zasićenost bazama bila u opsegu od 82,63% do 100%.

Eutrični kambisol se javlja u donjem delu toka reke i u ovim zemljištima aktivna kiselost se kretala u opsegu od 7,47 do 7,90 dok se supstituciona kiselost kretala u opsegu od 7,14 do 7,42 ukazujući da su ova zemljišta neutralna do blago alkalna. Sadržaj rastvorljivih soli bio je u opsegu od 0,152 do 0,356 dSm⁻¹. Sadržaj organske materije u ispitivanim zemljištima je bio nizak i kretao se u opsegu od 0,99% do 2,89%, ukupan ugljenik se kretao u proseku od 3,14% do 4,33% dok se sadržaj organskog ugljenika kretao u opsegu od 1,59% do 3,21%. Sadržaj azota je bio u opsegu od 0,06% do 0,28% dok je odnos C/N bio nešto povoljniji i kretao se u opsegu od 15,38 do 61,47. Sadržaj CaCO₃ bio je nizak i kretao se u opsegu od 9,32% do 13,99%. Vrednosti ukupnog kapaciteta katjonske razmene (CEC) su bile u opsegu od 2,67 do 4,79 dok je zasićenost bazama bila u opsegu od 84,94% do 94,61%.

5.3 Fizičko-hemijske karakteristike sedimenta/nanosa

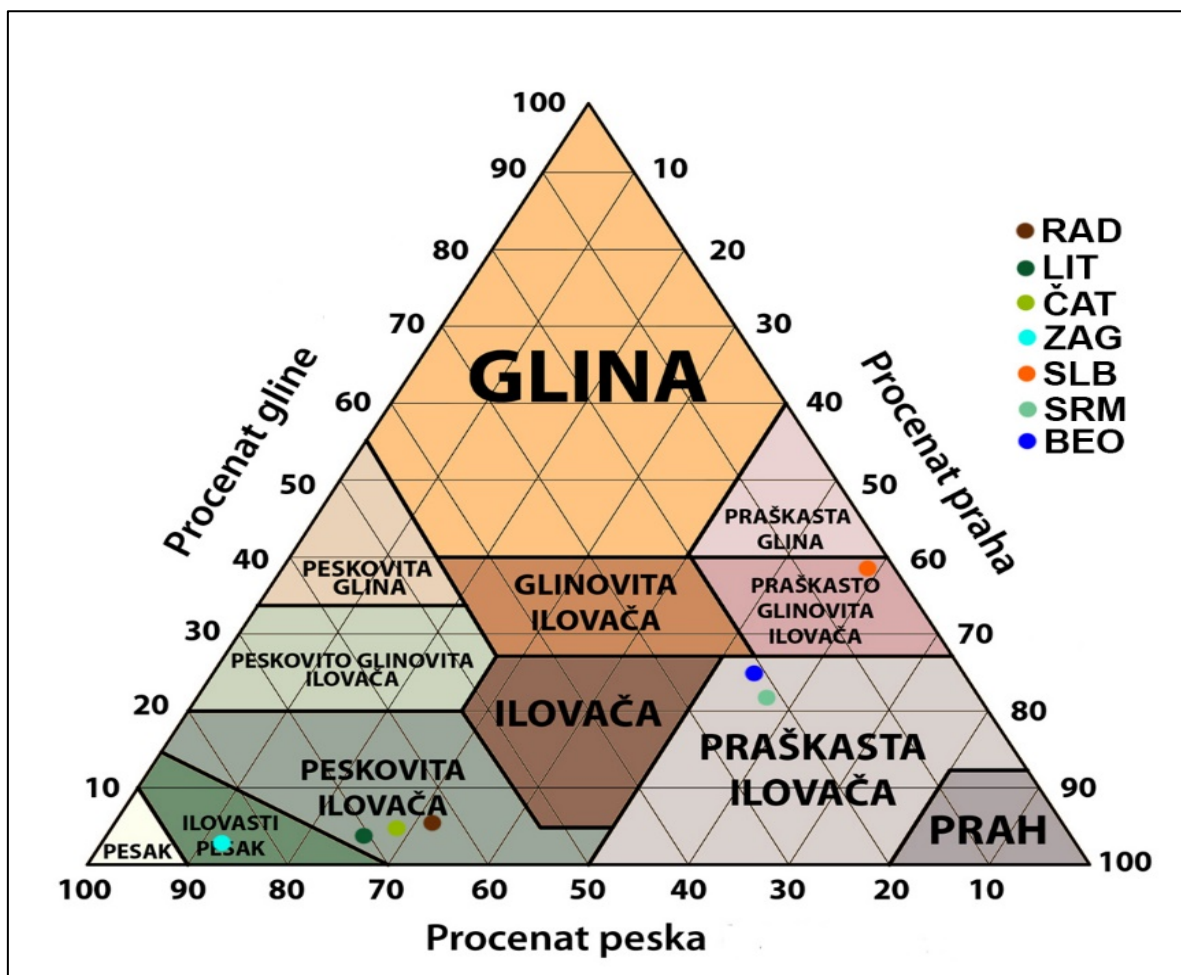
5.3.1. Fizičke karakteristike sedimenta/nanosa

Najniži procenat higroskopne vlage u sedimentu/nanosu uzorkovanim 2014. godine izmeren je na lokalitetu ZAG (0,80 %), dok je najviši procenat higroskopne vlage izmeren na lokalitetu SLB (4,00 %) (Tabela 12). Prostorno posmatrano, uočava se trend povećanja procenta higroskopne vlage na lokalitetima donjeg dela toka. Frakcije peska, praha i gline u proučavanim sedimentima/nanosima imale su visok stepen variranja u zavisnosti od toka reke Save i lokaliteta.

Udeo krupnog peska u ispitivanim uzorcima kretao se u opsegu od 0,66% na lokalitetu BEO do 34,70 na lokalitetu ZAG. Udeo sitnog peska u proučavanim uzorcima kretao se u opsegu od 2,66% na lokalitetu SLB do 68,66% na lokalitetu LIT (Tabela 12). Procenat ukupnog peska je varirao od minimalnih 3 % na lokalitetu SLB do 86,31% na lokalitetu ZAG.

Udeo frakcije praha I (0,063-0,02 mm) varirao je u opsegu od 4,33% na lokalitetu ZAG do 15,23 % na lokalitetu SRM. Udeo frakcije praha II (0,02-0,006 mm) varirao je u opsegu od 3,58% na lokalitetu ZAG do 24,34 % na lokalitetu SLB. Udeo frakcije praha III (0,006-0,002 mm) varirao je u opsegu od 2,08% na lokalitetu ZAG do 26,36 % na lokalitetu SLB (Tabela 12). Procenat ukupnog praha je varirao od 9,99% na lokalitetu ZAG do 59,42% na lokalitetu SLB dok je u proučavanim uzorcima procenat gline najniži bio na lokalitetu LIT i to 3,30% dok je najviši bio na lokalitetu SLB gde je iznosio 37,58% (Tabela 12).

Na osnovu rezultata granulometrijskog sastava površinskog sedimenta/nanosa, primetno je dominantno učešće frakcije peska i praha na lokalitetima u gornjem delu toka reke, dok je u donjem delu toka najdominantnije učešće frakcije gline. Proučavani sedimenti/nanosi su klasifikovani u odnosu na procentualno učešće frakcija peska, praha i gline a rezultati su prikazani pomoću teksturnog trougla (Slika 9). Proučavani sedimenti/nanosi prema klasifikaciji najvećim delom pripadaju teksturnoj klasi peskovite ilovače i praškaste ilovače.



Slika 9. Pozicija ispitivanog sedimenta/nanosa na istraživanim lokalitetima u trouglu za određivanje teksturne pripadnosti - 2014. godina

Tabela 12. Fizičke karakteristike sedimenta/nanosa na ispitivanim lokalitetima u 2014. godini

Lokalitet	Dubina (cm)	Higroskopna vlaga %	Pesak u %		Prah u %			Glina % <0.002 (mm)	Ukupan prah %	Ukupan pesak %	Teksturna klasa
			Krupan pesak	Sitan pesak	Prah I	Prah II	Prah III				
			2-0,2 mm	0,2-0,063 mm	0,063-0,02 mm	0,02-0,006 mm	0,006-0,002 mm				
RAD	0-30	1,50	11,76	50,92	14,56	9,61	6,72	6,43	30,89	62,68	PI
LIT	0-30	1,30	2,83	68,66	13,71	8,67	2,83	3,30	25,21	71,49	PI
ČAT	0-30	1,70	7,78	58,65	10,98	9,71	7,42	5,46	28,11	66,43	PI
ZAG	0-30	0,80	34,70	51,61	4,33	3,58	2,08	3,70	9,99	86,31	IP
SLB	0-30	4,00	0,34	2,66	8,72	24,34	26,36	37,58	59,42	3,00	PrGI
SRM	0-30	2,90	0,67	21,37	15,23	23,72	15,50	23,51	54,45	22,04	IPr
BEO	0-30	3,40	0,66	20,84	11,71	22,10	19,24	25,45	53,05	21,50	IPr

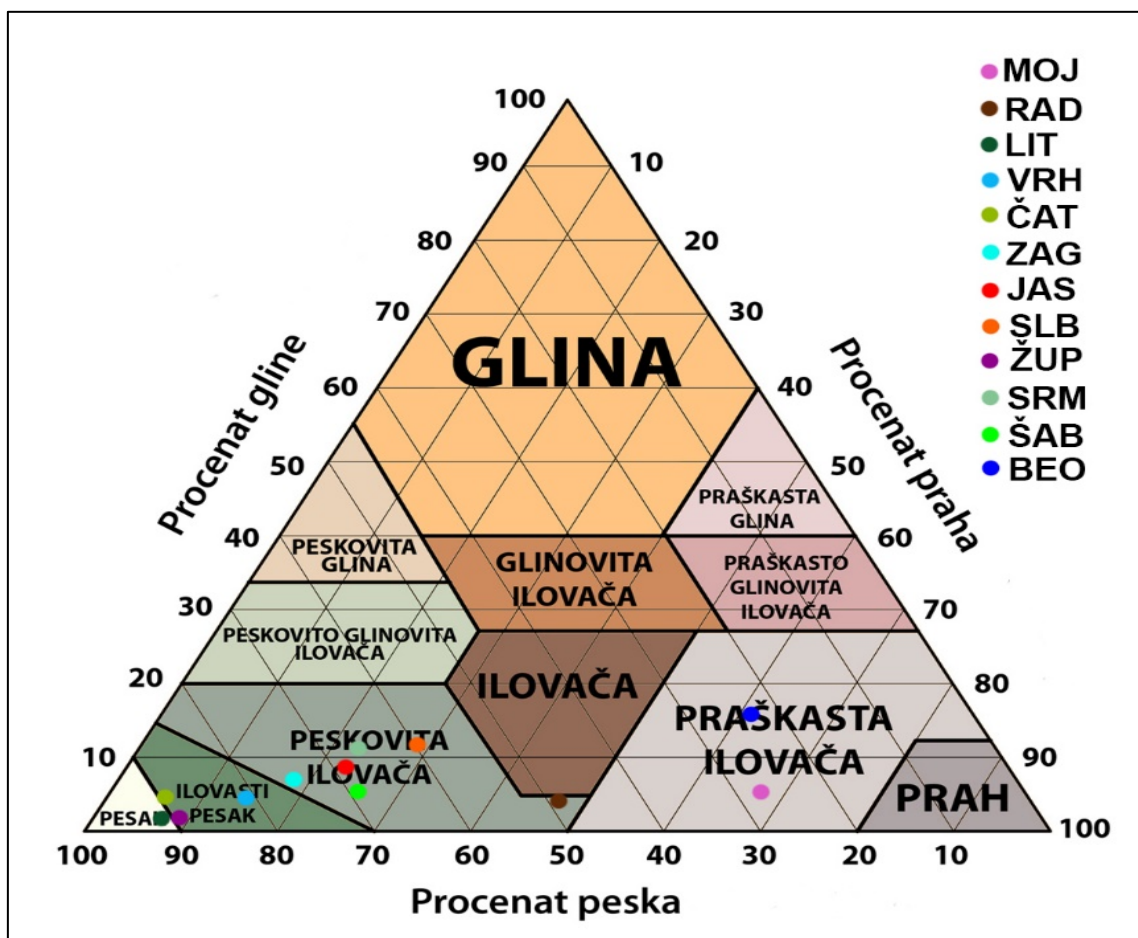
PI – Peskovita ilovača; IP – Ilovasti pesak; PrGI – Praškasto glinovita ilovača; IPr – Praškasta ilovača

Najniži procenat higroskopne vlage u sedimentu/nanosu uzorkovanim 2015. godine izmeren je na lokalitetu ČAT (0,8%), dok je najviši procenat izmeren na lokalitetu BEO (3,4%) (Tabela 13). Prostorno posmatrano, uočava se da procenat higroskopne vlage raste idući nizvodno. Frakcije peska, praha i gline u proučavanom sedimentu/nanosu imale su visok stepen variranja u zavisnosti od toka reke Save i lokaliteta.

Udeo krupnog peska u ispitivanim uorcima kretao se u opsegu od 1,51% na lokalitetu RAD do 38,14 na lokalitetu ČAT. Udeo sitnog peska kretao se u opsegu od 19,68% na lokalitetu BEO do 80,80% na lokalitetu ŽUP (Tabela 13). Procenat ukupnog peska je varirao od 24,39% na lokalitetu BEO do 91,22% na lokalitetu LIT.

Udeo frakcije praha I (0,063-0,02 mm) varirao je u opsegu od 1,26% na lokalitetu LIT do 23,35 % na lokalitetu RAD. Udeo frakcije praha II (0,02-0,006 mm) varirao je u opsegu od 1,88% na lokalitetu LIT do 40,82 % na lokalitetu MOJ. Udeo frakcije praha III (0,006-0,002 mm) varirao je u opsegu od 1,39% na lokalitetu ČAT do 13,25 % na lokalitetu BEO. Procenat ukupnog praha je varirao od 5,73% na lokalitetu LIT do 67,13% na lokalitetu MOJ (Tabela 13). Procenat gline kretao se u opsegu od 2,62% na lokalitetu ŽUP do 16,70% na lokalitetu BEO (Tabela 13). Na osnovu rezultata granulometrijskog sastava sedimenta/nanosa primetno je dominantno učešće frakcije peska na svim lokalitetima, sa izuzetkom MOJ i BEO gde frakcija praha ima najveći udeo. Prostorno posmatrano, sadržaj peska i gline se povećava na lokalitetima idući nizvodno dok se sadržaj praha smanjuje (Tabela 13).

Proučavani sediment/nanos je takođe klasifikovan u odnosu na procentualno učešće frakcija peska, praha i gline i prema klasifikaciji najvećim delom pripadaj teksturnoj klasi peskovite ilovače i peska (Slika 10).



Slika 10. Pozicija ispitivanog sedimenta/nanosa na istraživanim lokalitetima u trouglu za određivanje teksturne pripadnosti - 2015. godina

Tabela 13. Fizičke karakteristike sedimenta/nanosa na ispitivanim lokalitetima u 2015. godini

Lokalitet	Dubina (cm)	Higroskopna vlaga %	Pesak u %		Prah u %			Glina % <0.002 (mm)	Ukupan prah %	Ukupan pesak %	Teksturna klasa
			Krupan pesak	Sitan pesak	Prah I	Prah II	Prah III				
			2-0,2 mm	0,2-0,063 mm	0,063-0,02 mm	0,02-0,006 mm	0,006-0,002 mm				
MOJ	0-30	1,4	4,30	23,86	17,15	40,82	9,16	4,71	67,13	28,16	IPr
RAD	0-30	2,3	1,51	47,84	23,35	14,26	6,98	6,06	44,59	49,35	PI
LIT	0-30	1,2	34,86	56,36	1,26	1,88	2,59	3,05	5,73	91,22	PI
VRH	0-30	1,1	8,05	72,06	5,63	7,30	2,50	4,46	15,43	80,11	IPr
ČAT	0-30	0,8	38,14	50,53	2,83	2,24	1,39	4,87	6,46	88,67	P
ZAG	0-30	1,5	34,06	40,71	3,94	8,76	5,74	6,79	18,44	74,77	PI
JAS	0-30	1,8	11,17	57,44	7,87	9,52	4,95	9,05	22,34	68,61	PI
SLB	0-30	2,2	0,43	59,71	9,72	12,23	6,89	11,02	28,84	60,14	PI
ŽUP	0-30	1,0	8,34	80,80	4,44	2,06	1,74	2,62	8,24	89,14	P
SRM	0-30	2,4	2,49	63,73	5,38	8,74	8,16	11,50	22,28	66,22	PI
ŠAB	0-30	1,7	3,37	66,29	13,85	7,31	4,01	5,17	25,17	69,66	PI
BEO	0-30	3,4	4,71	19,68	21,10	24,56	13,25	16,70	58,91	24,39	IPr

IPr – Praškasta ilovača, PI – Peskovita ilovača; P – Pesak

5.3.2. Hemijske karakteristike sedimenta/nanosa

Aktivna kiselost (pH u H₂O) u uzorcima sedimenta/nanosa uzorkovanog 2014. godine kretala se u opsegu od 7,47 na lokalitetu SLB do 7,87 na lokalitetu ZAG, što proučavani sediment/nanos svrstava u slabo do umereno alkalne (US Soil Survey Division Staff, 2017) (Tabela 14). Supstituciona kiselost (pH u KCl) se kretala u opsegu od 7,18 na lokalitetu SLB do 7,79 na lokalitetu ZAG, te se sediment/nanos prema klasifikaciji može klasifikovati kao neutralni do slabo alkalni (Tabela 14). Vrednosti aktivne i supstitucione kiselosti sedimenta/nanosa nemaju jasno izražen prostorni trend, vrednosti variraju u zavisnosti od lokaliteta.

Sadržaj rastvorljivih soli u ispitivanim uzorcima varirao je u zavisnosti od lokaliteta i kretao se u opsegu od 0,114 dS/m na lokalitetu RAD do 0,589 dS/m na lokalitetu LIT, što ih generalno svrstava u klasu neslanih (US Soil Survey Division Staff, 2017) (Tabela 14). Prostorno posmatrano, sadržaj rastvorljivih soli u uzorcima površinskog sedimenta/nanosa raste idući ka donjem delu toka reke.

Sadržaj organske materije u ispitivanim uzorcima se kretao u opsegu od 1,54 % na lokalitetu SRM do 3,58 % na lokalitetu BEO. Prostorno posmatrano u ispitivanim uzorcima sedimenta/nanosa uočava se porast sadržaja humusa idući ka donjem delu toka reke. Sadržaj ukupnog ugljenika (%C) u ispitivanim uzorcima je bio u opsegu od 3,03 % na lokalitetu SRM do 7,61 % na lokalitetu ČAT, dok je sadržaj organskog ugljenika (%OC) bio u opsegu od 1,93 % do 4,58 %. Najniži sadržaj organskog ugljenika je izmeren na lokalitetu BEO dok je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu ČAT (Tabela 14). Sadržaj ukupnog i organskog ugljenika u sedimentu/nanosu se smanjuje idući ka donjem delu toka (Tabela 14).

Količina ukupnog azota se kretala u opsegu od 0,08 % na lokalitetu ZAG do 0,30 % na lokalitetu SLB, pri čemu je prostorna distribucija sadržaja azota prilično ujednačena duž celog toka sa izuzetkom lokaliteta ZAG (Tabela 14). Prema klasifikaciji, sediment/nanos duž toka reke Save je klasifikovan kao srednje do veoma obezbeđeni azotom. Odnos C/N u ispitivanim uzorcima se ne može tumačiti kao povoljan, s obzirom da na samo malom broju lokaliteta taj odnos pripada prvoj (C/N <16) i drugoj klasi (C/N 17-24) i to u donjem delu toka (Tabela 14). Prostorno posmatrano, sadržaj N u sedimentu/nanosu je ujednačen na čitavom toku bez jasno uočljivog trenda, sadržaj N zavisi od lokaliteta, dok se sa druge strane vrednosti C/N smanjuju tj. odnos C/N se sužava idući ka donjem delu toka.

Sadržaj CaCO₃ u sedimentu/nanosu se kretao u opsegu od 8,70 % na lokalitetu SRM do 29,67 % na lokalitetu RAD. Prostorno posmatrano ne postoji pravilnost u distribuciji sadržaja CaCO₃ idući od izvora ka ušću reke Save (Tabela 14). Prema klasifikaciji Škorić et al. (1985) sediment/nanos na lokalitetima RAD, ČAT i ZAG pripada kategoriji veoma karbonatnih sedimenata dok na ostalim lokalitetima sediment/nanos pripada klasi umereno karbonatnih. Sadržaj karbonata u sedimentima/nanosu na prostornom gradijentu ukazuje na trend smanjenja idući ka donjem delu toka reke.

Sadržaj P u ispitivanim uzorcima se kretao od minimalnih 710,84 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ZAG do maksimalnih 1735,38 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu SLB (Tabela 14). Prostorno posmatrano sadržaj fosfora u sedimentu/nanosu varira u zavisnosti od lokaliteta ali je uočljiv trend povećanja sadržaja P na lokalitetima donjeg dela toka.

Tabela 14. Hemijske karakteristike sedimenta/nanosa u 2014. godini

Lokalitet	Dubina (cm)	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	EC (dSm ⁻¹)	Humus %	C %	org. C %	N %	C/N	CaCO ₃ %	P mg kg ⁻¹
RAD	0-30	7,62	7,44	0,114	2,08	7,58	4,02	0,16	45,98	29,67	807,23
LIT	0-30	7,48	7,34	0,589	2,51	4,17	3,02	0,13	32,45	9,59	833,58
ČAT	0-30	7,67	7,36	0,352	3,01	7,61	4,58	0,21	36,88	25,29	1059,86
ZAG	0-30	7,87	7,79	0,249	1,86	6,55	3,47	0,08	87,11	25,72	710,84
SLB	0-30	7,47	7,18	0,513	3,21	4,27	3,19	0,30	14,11	9,01	1735,38
SRM	0-30	7,56	7,23	0,394	1,54	3,03	1,98	0,17	18,29	8,70	1175,96
BEO	0-30	7,50	7,19	0,458	3,58	3,20	1,93	0,19	16,54	10,59	1414,73

Vrednosti ACE (kiseli izmenljivi katjoni) su se kretale od 0 cmol (+) kg⁻¹ na lokalitetu ZAG do 4,68 cmol(+) kg⁻¹ na lokalitetu SLB. Vrednosti BCE (bazni izmenljivi katjoni) su se kretale od 0.10 cmol (+) kg⁻¹ na lokalitetu ZAG do 0,53 cmol (+) kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu SLB. Vrednosti ukupnog kapaciteta katjonske razmene (CEC) su bile u opsegu od 0,10 koliko je izmereno na lokalitetu ZAG do 5,21 na lokalitetu SLB (Tabela 15). Zasićenost bazama u ispitivanim uzorcima je generalno bila vrlo visoka sa izuzetkom lokaliteta ZAG gde je bila 2,52 %. Najveći procenat zasićenosti bazama izmeren je na lokalitetu BEO (94,17%) (Tabela 15).

Tabela 15. Parametri adsorptivnog kompleksa u sedimentu/nanosu u 2014. godini

Lokalitet	Dubina (cm)	BCE	ACE	CEC	BS %
		cmol (+) kg ⁻¹			
RAD	0-30	2,15	0,43	2,58	83,22
LIT	0-30	2,06	0,14	2,21	93,43
ČAT	0-30	2,05	0,20	2,25	91,15
ZAG	0-30	0,00	0,10	0,10	2,52
SLB	0-30	4,68	0,53	5,21	89,79
SRM	0-30	2,78	0,45	3,22	86,17
BEO	0-30	3,41	0,21	3,62	94,17

Aktivna kiselost (pH u H₂O) ispitivanog sedimenta/nanosa uzorkovanog 2015. godine kretala se u opsegu od 7,54 na lokalitetu RAD do 8,28 na lokalitetu ŽUP (Tabela 16), što proučavani sediment/nanos svrstava u slabo do umereno alkalni (US Soil Survey Division Staff, 2017). Supstituciona kiselost (pH u KCl) se kretala u opsegu od 7,27 na lokalitetu BEO do 7,77 na lokalitetu ČAT (Tabela 16), te se sediment/nanos prema ovoj klasifikaciji može klasifikovati kao neutralni do slabo alkalni. Vrednosti aktivne i supstitucione kiselosti nemaju jasno izražen prostorni trend, a vrednosti variraju u zavisnosti od lokaliteta.

Sadržaj rastvorljivih soli u ispitivanim uzorcima varirao je u zavisnosti od lokaliteta i kretao se u opsegu od 0,091 dS/m na lokalitetu ŽUP do 1,501 dS/m na lokalitetu RAD (Tabela 16), što sediment/nanos generalno svrstava u klasu neslanih (US Soil Survey Division Staff, 2017). Na prostornom gradijentu, uočava se da vrednosti EC rastu na gornjem delu toka, zatim na srednjem delu toka dolazi do smanjenja vrednosti EC da bi one opet bile u porastu na donjem delu toka.

Sadržaj organske materije u ispitivanim uzorcima se kretao u opsegu od 3,46% na lokalitetu LIT do 10,28% na lokalitetu SRM. Prostorno posmatrano, u proučavanim uzorcima uočava se porast sadržaja humusa idući ka donjem delu toka reke. Sadržaj ukupnog ugljenika (%C) u ispitivanim uzorcima sedimenta/nanosa bio je u opsegu od 2,85% na lokalitetu ŠAB do 12,13% na lokalitetu MOJ, dok je sadržaj organskog ugljenika (%OC) bio u opsegu od 1,11% do 3,63% (Tabela 16). Najniži sadržaji organskog ugljenika su, kao i kod sadržaja ukupnog ugljenika, izmereni na lokalitetu ŠAB dok su najviši sadržaji izmereni na lokalitetu MOJ. Sadržaj ukupnog i organskog

ugljenika imaju sličnu prostornu distribuciju odnosno može se uočiti da dolazi do smanjenja sadržaja idući ka donjem delu toka reke.

Količina ukupnog azota se kretala u opsegu od 0,03% na lokalitetu ŽUP do 0,19% na lokalitetu RAD (Tabela 16), pri čemu su najmanje količine uglavnom izmerene u sedimentu/nanosu na donjem delu toka reke, dok su nešto veće količine izmerene u gornjem i srednjem delu toka. Prema klasifikaciji, sediment/nanos duž toka reke Save je klasifikovan kao siromašan do srednje obezbeđen azotom. Odnos C/N u ispitivanim uzorcima se ne može tumačiti kao povoljan, s obzirom da na samo malom broju lokaliteta taj odnos pripada drugoj (C/N 17-24) i trećoj klasi (C/N 25-30). Sadržaj N kao i odnos C/N nemaju jasno izraženu prostornu raspodelu, vrednosti variraju u zavisnosti od lokaliteta.

Sadržaj CaCO₃ se kretao u opsegu od 11,02% na lokalitetu BEO do 70,82% na lokalitetu MOJ (Tabela 16), pri čemu je uočen isti trend opadanja sadržaja kalcijum karbonata kao i kod zemljišta, idući od gornjeg ka donjem delu toka reke. Prema klasifikaciji (Škorić et al. 1985) uzorci sedimenta/nanosa u gornjem i srednjem delu toka reke Save pripadaju klasi veoma karbontanih dok uzorci sedimenta/nanosa donjeg dela toka pripadaju klasi umereno karbonatnih. Na prostornom gradijentu se može uočiti da sadržaj karbonata opada idući ka donjem delu toka reke.

Najniži sadržaj P u ispitivanim uzorcima izmeren je na lokalitetu MOJ i iznosio je 488,40 mg kg⁻¹ dok je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu JAS i iznosio je 1191,36 mg kg⁻¹ (Tabela 16) Na ispitivanim lokalitetima ne postoji jasno uočljiva pravilnost u prostornoj distribuciji sadržaja P u sedimentu/nanosu.

Tabela 16. Hemijske karakteristike sedimenta/nanosa u 2015. godini

Lokalitet	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	EC (dSm ⁻¹)	Humus %	C %	org. C %	N %	C/N	CaCO ₃ %	P mg kg ⁻¹
MOJ	7,87	7,57	0,303	6,42	12,13	3,63	0,12	97,64	70,82	488,40
RAD	7,54	7,39	1,501	4,56	7,84	2,85	0,19	42,25	41,64	905,86
LIT	7,72	7,64	0,418	3,46	5,98	2,79	0,09	70,25	26,62	840,19
VRH	7,88	7,43	0,184	7,52	5,40	3,47	0,11	47,78	16,01	826,41
ČAT	8,20	7,77	0,103	4,84	6,48	3,25	0,06	107,85	26,89	571,11
ZAG	7,99	7,57	0,152	5,57	6,67	3,57	0,11	59,92	25,84	789,45
JAS	7,76	7,46	0,284	5,72	6,39	3,56	0,11	55,88	23,58	1191,36
SLB	7,78	7,44	0,426	7,86	4,82	2,48	0,13	37,46	19,44	1008,52
ŽUP	8,28	7,71	0,091	5,95	4,60	2,11	0,03	179,25	20,74	510,64
SRM	7,77	7,46	0,692	10,28	3,00	1,36	0,07	40,82	13,67	845,85
ŠAB	7,94	7,50	0,350	6,28	2,85	1,11	0,05	59,61	14,50	854,68
BEO	7,55	7,27	1,453	6,74	3,25	1,93	0,17	19,14	11,02	1132,47

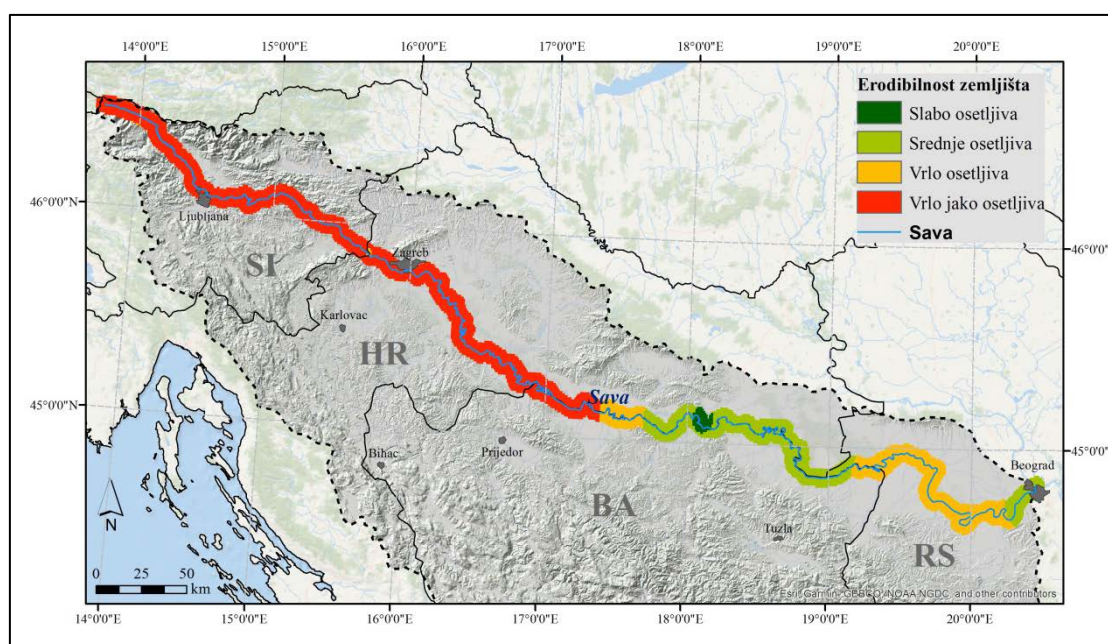
Vrednosti ACE (kiselu izmenljivi katjoni) su se kretale od 0,90 cmol (+) kg⁻¹ na lokalitetu LIT do 3,23 cmol(+) kg⁻¹ na lokalitetu BEO (Tabela 16). Vrednosti BCE (bazni izmenljivi katjoni) su se kretale od 0 cmol (+) kg⁻¹ na lokalitetu ČAT do 0,48 cmol (+) kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu SRM. Vrednosti ukupnog kapaciteta katjonske razmene (CEC) su bile u opsegu od 0,91 koliko je izmereno na lokalitetu ČAT do 3,61 na lokalitetu BEO. Zasićenost bazama u ispitivanim površinskim slojevima sedimenta/nanosa je generalno bila vrlo visoka i kretala se u opsegu od 77,97 % koliko je izmereno na lokalitetu SRM do 99,92 % koliko je izmereno na lokalitetu ČAT (Tabela 17).

Tabela 17. Parametri adsorptivnog kompleksa sedimenta/nanosa u 2015. godini

Lokalitet	Dubina (cm)	BCE	ACE	CEC	BS %
		cmol (+) kg ⁻¹			
MOJ	0-30	1,25	0,05	1,30	96,31
RAD	0-30	2,32	0,24	2,56	90,61
LIT	0-30	0,90	0,05	0,94	94,87
VRH	0-30	1,33	0,19	1,52	87,26
ČAT	0-30	0,91	0,00	0,91	99,92
ZAG	0-30	1,41	0,19	1,61	88,00
JAS	0-30	1,39	0,24	1,63	85,16
SLB	0-30	2,22	0,36	2,59	86,01
ŽUP	0-30	0,90	0,12	1,02	88,15
SRM	0-30	1,70	0,48	2,19	77,97
ŠAB	0-30	1,88	0,24	2,12	88,62
BEO	0-30	3,23	0,39	3,61	89,29

5.4. Faktor erodibilnosti – K faktor

Faktor erodibilnosti (K faktor) na ispitivanim lokalitetima je pokazao da su gornji i delimično srednji delovi toka izloženi većem riziku od erozije nego lokaliteti na donjem delu toka reke Save (Slika 11). Utvrđene vrednosti K faktora se kreću od 0,0303 do 0,1162 t·ha·h·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹, dok srednja vrednost za ceo tok iznosi 0,0701 t·ha·h·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹ što je značajno više u odnosu na prosečne vrednosti ovog faktora za zemljišta Evrope (0,032 t·ha·h·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹, Panagos et al., 2014). Erodibilnost na slivu utvrđena je prema klasifikaciji datuju Tabeli 3. Gornji i delimično srednji deo sliva je klasifikovan kao vrlo jako osetljiv na erozione procese i otkidanje zemljišnih čestica u odnosu na donji deo sliva. Usled promena na površinskom sloju zemljišta koje nastaju delovanjem prirodnih faktora kao što su kiša, sneg, vetar i tekuće vode ali i usled dejstva antropogenih faktora dolazi do otkidanja zemljišnih čestica koje se spiraju u vodotokve formirajući nanos. U gornjim delovima sliva dolazi do pokretanja nanosa usled smanjenje otpornosti zemljišta i njegovog transportovanjau donje delove sliva. Na donjem delu sliva dolazi do usporavanja toka reke, menja se tekstura i povećava sadržaj gline i praha. Na donjim delovima toka dolazi do akumulacije pokrenutog nanosa.



Slika 11 . Faktor erodibilnosti (K faktor) u riparijalnoj zoni reke Save

Često su te zemljišne čestice obogaćene zagađujućim materijama koje erozionim procesima ulaze u vodotokove i transportuju se ka donjem delu toka gde dolazi do njihovog taloženja. Nanos potencijalno kontaminiran teškim metalima i drugim potencijalno opasnim materijama se može ponašati kao izvor zagađenja. Na donjem delu toka dolazi do povećanja sadržaja teških metala što potvrđuje da su erozioni procesi u gornjem delu sliva od velikog značaja za transport i deponovanje zagađujućih materija.

5.5. Teški metali i metaloidi u zemljištu

5.5.1. Ukupan sadržaj teških metala i metaloida u zemljištu

5.5.1.1. Ukupan sadržaj teških metala i metaloida u zemljištu uzorkovanom u periodu visokog vodostaja (2014. godina)

Ukupan sadržaj 18 ispitivanih elemenata u zemljištu u sloju od 0-30 cm uzorkovanom 2014. godine na lokalitetima duž toka reke Save predstavljen je u Tabeli 18. U Tabeli 19 predstavljen je ukupan sadržaj 18 ispitivanih elemenata u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm.

Ukupan sadržaj Ag u ispitivanom zemljištu uzorkovanom 2014. godine u sloju od 0-30 cm, bio je ispod granice detekcije na nekoliko lokaliteta, i to pretežno u srednjem delu toka reke Save. Najviši ukupan sadržaj Ag izmeren je na lokalitetu SRM i to $0,22 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 18). S obzirom na neujednačenost sadržaja Ag na ispitivanim lokalitetima nije u potpunosti moguće ispratiti trend kretanja ukupnog sadržaja ni po dubinama ni prostorno, mada se može primetiti blagi porast koncentracija u donjem delu toka reke Save (Tabela 19).

Ukupan sadržaj Al u ispitivanim zemljištima u sloju 0-30 cm na odabranim lokalitetima varirao je od $3748,32 \text{ mg kg}^{-1}$ koliko je izmereno na lokalitetu RAD do $21533,92 \text{ mg kg}^{-1}$ na lokalitetu ŽUP (Tabela 18). U gornjem delu toka koncentracije su niže dok se od lokaliteta SLB može uočiti trend povećanja sadržaja idući ka ušću reke Save. Posmatrano po dubinama uočava se da na lokalitetima gornjeg dela toka sadržaj Al raste sa dubinom sa izuzetkom lokaliteta BOH gde su najveći sadržaji izmereni u sloju od 0-10 cm dok su najmanji sadržaji izmereni u sloju od 20-30 cm. Od lokaliteta SLB pa sve do lokaliteta BEO uočava se konstantan trend smanjenja sadržaja Al sa dubinom (Tabela 19).

U ispitivanim zemljištima u sloju od 0-30 cm ukupan sadržaj As se kretao u opsegu od $3,45 \text{ mg kg}^{-1}$ na lokalitetu BOH do $16,80 \text{ mg kg}^{-1}$ na lokalitetu SRM (Tabela 18). Prostorno posmatrano uočljiv je trend porasta sadržaja As idući od gornjeg dela toka pa do ušća reke Save, pri čemu je primetno blago odstupanje od ovog trenda na lokalitetu BEO gde je ukupan sadržaj As bio $12,43 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 18). Posmatrajući ukupan sadržaj As u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm uočava se da na lokalitetima gornjeg dela toka dolazi do povećanja sadržaja sa dubinom dok na lokalitetima srednjeg dela toka nema značajnijih razlika između slojeva (Tabela 19). Na lokalitetima donjeg dela toka, od ŽUP do BEO, sa povećanjem dubine zemljišta dolazi do smanjenja sadržaja As (Tabela 19).

Najniži ukupan sadržaj Ba u ispitivanim uzorcima zemljišta u sloju od 0-30 cm izmeren je na lokalitetu BOH i iznosio je $13,96 \text{ mg kg}^{-1}$ dok je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu SRM gde je izmereno $276,63 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 18). Generalno posmatrano uočljiv je trend povećanja ukupnog sadržaja Ba od izvora do ušća, sa izuzetkom na lokalitetu BEO gde je izmereno $89,46 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 18). Na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka ne uočava se pravilnost u distribuciji Ba sa povećanjem dubine, dok se na lokalitetima SRM i BEO ukupan sadržaj Ba smanjuje sa povećanjem dubine (Tabela 19).

Ukupan sadržaj Cd u gornjem i srednjem delu toka reke Save, u ispitivanim uzorcima zemljišta u sloju od 0-30 cm bio je ispod nivoa detekcije. Cd je izmeren samo na lokalitetima ŽUP (0,43 mg kg⁻¹), SRM (0,22 mg kg⁻¹) i BEO (0,21 mg kg⁻¹) (Tabela 18). Na lokalitetu ŽUP sadržaj Cd raste sa dubinom dok na lokalitetu SRM sadržaj Cd opada sa dubinom. Na lokalitetu BEO nema jasne pravilnosti u distribuciji sa povećanjem dubine (Tabela 19).

Ukupan sadržaj Co u ispitivanim zemljištima u sloju od 0-30 cm kretao se od 3,03 mg kg⁻¹ na lokalitetu RAD do 16,50 mg kg⁻¹ na lokalitetu ŽUP (Tabela 18). Sadržaj Co u gornjem i delu srednjeg toka reke Save je vrlo ujednačen, dok se od lokaliteta SLB nizvodno može uočiti trend povećanja njegovog sadržaja u zemljištu (Tabela 18). Na lokalitetima BOH, SRM i BEO uočava se da ukupan sadržaj Co opada sa povećanjem dubine dok se na ostalim lokalitetima može primetiti trend povećanja sadržaja sa povećanjem dubine zemljišta (Tabela 19).

Ukupan sadržaj Cr u ispitivanim zemljištima u sloju od 0-30 cm kretao se od 9,10 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu RAD do 83,06 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ŽUP (Tabela 18). Na lokalitetima BOH, SLB i BEO sadržaj Cr se smanjuje sa povećanjem dubine dok se na ostalim lokalitetima sadržaj Cr povećava sa povećanjem dubine (Tabela 19). Vrlo jasno je uočljiv trend povećanja sadržaja Cr u ispitivanim zemljištima idući od izvora reke Save do ušća, pri čemu se nagli skok primećuje od lokaliteta ŽUP (Tabele 18 i 19). Na nekim lokalitetima je uočeno povećanje koncentracije sa povećanjem dubine zemljišta.

Ukupan sadržaj Cu u ispitivanim zemljištima u sloju od 0-30 cm bio je u opsegu od 11,33 mg kg⁻¹ što je izmereno na lokalitetu JAS do 44,04 mg kg⁻¹ što je izmereno na lokalitetu ŽUP (Tabela 18). Posmatrajući sadržaj Cu po dubinama od 0-10, 10-20 i 20-30 uočavamo da na lokalitetima donjeg dela toka kao i na lokalitetu BOH u gornjem delu toka postoji jasno uočljiv trend smanjenja sadržaja sa povećanjem dubine. Na ostalim lokalitetima sadržaj Cu se povećava sa povećanjem dubine (Tabela 19). Sadržaj Cu u ispitivanom zemljištu nema ujednačen trend idući od izvora ka ušću, već dosta varira u zavisnosti od lokaliteta, međutim moguće je uočiti da postoji povećanje sadržaja Cu u donjem delu toka (Tabele 18 i 19).

Najniži ukupan sadržaj Fe u ispitivanim zemljištima u sloju od 0-30 cm izmeren je na lokalitetu BOH i iznosio je 6746,91 mg kg⁻¹ dok je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu ŽUP i iznosio je 40568,74 mg kg⁻¹ (Tabela 18). U gornjem i srednjem delu toka reke sadržaji Fe su u velikoj meri ujednačeni, dok se povećanje sadržaja može uočiti od lokaliteta SLB pa sve do ušća reke Save. Posmatrajući sadržaj Fe u uzorcima zemljišta u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm uočava se da na lokalitetima RAD, LIT, ČAT, JAS i ŽUP postoji trend povećanja sadržaja sa povećanjem dubine zemljišta, te su najviši sadržaji izmereni u sloju od 20-30 cm. Na ostalim lokalitetima sadržaj Fe opada sa povećanjem dubine (Tabela 19).

Ukupan sadržaj Li u ispitivanim zemljištima u sloju od 0-30 cm kretao se u opsegu od 13,22 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu BOH do 58,98 mg kg⁻¹ na lokalitetu ŽUP (Tabela 18). Posmatrajući distribuciju Li u zemljištu u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm može se primetiti da sadržaj Li na lokalitetima BOH, SLB, SRM i BEO opada sa povećanjem dubine dok se na ostalim lokalitetima uočava trend povećanja sadržaja sa povećanjem dubine (Tabela 19). Generalno posmatrajući sadržaj Li u zemljištu na celom toku reke Save, ima rastući trend (Tabele 18 i 19).

Najniži ukupan sadržaj Mn u ispitivanim zemljištima u sloju od 0-30 cm izmeren je na lokalitetu LIT i iznosio je 232,40 mg kg⁻¹ dok je najviši sadržaj Mn izmeren na lokalitetu ŽUP i iznosio je 990,96 mg kg⁻¹ (Tabela 18). Na lokalitetima gornjeg i donjeg dela toka možemo uočiti da sadržaj Mn u zemljištu u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm opada sa povećanjem dubine dok na lokalitetima srednjeg dela toka sadržaj Mn raste sa povećanjem dubine (Tabela 19). Najviši ukupan sadržaj Mn izmeren je na lokalitetu ŽUP na dubini od 20-30 cm i iznosio je 1017,3 mg kg⁻¹ (Tabela

19). U gornjem i srednjem delu toka sadržaji Mn su vrlo ujednačeni, dok se trend povećanja sadržaja može uočiti na potezu od lokaliteta SLB do lokaliteta BEO.

Ukupan sadržaj Mo u zemljištu u sloju od 0-30 cm je na svim lokalitetima bio ispod granice detekcije, sa izuzetkom lokaliteta ČAT gde je izmereno $0,06 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 18). Posmatrajući ukupan sadržaj po slojevima, molibden je pored lokaliteta ČAT detektovan još i na lokalitetu ŽUP u sloju od 10-20 cm (Tabela 19).

Ukupan sadržaj Ni u ispitivanim zemljištima u sloju od 0-30 cm kretao se od $11,29 \text{ mg kg}^{-1}$ koliko je izmereno na lokalitetu RAD do $135,46 \text{ mg kg}^{-1}$ koliko je izmereno na lokalitetu ŽUP (Tabela 18). Ukupan sadržaj Ni opada sa povećanjem dubine na lokalitetima BOH i BEO dok se na ostalim istraživanim lokalitetima može uočiti trend povećanja sadržaja nikla u zemljištu sa povećanjem dubine (Tabela 19). Prostorna distribucija je vrlo slična kao i kod Mn, gde je uočljivo da postoji ujednačena distribucija Ni na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka dok na lokalitetima donjeg dela toka dolazi do povećanja sadržaja, pri čemu je najviše uočljiv nagli skok ukupnog sadržaja Ni na lokalitetu ŽUP (Tabele 18 i 19).

Ukupan sadržaj Pb u ispitivanim zemljištima u sloju od 0-30 cm kretao se u opsegu od $8,55 \text{ mg kg}^{-1}$ koliko je izmereno na lokalitetu BOH do $78,55 \text{ mg kg}^{-1}$ koliko je izmereno na lokalitetu RAD (Tabela 18). U slojevima zemljišta od 0-10, 10-20 i 20-30 cm može se uočiti da na lokalitetima JAS i BEO dolazi do opadanja sadržaja Pb sa povećanjem dubine zemljišta dok na ostalim lokalitetima dolazi do povećanja sadržaja Pb u zemljištu (Tabela 19). Ukupan sadržaj olova u zemljištu ima neujednačenu prostornu distribuciju idući od izvora reke Save ka ušću. U gornjem i donjem delu toka, izuzev lokaliteta BOH, izmereni su viši sadržaji dok su niži sadržaji izmereni u srednjem delu toka (Tabele 18 i 19).

Poput ukupnog sadržaja Cd u ispitivanim zemljištima u sloju od 0-30 cm sadržaj Se je takođe bio ispod nivoa detekcije u gornjem i srednjem delu toka reke Save. Selen je izmeren samo u donjem delu toka u količini od $0,20 \text{ mg kg}^{-1}$ na lokalitetima ŽUP, SRM i BEO (Tabela 18). Na lokalitetima ŽUP, SRM i BEO na kojima je izmeren sadržaj Se u zemljištu ne postoji jasna pravilnost distribucije sa povećanjem dubine zemljišta (Tabela 19).

Najniži ukupan sadržaj Sr u ispitivanim zemljištima u sloju od 0-30 cm izmeren je na lokalitetu LIT i iznosio je $43,11 \text{ mg kg}^{-1}$ dok je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu BOH gde je izmereno $195,65 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 18). Na lokalitetima gornjeg dela toka u slojevima zemljišta od 0-10 cm, 10-20 cm i 20-30 cm uočava se da postoji trend smanjenja sadržaja Sr sa povećanjem dubine zemljišta (Tabela 19). Na lokalitetima ZAG, JAS, ŽUP i BEO postoji jasan trend povećanja ukupnog sadržaja Sr sa povećanjem dubine (Tabela 19). Generalno posmatrajući prostornu distribuciju Sr u ispitivanom zemljištu može se uočiti da postoji trend smanjenja ukupnog sadržaja Sr idući od izvora ka ušću reke Save.

Na lokalitetima gornjeg dela toka ukupan sadržaj Tl u zemljištu u sloju od 0-30 cm bio je ispod nivoa detekcije, dok je na lokalitetima srednjeg i donjeg dela toka utvrđeno prisustvo Tl u zemljištu. Najviši ukupni sadržaj Tl u zemljištu u sloju od 0-30 cm izmeren je na lokalitetu ŽUP i iznosio je $2,00 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 18). Sadržaj Tl u zemljištu u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm na lokalitetima ČAT, ZAG, JAS, SLB i ŽUP se povećavao sa povećanjem dubine dok se na lokalitetima SRM i BEO sadržaj Tl smanjio sa povećanjem dubine zemljišta (Tabela 19). Posmatrajući prostornu distribuciju Tl u zemljištu može se uočiti da postoji trend smanjenja sadržaja na lokalitetima u donjem delu toka.

Ukupan sadržaj Zn u ispitivanom zemljištu u sloju od 0-30cm kretao se u opsegu od $20,42 \text{ mg kg}^{-1}$ koliko je izmereno na lokalitetu BOH do $128,13 \text{ mg kg}^{-1}$ na lokalitetu SRM (Tabela 18). U uzorcima zemljišta u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm uočava se da na lokalitetima JAS, SLB i BEO dolazi do smanjenja sadržaja Zn sa povećanjem dubine zemljišta dok na ostalim lokalitetima

sadržaj Zn srazmerno raste sa povećanjem dubine zemljišta (Tabela 19). Prostorno posmatrano, sa izuzetkom lokaliteta RAD, sadržaji Zn u zemljištu na lokalitetima u gornjem i srednjem delu toka niži za razliku od lokaliteta u donjem delu toka reke ukazujući da postoji trend povećanja sadržaja Zn u zemljištu (Tabele 18 i 19).

Prostorno posmatrano, ukupan sadržaj skoro svih ispitivanih elemenata povećavao se idući od izvora ka ušću, pri čemu su najviši ukupni sadržaji uglavnom izmereni na lokalitetima donjeg dela toka i to najčešće na lokalitetu BEO. Izuzetak su Sr i Pb čiji je najviši ukupan sadržaj izmeren na lokalitetima gornjeg dela toka (BOH i RAD) (Tabela 18). Kada se posmatra ukupan sadržaj u odnosu na dubinu zemljišta može se uočiti trend smanjenja sadržaja ispitivanih elemenata sa povećanjem dubine zemljišta. Odstupanje od ovog trenda može se primetiti za elemente As, Cr, Cu, Ni i Zn gde na većini lokaliteta dolazi do povećanja ukupnog sadržaja sa povećanjem dubine zemljišta (Tabela 19).

Tabela 18. Ukupni sadržaj ispitivanih elemenata u sloju zemljišta od 0-30 cm u 2014. godini

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
			Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
BOH	Rendzina	0-30	0,07 (0,05)	3939,19 (41,97)	3,45 (0,54)	13,96 (0,06)	/	3,67 (0,03)	14,45 (0,06)	16,00 (0,09)	6746,91 (52,58)	13,22 (0,16)	375,72 (2,16)	/	25,12 (0,09)	8,55 (0,35)	/	195,65 (1,96)	/	20,42 (0,05)
RAD	Euglej	0-30	0,11 (0,02)	3748,32 (30,29)	4,27 (0,60)	20,04 (0,12)	/	3,03 (0,04)	9,10 (0,05)	20,92 (0,14)	15563,87 (109,54)	16,07 (0,17)	380,26 (2,13)	/	11,29 (0,06)	78,55 (0,43)	/	104,13 (0,77)	/	81,86 (0,30)
LIT	Fluvisol	0-30	/	5316,86 (56,69)	3,56 (0,43)	90,16 (0,25)	/	3,80 (0,05)	9,94 (0,03)	15,87 (0,11)	13643,94 (114,44)	27,56 (0,25)	232,40 (1,30)	/	11,56 (0,06)	35,06 (0,41)	/	43,11 (0,39)	/	49,37 (0,17)
ČAT	Fluvisol	0-30	0,15 (0,03)	7266,21 (83,56)	5,20 (0,34)	54,37 (0,54)	/	4,87 (0,07)	11,54 (0,12)	20,58 (0,23)	16598,03 (248,25)	27,89 (0,73)	320,94 (4,73)	0,06 (0,1)	14,62 (0,13)	17,51 (0,38)	/	64,18 (0,88)	0,46 (0,11)	62,36 (0,46)
ZAG	Fluvisol	0-30	/	6052,41 (64,77)	5,33 (0,32)	51,85 (0,29)	/	3,82 (0,04)	9,39 (0,05)	16,44 (0,13)	13703,81 (100,88)	23,56 (0,30)	253,21 (1,56)	/	11,93 (0,10)	14,04 (0,30)	/	78,82 (0,76)	0,12 (0,18)	56,80 (0,27)
JAS	Fluvisol	0-30	/	6885,16 (91,62)	4,35 (0,47)	25,10 (0,13)	/	4,98 (0,04)	10,72 (0,05)	11,33 (0,07)	12778,37 (103,35)	24,23 (0,15)	307,66 (1,19)	/	13,57 (0,09)	17,56 (0,32)	/	49,04 (0,65)	0,54 (0,23)	39,68 (0,18)
SLB	Fluvisol	0-30	/	14404,00 (266,76)	6,37 (0,50)	58,16 (0,46)	/	8,59 (0,04)	27,67 (0,29)	21,95 (0,22)	24742,06 (300,69)	43,02 (0,91)	490,28 (7,81)	/	38,53 (0,48)	13,03 (1,47)	/	47,17 (0,60)	1,11 (0,20)	47,32 (0,29)
ŽUP	Eutrični kambisol	0-30	0,11 (0,00)	21553,92 (158,36)	14,13 (0,47)	138,45 (0,24)	0,43 (0,00)	16,50 (0,05)	83,06 (0,15)	44,04 (0,09)	40568,74 (164,23)	58,98 (0,56)	990,96 (2,93)	/	135,46 (0,11)	31,18 (0,51)	0,20 (0,04)	52,82 (0,45)	2,00 (0,27)	98,79 (0,14)
SRM	Fluvisol	0-30	0,22 (0,03)	19343,45 (195,88)	16,80 (0,38)	276,63 (1,79)	0,22 (0,00)	12,62 (0,04)	64,58 (0,22)	33,65 (0,13)	33058,87 (237,00)	46,36 (0,58)	767,23 (4,79)	/	93,59 (0,33)	47,16 (0,80)	0,20 (0,67)	64,88 (0,65)	0,46 (0,26)	128,13 (0,35)
BEO	Fluvisol	0-30	0,21 (0,02)	18623,54 (157,23)	12,43 (0,37)	89,46 (0,38)	0,21 (0,01)	11,26 (0,06)	51,63 (0,23)	30,72 (0,17)	30534,15 (194,10)	47,93 (0,47)	637,59 (3,24)	/	78,30 (0,40)	38,43 (0,87)	0,20 (0,49)	64,04 (0,50)	0,43 (0,30)	96,30 (0,34)

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

Tabela 19. Ukupni sadržaj ispitivanih elemenata u slojevima zemljišta od 0-10, 10-20 i 20-30 cm u 2014. godini

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
			Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
BOH	Rendzina	0-10	0,07 (0,05)	4083,98 (32,21)	3,47 (0,58)	16,17 (0,08)	/	3,69 (0,04)	15,48 (0,05)	16,54 (0,11)	6713,36 (51,57)	13,62 (0,13)	379,64 (1,74)	/	26,23 (0,08)	8,25 (0,37)	/	194,88 (1,84)	/	19,75 (0,05)
		10-20	0,07 (0,05)	3901,73 (43,12)	3,71 (0,54)	13,20 (0,04)	/	3,74 (0,05)	14,30 (0,08)	15,85 (0,09)	7008,56 (54,17)	13,18 (0,15)	378,59 (2,24)	/	25,41 (0,08)	7,89 (0,26)	/	198,65 (1,89)	0,07 (0,16)	21,05 (0,05)
		20-30	0,08 (0,05)	3831,86 (50,61)	3,18 (0,50)	12,51 (0,03)	/	3,59 (0,00)	13,58 (0,04)	15,61 (0,08)	6518,80 (52,00)	12,85 (0,20)	369,00 (2,49)	/	23,72 (0,12)	9,51 (0,41)	/	193,43 (2,15)	/	20,46 (0,04)
RAD	Euglej	0-10	0,10 (0,00)	3371,31 (21,78)	3,81 (0,73)	13,86 (0,05)	/	2,75 (0,05)	8,48 (0,05)	16,48 (0,16)	13431,26 (71,24)	14,46 (0,12)	425,81 (1,44)	/	10,64 (0,08)	38,36 (0,55)	/	162,83 (0,94)	/	58,53 (0,20)
		10-20	0,10 (0,00)	3883,63 (39,93)	4,47 (0,60)	17,27 (0,10)	/	3,05 (0,05)	8,68 (0,04)	19,61 (0,10)	15298,46 (135,18)	16,66 (0,19)	323,70 (2,10)	/	11,35 (0,05)	81,25 (0,24)	/	75,42 (0,73)	/	85,48 (0,37)
		20-30	0,13 (0,00)	3990,02 (29,15)	4,54 (0,51)	29,00 (0,21)	/	3,30 (0,00)	10,15 (0,05)	26,66 (0,16)	17961,89 (122,21)	17,09 (0,19)	391,26 (2,86)	/	11,89 (0,04)	116,06 (0,51)	/	74,15 (0,64)	/	101,57 (0,37)
LIT	Fluvisol	0-10	/	5233,70 (45,74)	3,54 (0,31)	87,46 (0,24)	/	3,73 (0,05)	8,90 (0,00)	15,52 (0,08)	13353,61 (76,88)	27,34 (0,26)	232,49 (1,54)	/	11,40 (0,13)	32,51 (0,14)	/	45,23 (0,31)	/	46,67 (0,16)
		10-20	/	5288,74 (40,75)	3,74 (0,63)	94,46 (0,14)	/	3,82 (0,04)	9,82 (0,06)	16,09 (0,12)	13983,17 (109,80)	27,86 (0,12)	228,38 (0,67)	/	11,72 (0,00)	39,25 (0,54)	/	43,39 (0,33)	/	50,91 (0,16)
		20-30	0,05 (0,05)	5428,14 (83,58)	3,40 (0,41)	88,57 (0,36)	/	3,84 (0,05)	11,11 (0,04)	16,01 (0,12)	13595,05 (156,63)	27,47 (0,38)	236,33 (1,67)	/	11,56 (0,05)	33,42 (0,54)	/	40,72 (0,54)	/	50,51 (0,18)
ČAT	Fluvisol	0-10	0,15 (0,08)	6769,19 (71,41)	4,22 (0,33)	50,07 (1,00)	/	4,37 (0,12)	10,36 (0,27)	18,77 (0,24)	14793,34 (204,62)	27,44 (0,62)	287,51 (4,24)	0,10 (0,24)	12,67 (0,27)	16,41 (0,20)	/	68,07 (0,80)	/	57,04 (0,94)
		10-20	/	7213,55 (100,63)	5,26 (0,19)	45,81 (0,22)	/	4,77 (0,04)	10,39 (0,04)	16,66 (0,21)	15869,41 (391,67)	26,02 (0,74)	320,77 (6,04)	/	13,63 (0,05)	15,11 (0,58)	/	60,74 (1,24)	0,58 (0,15)	53,28 (0,16)
		20-30	0,30 (0,00)	7815,87 (78,64)	6,11 (0,50)	67,24 (0,40)	/	5,47 (0,05)	13,88 (0,05)	26,33 (0,24)	19131,35 (148,46)	30,21 (0,82)	354,55 (3,92)	0,07 (0,16)	17,55 (0,08)	21,00 (0,39)	/	63,73 (0,61)	0,80 (0,13)	76,76 (0,29)
ZAG	Fluvisol	0-10	/	5799,42 (84,25)	5,37 (0,40)	46,13 (0,33)	/	3,69 (0,00)	8,76 (0,04)	15,42 (0,17)	13420,62 (161,40)	23,00 (0,31)	244,55 (2,00)	/	11,55 (0,12)	13,38 (0,36)	/	78,00 (1,08)	0,18 (0,28)	51,80 (0,39)
		10-20	0,07 (0,05)	6506,64 (47,94)	5,20 (0,20)	59,94 (0,35)	/	4,15 (0,05)	10,27 (0,05)	18,52 (0,10)	14645,03 (43,53)	25,28 (0,40)	283,45 (1,28)	/	12,82 (0,04)	15,33 (0,29)	/	80,38 (0,53)	0,17 (0,27)	66,07 (0,30)
		20-30	/	5851,18 (62,11)	5,43 (0,38)	49,47 (0,21)	/	3,63 (0,05)	9,15 (0,05)	15,38 (0,12)	13045,77 (97,72)	22,40 (0,21)	231,64 (1,39)	/	11,42 (0,05)	13,41 (0,24)	/	78,12 (0,68)	/	52,54 (0,12)
JAS	Fluvisol	0-10	/	6806,51 (111,21)	4,47 (0,56)	25,41 (0,13)	/	5,00 (0,04)	10,67 (0,05)	11,52 (0,04)	12687,48 (112,00)	24,15 (0,22)	308,88 (1,04)	/	13,53 (0,08)	18,35 (0,40)	/	49,10 (0,78)	0,53 (0,33)	41,55 (0,23)
		10-20	/	6775,05 (118,71)	4,46 (0,37)	24,48 (0,13)	/	4,87 (0,04)	10,31 (0,05)	11,76 (0,10)	12612,21 (138,83)	23,77 (0,17)	301,71 (1,40)	/	13,36 (0,08)	17,67 (0,13)	/	47,31 (0,83)	0,47 (0,23)	40,00 (0,18)
		20-30	/	7073,93 (44,98)	4,12 (0,48)	25,40 (0,13)	/	5,08 (0,04)	11,18 (0,04)	10,71 (0,08)	13035,40 (59,24)	24,76 (0,05)	312,39 (1,15)	/	13,83 (0,10)	16,68 (0,45)	/	50,71 (0,33)	0,63 (0,12)	37,52 (0,12)

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
			Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
SLB	Fluvisol	0-10	/	14689,46 (240,01)	6,28 (0,57)	58,84 (0,58)	/	8,56 (0,04)	27,87 (0,38)	22,82 (0,21)	25161,39 (339,95)	43,71 (0,83)	484,23 (8,18)	/	38,74 (0,70)	12,56 (1,10)	/	47,33 (0,62)	1,12 (0,20)	49,00 (0,22)
		10-20	/	14424,44 (199,45)	6,38 (0,56)	57,47 (0,51)	/	8,33 (0,05)	27,84 (0,24)	21,32 (0,23)	24342,55 (230,64)	42,88 (0,58)	468,70 (6,26)	/	37,92 (0,43)	12,73 (1,53)	/	46,95 (0,38)	1,10 (0,22)	46,31 (0,37)
		20-30	/	14098,02 (360,81)	6,44 (0,36)	58,16 (0,29)	/	8,89 (0,04)	27,32 (0,25)	21,70 (0,23)	24722,25 (331,49)	42,48 (1,18)	517,91 (9,00)	/	38,94 (0,31)	13,79 (1,80)	/	47,21 (0,81)	1,12 (0,18)	46,64 (0,30)
ŽUP	Eutrični kambisol	0-10	0,12 (0,00)	21459,16 (250,23)	14,16 (0,48)	133,08 (0,18)	0,40 (0,00)	16,28 (0,05)	82,58 (0,13)	43,25 (0,10)	39986,41 (253,60)	58,22 (0,97)	963,91 (2,66)	/	134,00 (0,08)	28,44 (0,48)	/	50,60 (0,75)	2,00 (0,30)	95,14 (0,15)
		10-20	0,10 (0,00)	21819,52 (108,41)	14,22 (0,39)	140,82 (0,33)	0,42 (0,00)	16,63 (0,05)	83,73 (0,20)	44,65 (0,13)	40942,29 (98,32)	59,72 (0,46)	991,68 (2,74)	0,13 (0,00)	136,03 (0,16)	31,61 (0,77)	0,44 (0,13)	53,85 (0,30)	2,05 (0,32)	100,78 (0,16)
		20-30	0,10 (0,00)	21383,08 (116,45)	14,02 (0,54)	141,47 (0,22)	0,45 (0,00)	16,59 (0,04)	82,85 (0,14)	44,21 (0,05)	40777,51 (140,77)	59,00 (0,25)	1017,29 (3,39)	/	136,36 (0,10)	33,49 (0,28)	0,11 (0,00)	54,03 (0,31)	2,00 (0,20)	100,45 (0,12)
SRM	Fluvisol	0-10	0,20 (0,00)	20075,04 (210,60)	17,16 (0,52)	610,71 (4,68)	0,30 (0,00)	12,82 (0,04)	62,65 (0,22)	34,50 (0,10)	33395,20 (247,80)	48,33 (0,62)	775,47 (4,60)	/	91,00 (0,47)	40,99 (0,71)	0,18 (0,63)	77,71 (0,75)	0,40 (0,33)	124,44 (0,15)
		10-20	0,23 (0,05)	18972,61 (206,81)	16,40 (0,40)	108,69 (0,15)	0,20 (0,00)	12,70 (0,04)	66,09 (0,16)	34,15 (0,10)	33265,41 (225,00)	45,40 (0,67)	771,00 (5,27)	/	97,15 (0,17)	48,28 (1,00)	/	58,52 (0,65)	0,68 (0,15)	129,04 (0,41)
		20-30	0,22 (0,04)	18982,70 (170,23)	16,83 (0,23)	110,49 (0,54)	0,20 (0,00)	12,34 (0,05)	65,00 (0,27)	32,30 (0,19)	32516,01 (238,20)	45,35 (0,44)	755,24 (4,50)	/	92,64 (0,33)	52,25 (0,70)	0,48 (1,03)	58,42 (0,55)	0,28 (0,31)	130,92 (0,50)
BEO	Fluvisol	0-10	0,18 (0,04)	19529,94 (92,41)	12,86 (0,42)	94,31 (0,46)	0,22 (0,04)	11,69 (0,04)	54,67 (0,32)	32,47 (0,21)	31706,34 (162,33)	48,60 (0,30)	657,38 (2,35)	/	81,13 (0,41)	42,54 (0,77)	/	58,20 (0,21)	0,47 (0,30)	101,00 (0,27)
		10-20	0,20 (0,00)	19076,13 (185,50)	13,33 (0,35)	94,84 (0,41)	0,30 (0,00)	11,46 (0,08)	53,876 (0,23)	32,11 (0,19)	31360,36 (225,75)	49,32 (0,58)	657,67 (4,32)	/	79,73 (0,44)	43,29 (1,39)	0,46 (0,50)	64,04 (0,62)	0,45 (0,23)	108,01 (0,46)
		20-30	0,13 (0,05)	17264,55 (193,94)	11,10 (0,34)	79,23 (0,28)	0,10 (0,00)	10,63 (0,05)	46,48 (0,15)	27,59 (0,09)	28535,76 (194,20)	45,88 (0,55)	597,73 (3,10)	/	74,05 (0,36)	29,45 (0,45)	/	69,89 (0,70)	0,37 (0,40)	79,94 (0,29)

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

5.5.1.2. Ukupan sadržaj teških metala i metaloida u zemljištu uzorkovanom u periodu niskog vodostaja (2015. godina)

Ukupan sadržaj 18 ispitivanih elemenata u zemljištu u sloju od 0-30 cm uzorkovanom 2015. godine na lokalitetima duž toka reke Save predstavljen je u Tabeli 20. U Tabeli 21 je predstavljen ukupan sadržaj ispitivanih elemenata u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm. Od svih ispitivanih elemenata, jedino je Se bio na svim lokalitetima ispod granice detekcije.

U ispitivanim uzorcima zemljišta u sloju od 0-30 cm ukupan sadržaj Ag se kretao u opsegu od 0,01 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ZAG do 0,10 mg kg⁻¹ na lokalitetu MOJ. Na lokalitetima LIT i VRH sadržaj Ag je bio ispod limita detekcije (Tabela 20). Posmatrajući ukupan sadržaj Ag u u zemljištu u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm uočava se da je on izmeren samo u prvom sloju dok je u druga dva sloja bio ispod nivoa detekcije (Tabela 21). Prostorno posmatrano uočava se trend povećanja sadržaja Ag idući ka nizvodnim lokalitetima (Tabele 20 i 21).

Ukupan sadržaj Al u ispitivanim zemljištima u sloju od 0-30 cm na odabranim lokalitetima varirao je od 6257,43 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu RAD do 24946,35 mg kg⁻¹ na lokalitetu SRM (Tabela 20). U uzorcima zemljišta u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm uočava se da na većini lokaliteta sadržaj Al raste sa povećanjem dubine dok su izuzetak lokaliteti ŽUP, ŠAB i BEO gde sadržaj Al opada sa povećanjem dubine (Tabela 21). Prostorno posmatrano u gornjem delu toka sadržaj Al je niži dok se od lokaliteta SLB može uočiti trend povećanja sadržaja idući ka ušću reke Save.

Najniži ukupan sadržaj As u uzorcima zemljišta u sloju od 0-30 cm izmeren je na lokalitetu RAD i iznosio je 3,86 mg kg⁻¹ dok je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu BEO i to 18,33 mg kg⁻¹ (Tabela 20). U uzorcima zemljišta u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm sadržaj As opada sa dubinom na lokalitetima donjeg dela toka i to SRM, ŠAB i BEO kao i na lokalitetu LIT u gornjem delu toka (Tabela 21). Na ostalim istraživanim lokalitetima sadržaj As raste sa povećanjem dubine. Prostorno posmatrano, sa izuzetkom lokaliteta MOJ, na ostalim lokalitetima duž reke Save se može uočiti trend povećanja sadržaja As.

Ukupan sadržaj Ba u ispitivanim uzorcima zemljišta u sloju od 0-30 cm kretao se u opsegu od 21,24 mg kg⁻¹ na lokalitetu RAD do 152,97 mg kg⁻¹ na lokalitetu ŽUP (Tabela 20). Posmatrajući ukupan sadržaj Ba u zemljištu u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm uočava se trend povećanja sadržaja sa povećanjem dubine pri čemu je jedini izuzetak lokalitet ŠAB gde se sadržaj Ba smanjuje sa dubinom (Tabela 21). Sadržaj Ba u ispitivanim zemljištima varira u zavisnosti od lokaliteta, međutim generalno se uočava porast sadržaja ovog elementa na lokalitetima na donjem delu toka (Tabele 20 i 21).

U gornjem i srednjem delu toka ukupan sadržaj Cd u ispitivanim uzorcima zemljišta u sloju od 0-30 cm bio je ispod limita detekcije. Prisustvo Cd je izmereno samo na četiri lokaliteta (ČAT, SRM, ŠAB, BEO). Najniži sadržaj Cd je izmeren na lokalitetu ČAT (0,01 mg kg⁻¹) a najviši na lokalitetu BEO (0,85 mg kg⁻¹) (Tabela 20). Na lokalitetu ČAT sadržaj Cd izmeren je samo u prvom sloju od 0-10 cm, dok se na ostala tri lokaliteta uočava trend povećanja sadržaja sa povećanjem dubine (Tabela 21). Prostorno posmatrano takođe se uočava trend povećanja sadržaja Cd u donjem delu toka, te je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu BEO (Tabele 20 i 21).

Najniži ukupan sadržaj Co u ispitivanim uzorcima zemljišta u sloju od 0-30 cm izmeren je na lokalitetu MOJ i iznosio je 1,86 mg kg⁻¹ dok je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu ŽUP i to 17,45 mg kg⁻¹ (Tabela 20). Posmatrano po dubinama od 0-10, 10-20 i 20-30 cm sadržaj Co se na svim lokalitetima povećavao sa povećanjem dubine (Tabela 21). Na prostornom gradijentu može se uočiti da postoji trend povećanja sadržaja Co duž toka reke Save, idući od izvora ka ušću.

Ukupan sadržaj Cr u ispitivanim zemljištima u sloju od 0-30 cm varirao je u opsegu od 11,29 mg kg⁻¹ na lokalitetu LIT do 81,35 mg kg⁻¹ na lokalitetu ŽUP (Tabela 20). U uzorcima zemljišta u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm sadržaj Cr se povećavao sa dubinom zemljišta samo na lokalitetima VRH i ZAG dok se na ostalim lokalitetima sadržaj Cr smanjivao sa dubinom (Tabela 21). Prostorno posmatrano može se uočiti trend povećanja sadržaja Cr duž toka reke Save, idući od izvora ka ušću, pri čemu se na lokalitetu ŽUP beleži nagli skok sadržaja Cr i taj trend se nastavlja sve do ušća (Tabele 20 i 21).

Najniži ukupan sadržaj Cu u ispitivanim zemljištima u sloju od 0-30 cm izmeren je na lokalitetu JAS i to 11,53 mg kg⁻¹ dok je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu ČAT i iznosio je 72,44 mg kg⁻¹ (Tabela 20). U uzorcima zemljišta u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm sadržaj Cu nema ujednačenu distribuciju po dubini a sadržaj varira u zavisnosti od lokaliteta (Tabela 21). Prostorno posmatrano, u gornjem i srednjem delu toka sadržaj Cu je bio niži dok u donjem delu toka, od lokaliteta SLB, dolazi do povećanja sadržaja. Izuzetak je lokalitet ČAT gde je i izmeren najviši sadržaj Cu u ispitivanim zemljištima (Tabele 20 i 21).

Ukupan sadržaj Fe u ispitivanim uzorcima u sloju od 0-30 cm bio je u opsegu od minimalnih 6016,66 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu MOJ do 38180,69 mg kg⁻¹ na lokalitetu SRM (Tabela 20). Posmatrajući ukupan sadržaj Fe u zemljištu u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm uočava se trend povećanja sadržaja sa povećanjem dubine na lokalitetima RAD, ZAG, JAS, SRM i BEO dok se na ostalim lokalitetima sadržaj Fe smanjuje sa povećanjem dubine (Tabela 21). Prostorno posmatrano, može se uočiti trend povećanja sadržaja Fe duž toka reke Save.

Najniži ukupan sadržaj Li u uzorcima zemljišta u sloju od 0-30 cm izmeren je na lokalitetu MOJ u količini od 13,08 mg kg⁻¹ dok je najviši sadržaj Li izmeren na lokalitetu BEO i to 55,58 mg kg⁻¹ (Tabela 20). U uzorcima zemljišta u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm sadržaj Li se povećava sa dubinom zemljišta na lokalitetima VRH, ZAG, JAS i ŽUP dok se na ostalim lokalitetima uočava trend smanjenja sadržaja Li u zemljištu sa povećanjem dubine (Tabela 21). Na prostornom gradijentu može se uočiti da sadržaj Li ima sličan trend kretanja sadržaja od izvora ka ušću kao i Fe.

Ukupan sadržaj Mn u ispitivanim uzorcima zemljišta u sloju od 0-30 cm kretao se u opsegu od 142,76 mg kg⁻¹ izmerenih na lokalitetu LIT do 801,70 mg kg⁻¹ izmerenih na lokalitetu ŽUP (Tabela 20). U uzorcima zemljišta u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm trend povećanja sadržaja Mn sa dubinom zemljišta može se primetiti samo na lokalitetima RAD i JAS dok se na ostalim lokalitetima sadržaj Mn smanjivao sa povećanjem dubine (Tabela 21). Prostorno posmatrano, jasno se može uočiti trend povećanja sadržaja Mn idući ka nizvodnim lokalitetima tj. ka ušću reke Save.

Ukupan sadržaj Mo u uzorcima zemljišta od 0-30 cm bio je ispod granice detekcije u većini ispitivanih uzoraka duž toka reke Save sa izuzetkom lokaliteta MOJ gde je iznosio 0,79 mg kg⁻¹ i RAD gde je iznosio 0,25 mg kg⁻¹ (Tabela 20). U ovim uzorcima zemljišta prisustvo Mo je izmereno samo u površinskim slojevima od 0-10 cm (Tabela 21).

Najniži ukupan sadržaj Ni u ispitivanim uzorcima zemljišta u sloju od 0-30 cm izmeren je na lokalitetu MOJ i bio je 6,68 mg kg⁻¹ dok je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu ŽUP i iznosio je 117,14 mg kg⁻¹ (Tabela 20). U uzorcima zemljišta u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm sadržaj Ni povećavao se sa dubinom zemljišta na lokalitetima srednjeg dela toka, od lokaliteta VRH do lokaliteta JAS. Na ostalim lokalitetima sadržaj Ni se sa dubinom zemljišta smanjivao (Tabela 21). Prostorno posmatrano u gornjem i srednjem delu toka izmereni su niži sadržaji Ni u zemljištu, dok u donjem delu toka, od lokaliteta ŽUP dolazi do naglog povećanja sadržaja Ni (Tabele 20 i 21).

Najniži ukupan sadržaj Pb u ispitivanim uzorcima zemljištima u sloju od 0-30 cm izmeren je na lokalitetu ZAG i to 10,69 mg kg⁻¹ dok je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu MOJ i iznosio je 51,61 mg kg⁻¹ (Tabela 20). U uzorcima zemljišta u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm sadržaj Pb je varirao u zavisnosti od lokaliteta. Sadržaj olova opada po dubini na lokalitetima LIT, ČAT, SLB,

ŽUP i ŠAB dok je na ostalim lokalitetima sadržaj olova u zemljištu rastao sa povećanjem dubine (Tabela 21). Prostorno posmatrano sadržaj Pb u ispitivanim uzorcima varira na čitavom toku reke Save, s obzirom da su u gornjem delu toka izmereni viši sadržaji, nakon čega u srednjem delu toka dolazi do pada da bi u donjem delu toka opet došlo do povećanja sadržaja Pb.

Ukupan sadržaj Sr u ispitivanim uzorcima zemljišta u sloju od 0-30 cm varira u opsegu od minimalno izmerenih 44,84 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO do maksimalno izmerenih 93,05 mg kg⁻¹ na lokalitetu RAD (Tabela 20). Ukupan sadržaj stroncijuma povećavao se po dubini samo na lokalitetu ZAG dok se na svim ostalim lokalitetima smanjivao sa povećanjem dubine (Tabela 21). Prostorno posmatrano sadržaj Sr varira u zavisnosti od lokaliteta bez jasno izraženog trenda.

Najniži ukupan sadržaj Tl u uzorcima zemljišta na dubini od 0-30 izmeren je na lokalitetu RAD i to 0,09 mg kg⁻¹ dok je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu ŠAB i iznosio je 1,81 mg kg⁻¹ (Tabela 20). Ukupan sadržaj Tl je bio ispod nivoa detekcije na gornjem i srednjem delu toka delu toka na lokalitetima LIT, VRH, ČAT, ZAG i JAS. Posmatrajući sadržaj Tl u zemljištu u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm uočava se trend povećanja sadržaja sa dubinom na lokalitetima donjeg dela toka (Tabela 21). Prostorno posmatrano može se uočiti trend povećanja sadržaja Tl u donjem delu toka idući ka ušću reke Save.

Ukupan sadržaj Zn u ispitivanim uzorcima zemljišta u sloju od 0-30 cm bio je u opsegu od 45,03 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu LIT do 150,38 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO (Tabela 20). Sadržaj Zn po dubini varira u zavisnosti od lokaliteta te se trend povećanja sadržaja Zn u slojevima od 0-10, 10-20 i 20-30 cm uočava na lokalitetima RAD, VRH, ČAT, ZAG, JAS i BEO. Na ostalim lokalitetima sadržaj Zn opada sa povećanjem dubine (Tabela 21). Prostorno posmatrano sadržaj Zn takođe varira u zavisnosti od lokaliteta ali se isto tako uočava određeni trend povećanja sadržaja u donjem delu toka.

Prostorno posmatrano, ukupan sadržaj skoro svih ispitivanih elemenata u zemljištu povećavao se idući od izvora ka ušću reke, pri čemu su najviši ukupni sadržaji uglavnom izmereni na lokalitetima donjeg dela toka i to najčešće na lokalitetu BEO. Izuzetak su Sr i Mo čiji najviši ukupan sadržaj je izmeren na lokalitetima gornjeg i delimično na lokalitetima srednjeg dela toka (Tabela 20). Kada se posmatra ukupan sadržaj u odnosu na dubinu zemljišta može se uočiti trend povećanja sadržaja ispitivanih elemenata sa povećanjem dubine zemljišta. Odstupanje od ovog trenda može se primetiti za elemente Cr, Mn i Zn gde na većini lokaliteta dolazi do smanjenja ukupnog sadržaja sa povećanjem dubine zemljišta (Tabela 21).

Tabela 20. Ukupni sadržaj ispitivanih elemenata u sloju zemljišta od 0-30 cm u 2015. godini

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
			Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
MOJ	Rendzina	0-30	0,10 (0,00)	6518,31 (134,30)	10,06 (0,39)	50,30 (0,31)	/	1,86 (0,03)	12,00 (0,05)	15,66 (0,27)	6016,66 (51,26)	13,08 (0,16)	188,37 (3,89)	0,79 (0,07)	6,68 (0,05)	51,61 (0,37)	/	67,72 (1,25)	0,25 (0,28)	93,42 (0,40)
RAD	Euglej	0-30	0,03 (0,00)	6257,43 (96,72)	3,86 (0,38)	21,24 (0,35)	/	3,07 (0,07)	12,39 (0,63)	14,90 (0,16)	9509,68 (255,06)	15,28 (0,26)	241,01 (2,34)	0,25 (0,00)	13,54 (0,14)	21,52 (0,45)	/	93,05 (11,93)	0,09 (0,10)	58,22 (0,40)
LIT	Fluvisol	0-30	/	10777,74 (102,95)	4,09 (0,63)	66,52 (7,64)	/	4,22 (0,07)	11,29 (0,14)	13,45 (0,49)	14356,80 (257,61)	29,62 (0,92)	142,76 (1,76)	/	11,22 (0,07)	14,53 (0,74)	/	51,60 (0,55)	/	45,03 (1,82)
VRH	Fluvisol	0-30	/	13560,23 (129,20)	6,79 (0,36)	100,15 (2,44)	/	6,29 (0,06)	12,10 (0,28)	17,55 (0,12)	16736,00 (126,24)	30,63 (0,41)	274,97 (2,72)	/	13,43 (0,13)	20,88 (0,72)	/	60,76 (0,79)	/	59,88 (0,44)
ČAT	Fluvisol	0-30	0,03 (0,00)	15355,16 (182,80)	7,27 (0,36)	87,67 (1,38)	0,01 (0,04)	7,62 (0,05)	15,92 (0,38)	72,44 (1,58)	22623,08 (294,58)	40,62 (0,78)	413,87 (3,98)	/	18,30 (0,09)	25,60 (0,28)	/	72,56 (0,68)	/	86,67 (0,62)
ZAG	Fluvisol	0-30	0,01 (0,02)	10555,49 (185,20)	5,32 (0,28)	57,20 (0,94)	/	5,07 (0,05)	11,37 (0,06)	16,62 (0,17)	14341,51 (103,91)	30,83 (0,26)	324,37 (1,31)	/	12,70 (0,06)	10,69 (0,38)	/	91,60 (0,67)	/	50,61 (0,30)
JAS	Fluvisol	0-30	0,02 (0,02)	9009,76 (105,35)	4,70 (0,25)	52,71 (0,90)	/	5,61 (0,05)	11,52 (0,05)	11,53 (0,11)	12582,62 (125,20)	24,18 (0,30)	324,35 (2,98)	/	12,41 (0,12)	11,67 (0,29)	/	61,05 (0,77)	/	48,08 (0,18)
SLB	Fluvisol	0-30	0,03 (0,00)	20505,87 (191,72)	7,61 (0,22)	64,66 (1,44)	/	11,37 (0,08)	38,88 (0,18)	25,33 (0,12)	23567,70 (422,02)	45,01 (0,60)	582,83 (5,43)	/	38,38 (0,17)	14,01 (0,56)	/	72,99 (1,02)	0,31 (0,17)	62,55 (0,42)
ŽUP	Eutrični kambisol	0-30	0,07 (0,00)	21603,08 (204,02)	13,18 (0,31)	152,97 (2,04)	/	17,45 (0,18)	81,35 (0,64)	41,54 (0,50)	25718,47 (176,17)	47,46 (0,64)	801,70 (5,93)	/	117,14 (1,05)	25,64 (1,86)	/	51,86 (0,61)	0,62 (0,20)	106,71 (0,45)
SRM	Fluvisol	0-30	0,07 (0,00)	24946,35 (338,26)	11,93 (0,42)	92,56 (1,71)	0,07 (0,00)	14,08 (0,08)	76,06 (1,48)	39,94 (0,37)	38180,69 (484,37)	52,72 (0,61)	556,16 (2,98)	/	94,62 (1,15)	44,15 (0,71)	/	84,11 (1,01)	0,89 (0,12)	135,03 (1,81)
ŠAB	Fluvisol	0-30	0,07 (0,00)	20747,51 (232,12)	14,62 (0,35)	95,45 (2,66)	0,31 (0,03)	15,18 (0,11)	66,37 (0,62)	35,63 (0,33)	32026,26 (439,86)	49,11 (0,93)	727,17 (8,14)	/	96,03 (0,72)	25,24 (1,14)	/	57,67 (0,83)	1,81 (0,23)	123,95 (0,87)
BEO	Fluvisol	0-30	0,07 (0,01)	15940,21 (89,86)	18,33 (0,55)	137,72 (1,41)	0,85 (0,05)	17,32 (0,14)	61,98 (0,74)	62,95 (0,85)	28786,31 (227,91)	55,58 (1,20)	685,83 (7,24)	/	91,20 (0,46)	39,29 (1,28)	/	44,84 (0,83)	1,27 (0,12)	150,38 (1,28)

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

Tabela 21. Ukupni sadržaj ispitivanih elemenata u slojevima zemljišta od 0-10, 10-20 i 20-30 cm u 2015. godini

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
			Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
MOJ	Rendzina	0-10	0,10 (0,00)	6518,31 (130,44)	10,06 (0,332)	50,30 (0,29)	/	1,86 (0,05)	12,00 (0,05)	15,66 (0,22)	6016,66 (51,09)	13,08 (0,16)	188,37 (5,58)	0,79 (0,06)	6,68 (0,04)	51,61 (0,33)	/	67,72 (1,02)	0,25 (0,18)	93,42 (0,35)
RAD	Euglej	0-10	0,10 (0,00)	5009,53 (151,89)	3,66 (0,60)	16,03 (0,15)	/	2,81 (0,04)	13,04 (0,12)	14,16 (0,24)	9507,36 (253,93)	16,33 (0,25)	227,70 (4,43)	0,75 (0,84)	14,46 (0,06)	16,13 (0,43)	/	91,01 (35,26)	0,27 (0,31)	40,86 (0,28)
		10-20	/	6879,90 (75,28)	3,70 (0,18)	20,26 (0,40)	/	2,89 (0,00)	13,04 (1,68)	16,43 (0,14)	8447,43 (148,71)	14,74 (0,35)	218,00 (1,92)	/	13,92 (0,31)	17,72 (0,50)	/	94,70 (0,26)	/	42,62 (0,41)
		20-30	/	6882,85 (63,03)	4,23 (0,346)	27,43 (0,50)	/	3,50 (0,05)	11,09 (0,11)	14,13 (0,10)	10574,26 (362,57)	14,77 (0,18)	277,34 (0,66)	/	12,24 (0,06)	30,70 (0,42)	/	93,44 (0,28)	/	91,19 (0,53)
LIT	Fluvisol	0-10	/	6992,03 (72,79)	4,31 (0,73)	45,32 (0,28)	/	3,39 (0,00)	7,91 (0,05)	10,51 (0,13)	12481,18 (212,51)	28,10 (0,34)	196,13 (1,03)	/	9,76 (0,07)	17,03 (0,59)	/	53,14 (0,70)	/	36,70 (0,17)
		10-20	/	14893,06 (75,33)	4,66 (0,85)	78,58 (1,57)	/	5,12 (0,14)	16,04 (0,09)	18,79 (0,19)	15699,85 (194,57)	35,37 (0,41)	126,37 (1,49)	/	13,60 (0,05)	15,05 (0,88)	/	52,49 (0,43)	/	52,11 (0,48)
		20-30	/	10448,14 (160,72)	3,31 (0,32)	75,65 (21,09)	/	4,16 (0,06)	9,92 (0,28)	11,05 (1,16)	14889,36 (365,75)	25,40 (2,00)	105,78 (2,75)	/	10,30 (0,08)	11,53 (0,75)	/	49,17 (0,53)	/	46,28 (4,80)
VRH	Fluvisol	0-10	/	9188,80 (135,85)	6,10 (0,59)	79,21 (0,46)	/	4,71 (0,00)	10,88 (0,08)	16,74 (0,14)	17037,97 (169,65)	31,36 (0,35)	296,60 (1,97)	/	13,50 (0,10)	19,52 (0,38)	/	64,07 (0,89)	/	54,09 (0,34)
		10-20	/	15268,95 (148,94)	6,07 (0,14)	94,56 (3,83)	/	6,90 (0,10)	10,88 (0,38)	17,04 (0,09)	15397,05 (139,20)	28,26 (0,56)	285,09 (3,27)	/	12,78 (0,09)	20,32 (0,49)	/	62,74 (0,63)	/	54,65 (0,63)
		20-30	/	16222,95 (102,80)	8,19 (0,37)	126,68 (3,04)	/	7,26 (0,10)	14,55 (0,36)	18,86 (0,13)	17772,98 (69,86)	32,26 (0,33)	243,22 (2,91)	/	14,01 (0,20)	22,81 (1,30)	/	55,47 (0,85)	/	70,90 (0,35)
ČAT	Fluvisol	0-10	0,10 (0,00)	9849,83 (70,90)	6,44 (0,50)	68,10 (0,31)	0,02 (0,00)	5,47 (0,04)	15,98 (0,04)	155,58 (3,81)	21297,71 (51,50)	33,66 (0,21)	352,05 (1,28)	/	15,94 (0,07)	26,40 (0,22)	/	81,54 (0,51)	/	83,53 (0,40)
		10-20	/	18766,44 (311,04)	8,29 (0,19)	94,92 (2,09)	/	8,23 (0,08)	15,97 (0,60)	37,91 (0,57)	26392,50 (316,21)	44,54 (0,88)	463,69 (7,39)	/	19,61 (0,10)	26,26 (0,38)	/	70,15 (0,66)	/	84,93 (0,67)
		20-30	/	17449,22 (166,43)	7,08 (0,39)	99,99 (1,72)	/	9,16 (0,04)	15,81 (0,50)	23,83 (0,35)	20179,03 (516,03)	43,67 (1,26)	425,87 (3,27)	/	19,34 (0,08)	24,14 (0,25)	/	65,99 (0,86)	/	91,53 (0,80)
ZAG	Fluvisol	0-10	0,03 (0,00)	7231,46 (53,89)	4,68 (0,33)	38,41 (0,23)	/	3,49 (0,00)	9,75 (0,05)	13,19 (0,15)	11468,27 (53,16)	23,09 (0,10)	274,36 (1,00)	/	10,13 (0,05)	12,26 (0,45)	/	83,45 (0,60)	/	38,23 (0,17)
		10-20	/	11852,92 (206,32)	5,98 (0,16)	62,23 (2,24)	/	5,87 (0,08)	11,80 (0,09)	18,02 (0,18)	15305,13 (120,20)	33,88 (0,18)	357,15 (1,91)	/	13,63 (0,08)	9,52 (0,57)	/	97,16 (0,74)	/	54,29 (0,34)
		20-30	/	12582,10 (295,32)	5,30 (0,34)	70,97 (0,36)	/	5,85 (0,06)	12,55 (0,03)	18,64 (0,17)	16251,13 (138,37)	35,53 (0,51)	341,60 (1,01)	/	14,33 (0,04)	10,28 (0,13)	/	94,20 (0,67)	/	59,32 (0,40)

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
			Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
JAS	Fluvisol	0-10	0,07 (0,00)	8976,14 (178,82)	4,82 (0,33)	32,46 (0,14)	/	5,10 (0,04)	13,51 (0,05)	12,87 (0,08)	13290,68 (184,27)	25,05 (0,50)	327,88 (3,03)	/	13,25 (0,07)	11,85 (0,31)	/	61,99 (1,22)	/	49,60 (0,16)
		10-20	/	8337,77 (46,21)	4,16 (0,16)	51,83 (1,39)	/	5,19 (0,05)	8,74 (0,05)	9,09 (0,08)	11254,41 (88,20)	19,87 (0,17)	268,99 (1,44)	/	10,33 (0,08)	8,67 (0,20)	/	59,90 (0,57)	/	42,82 (0,08)
		20-30	/	9715,36 (91,03)	5,12 (0,26)	73,85 (1,17)	/	6,53 (0,06)	12,31 (0,04)	12,62 (0,16)	13202,77 (103,11)	27,62 (0,23)	376,18 (4,46)	/	13,65 (0,19)	14,48 (0,35)	/	61,27 (0,51)	/	51,82 (0,30)
SLB	Fluvisol	0-10	0,10 (0,00)	15569,15 (126,56)	7,17 (0,26)	55,41 (0,16)	/	8,89 (0,05)	32,50 (0,11)	21,60 (0,09)	21845,77 (147,10)	38,57 (0,59)	622,43 (4,36)	/	35,51 (0,06)	11,84 (0,54)	/	68,34 (0,49)	0,07 (0,16)	49,88 (0,18)
		10-20	/	23592,32 (215,46)	7,84 (0,22)	71,00 (2,62)	/	11,23 (0,05)	42,59 (0,18)	28,77 (0,18)	25918,76 (889,33)	50,33 (0,70)	573,88 (3,33)	/	41,78 (0,09)	15,86 (0,88)	/	76,18 (1,03)	0,23 (0,19)	72,02 (0,56)
		20-30	/	22356,13 (233,14)	7,83 (1,78)	67,57 (1,52)	/	13,97 (0,14)	41,55 (0,26)	25,62 (0,09)	22938,58 (229,62)	46,13 (0,51)	552,18 (8,59)	/	37,84 (0,34)	14,33 (0,24)	/	74,46 (1,55)	0,63 (0,16)	65,73 (0,51)
ŽUP	Eutrični kambisol	0-10	0,20 (0,00)	21554,00 (253,63)	11,19 (0,61)	111,37 (0,42)	/	14,32 (0,08)	83,43 (0,31)	37,30 (0,30)	30533,74 (282,78)	47,61 (0,88)	760,76 (6,22)	/	112,23 (0,44)	22,93 (4,45)	/	59,67 (0,64)	0,23 (0,26)	99,77 (0,49)
		10-20	/	30320,81 (191,45)	14,32 (0,12)	164,96 (3,10)	/	18,68 (0,28)	93,43 (0,89)	41,12 (0,14)	34714,43 (176,62)	47,02 (0,41)	846,43 (5,15)	/	133,17 (2,16)	28,28 (0,60)	/	38,12 (0,55)	0,66 (0,11)	112,96 (0,31)
		20-30	/	12934,45 (166,97)	14,02 (0,19)	182,57 (2,60)	/	19,35 (0,19)	67,19 (0,33)	46,19 (1,07)	11907,25 (69,11)	47,74 (0,63)	797,92 (6,42)	/	106,02 (0,55)	25,69 (0,52)	/	57,80 (0,64)	0,96 (0,23)	107,40 (0,55)
SRM	Fluvisol	0-10	0,20 (0,00)	19838,41 (114,36)	12,88 (0,62)	80,43 (0,40)	0,10 (0,00)	13,01 (0,04)	68,98 (0,12)	36,24 (0,17)	32176,19 (106,55)	49,54 (0,28)	710,16 (1,98)	/	89,31 (0,28)	36,79 (0,48)	/	59,90 (0,21)	0,67 (0,14)	112,55 (0,35)
		10-20	/	20540,72 (327,84)	12,54 (0,30)	111,21 (3,20)	0,10 (0,00)	15,31 (0,11)	83,84 (2,06)	42,21 (0,57)	32611,59 (140,30)	54,92 (0,90)	486,43 (1,63)	/	99,15 (1,78)	46,27 (0,98)	/	135,01 (1,77)	0,93 (0,12)	148,91 (1,62)
		20-30	/	34459,93 (572,58)	10,37 (0,33)	86,04 (1,52)	/	13,91 (0,09)	75,35 (2,26)	41,38 (0,36)	49754,28 (1206,26)	53,69 (0,64)	471,90 (5,33)	/	95,41 (1,37)	49,37 (0,65)	/	57,43 (1,06)	1,08 (0,10)	143,64 (3,45)
ŠAB	Fluvisol	0-10	0,20 (0,00)	23139,89 (403,44)	15,99 (0,37)	93,28 (0,55)	0,28 (0,00)	14,67 (0,10)	76,19 (0,56)	41,23 (0,50)	36154,30 (356,90)	58,29 (1,15)	860,88 (9,37)	/	109,50 (0,44)	28,66 (1,62)	/	62,16 (0,91)	1,05 (0,27)	128,12 (0,80)
		10-20	/	23237,14 (23,02)	15,56 (0,32)	106,77 (2,61)	0,29 (0,00)	15,76 (0,14)	75,27 (0,29)	42,50 (0,14)	37508,67 (427,68)	58,93 (0,72)	800,49 (9,12)	/	105,25 (0,41)	39,27 (0,93)	/	67,87 (1,10)	1,59 (0,14)	147,38 (1,24)
		20-30	/	15865,50 (269,91)	12,31 (0,36)	86,31 (4,81)	0,37 (0,00)	15,11 (0,10)	47,64 (1,01)	23,16 (0,36)	22415,80 (535,00)	30,11 (0,92)	520,12 (5,94)	/	73,35 (1,31)	7,79 (0,87)	/	42,97 (0,47)	2,79 (0,28)	96,37 (0,57)
BEO	Fluvisol	0-10	0,22 (0,00)	24469,71 (245,37)	21,00 (0,51)	101,13 (0,60)	0,57 (0,00)	13,88 (0,14)	63,06 (0,36)	49,52 (0,27)	37971,73 (283,38)	58,32 (0,64)	861,61 (5,77)	/	91,00 (0,29)	39,21 (1,73)	/	55,74 (0,41)	1,10 (0,18)	151,35 (0,83)
		10-20	/	11679,42 (10,21)	14,09 (0,69)	146,13 (1,75)	0,65 (0,00)	18,17 (0,12)	61,39 (1,68)	60,02 (1,46)	23694,23 (200,29)	54,77 (1,96)	579,09 (3,76)	/	92,25 (0,45)	35,09 (0,88)	/	40,60 (0,67)	1,28 (0,10)	122,06 (1,20)
		20-30	/	11671,49 (14,00)	19,89 (0,46)	165,91 (1,88)	1,33 (0,00)	19,92 (0,18)	61,49 (0,19)	79,32 (0,83)	24692,96 (200,07)	53,64 (1,01)	616,78 (12,19)	/	90,36 (0,63)	43,58 (1,23)	/	38,16 (1,41)	1,44 (0,09)	177,71 (1,81)

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

5.5.2. Frakcije teških metala i metaloida u zemljištu

5.5.2.1. Frakcije teških metala i metaloida u zemljištu uzorkovanom u periodu visokog vodostaja (2014. godina)

Rezultati sekvencijalne ekstrakcije uzoraka zemljišta na odabranim lokalitetima duž toka reke Save prikazani su u Tabelama 22-25 i na graficima 1-18 (PRILOG 1).

Sadržaj Ag u uzorcima zemljišta na lokalitetima LIT i ZAG nije detektovan ni u jednoj fazi. Posmatrajući frakcioni profil Ag može se uočiti da se najveći deo ekstrahovao u reducibilnoj fazi (41,08 - 100 %) dok se nešto manji deo ekstrahovao u izmenljivoj fazi (10,48 - 100 %) (Grafik 1). U oksidabilnoj fazi Ag se nije ekstrahovao (Grafik 1). Posmatrajući frakcioni profil Ag uočavamo da u prvoj fazi ekstrakcije dolazi do opadanja sadržaja Ag sa povećanjem dubine zemljišta (Tabela 22), u reducibilnoj fazi ukupan sadržaj Ag raste sa povećanjem dubine sa izuzetkom lokaliteta BEO gde sa povećanjem dubine opada sadržaj Ag u zemljištu (Tabela 23). U oksidabilnoj fazi ukupan sadržaj Ag bio je ispod granice detekcije dok se u rezidualnoj fazi može uočiti da sa dubinom dolazi do povećanja sadržaja na skoro svim lokalitetima (Tabela 24). Ukupan sadržaj (Total) Ag u površinskim slojevima zemljišta kretao se u opsegu od 0,02 mg kg⁻¹ na lokalitetu ČAT do 0,23 mg kg⁻¹ na lokalitetu ŽUP (Tabela 25). Na prostornom gradijentu uočava se da sadržaj Ag raste do lokaliteta ŽUP nakon čega dolazi do smanjenja sadržaja na lokalitetima donjeg dela toka.

Najveći deo Al se ekstrahovao u rezidualnoj fazi (79,96 - 91,04 %) dok se nešto manje ekstrahovao u oksidabilnoj (4,78 - 18,32 %) i reducibilnoj (0,63 - 9,65 %) fazi (Grafik 2). Zanimljiv deo je ekstrahovan u izmenljivoj fazi i to od 0,18 do 1,83 % (Grafik 2). Sadržaj Al se u izmenljivoj fazi smanjuje sa povećanjem dubine (Tabela 22) dok se u reducibilnoj fazi može uočiti da nema jasne pravilnosti u distribuciji sadržaja Al po dubinama i da varira u zavisnosti od lokaliteta (Tabela 23). U oksidabilnoj fazi sadržaj Al na lokalitetima donjeg i gornjeg dela toka opada sa povećanjem dubine dok na lokalitetima srednjeg dela toka sa povećanjem dubine dolazi i do povećanja sadržaja Al (Tabela 24). U rezidualnoj fazi se uočava da na lokalitetima srednjeg dela toka (ZAG, SLB i ŽUP) sadržaj Al opada sa povećanjem dubine dok se na ostalim lokalitetima uočava da se sa povećanjem dubine povećava i sadržaj Al. Ukupan sadržaj (Total) Al kretao se u opsegu od 2283,82 mg kg⁻¹ na lokalitetu RAD do 16219,73 mg kg⁻¹ na lokalitetu ŽUP pri čemu se uočava trend povećanja sadržaja Al duž toka (Tabela 25).

Najviše ekstrahovanog As u ispitivanim uzorcima zemljišta dobijeno je u oksidabilnoj (27,73 - 80,86 %) i u rezidualnoj fazi (19,14 - 60,40 %) (Grafik 3). U reducibilnoj fazi na lokalitetima BOH, ZAG i JAS As nije ekstrahovan, dok je na ostalim lokalitetima ekstrahovan u opsegu od 2,79 % do 22,87 % (Grafik 3). Arsen u izmenljivoj fazi nije ekstrahovan (Tabela 22). Sadržaj As koji se ekstrahovao u reducibilnoj fazi povećavao se sa povećanjem dubine na svim lokalitetima osim na lokalitetu BEO gde se sadržaj sa povećanjem dubine smanjivao (Tabela 23). Sadržaj As koji se ekstrahovao u oksidabilnoj fazi ima neujednačenu distribuciju po dubini i varira u zavisnosti od lokaliteta (Tabela 24) dok u rezidualnoj fazi sadržaj As generalno raste sa povećanjem dubine na skoro svim lokalitetima sa izuzetkom ŽUP i BEO. Ukupan sadržaj (Total) As u površinskim slojevima zemljišta bio je u opsegu od 4,20 mg kg⁻¹ na lokalitetu BOH do 16,02 mg kg⁻¹ na lokalitetu SRM u jasano uočljiv trend povećanja sadržaja idući od izvora do ušća (Tabela 25).

Posmatrajući frakcioni profil Ba može se uočiti da se najveći deo ekstrahovao u izmenljivoj i reducibilnoj fazi. Što se tiče izmenljive faze najveći sadržaj Ba ekstrahovan je u zemljištima gornjeg dela toka (14,73 - 41,48 %) a u reducibilnoj fazi najvećim delom Ba je ekstrahovan u zemljištima donjeg dela toka reke Save (15,90 - 59,13 %) (Grafik 4). Najmanji sadržaj Ba je bio ekstrahovan u oksidabilnoj fazi (5,40 - 22,69 %) a ostatak Ba je ekstrahovan u rezidualnoj fazi (11,50 - 50,71 %) (Grafik 4). Sadržaj Ba ekstrahovan u izmenljivoj i reducibilnoj fazi ima vrlo sličnu distribuciju u odnosu na dubinu zemljišta. Na gornjem delu toka sadržaj Ba raste sa

povećanjem dubine dok se na donjem delu toka može uočiti da dolazi do smanjenja sadržaja sa povećanjem dubine (Tabele 22 i 23). Sadržaj Ba u oksidabilnoj fazi se duž celog toka smanjuje sa povećanjem dubine (Tabela 24) dok se u rezidualnoj fazi može uočiti da je distribucija po dubini dosta neujednačena ali da postoji određeni trend rasta u zavisnosti od lokaliteta. Ukupan sadržaj (Total) Ba bio je od 19,69 mg kg⁻¹ na lokalitetu BOH do 159,61 mg kg⁻¹ na lokalitetu SRM pri čemu Ba ima vrlo neujednačenu prostornu distribuciju duž toka (Tabela 25).

Na frakcionom profilu kadmijuma uočljivo je da je najvećim delom bio ekstrahovan u rezidualnoj fazi (68,82 – 88,67 %) (Grafik 5). U skoro podjednakoj količini Cd je bio ekstrahovan u reducibilnoj (5,27 – 19,90 %) i oksidabilnoj fazi (3,19 – 14,59 %), s tim da su veće količine Cd u reducibilnoj fazi bile ekstrahovane u donjem delu toka dok su u oksidabilnoj fazi najveće količine bile ekstrahovane u uzorcima zemljišta iz srednjeg dela toka reke Save (Grafik 5). Najmanje količine Cd bile su ekstrahovane u izmenljivoj fazi (1,43 – 9,67 %), pri čemu su u izmenljivoj fazi najveće količine ekstrahovane na lokalitetu BOH (Grafik 5). Na frakcionom profilu, u izmenljivoj fazi, može se uočiti da sadržaj Cd na lokalitetima gornjeg dela toka raste sa povećanjem dubine dok se na lokalitetima donjeg dela toka sadržaj Cd u izmenljivoj fazi smanjuje sa povećanjem dubine (Tabela 22). Sadržaj Cd ekstrahovan u reducibilnoj fazi smanjuje sa povećanjem dubine na skoro svim lokalitetima (Tabela 23). Sadržaj ekstrahovan u oksidabilnoj fazi ima vrlo neujednačen trend distribucije po dubini i zavisi od lokaliteta (Tabela 24). Sadržaj ekstrahovanog Cd u rezidualnoj fazi opada sa povećanjem dubine na skoro svim lokalitetima sa izuzetkom lokaliteta RAD i SRM gde dolazi do povećanja sadržaja Cd u dubljim slojevima zemljišta. Ukupan sadržaj (Total) Cd u površinskim slojevima zemljišta bio je od 1,16 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu BOH do 4,98 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ŽUP (Tabela 25). Na prostornom gradijentu uočava se trend povećanja sadržaja Cd na donjem delu toka.

Najveći sadržaj Co u ispitivanim zemljištima ekstrahovan je u rezidualnoj fazi (29,18 – 75,11 %) (Grafik 6). Sadržaj Co u oksidabilnoj fazi kretao se u opsegu od 10,39 % do 41,35 % pri čemu su najveće količine ekstrahovane u uzorcima zemljišta u gornjem i srednjem delu toka reke Save (Grafik 6). U reducibilnoj fazi na većini lokaliteta u gornjem delu toka sadržaj Co nije ekstrahovan, dok su u donjem delu toka ekstrahovane veće količine koje su se kretale u opsegu od 47,16 % do 59,22 % (Grafik 6). Najmanja količina Co ekstrahovana je u prvoj tj. izmenljivoj fazi, pri čemu čemu ovaj element nije ekstrahovan u uzorcima zemljišta na lokalitetima SLB i ŽUP. Kao i kod oksidabilne faze i kod izmenljive faze najveći sadržaji su ekstrahovani u uzorcima iz gornjeg dela toka reke Save (Grafik 6). Sadržaj Co ekstrahovan u izmenljivoj i rezidualnoj fazi ima ujednačenu distribuciju po dubini profila i na skoro svim lokalitetima se uočava da se sadržaj Co smanjuje sa povećanjem dubine (Tabela 22). U reducibilnoj fazi može se uočiti da sadržaj Co raste sa povećanjem dubine i to vrlo ujednačeno na svim lokalitetima (Tabela 23). U oksidabilnoj fazi sadržaj Co varira u odnosu na tok reke Save te na lokalitetima gornjeg dela toka kao i na lokalitetu SLB dolazi do povećanja sadržaja Co sa povećanjem dubine dok na lokalitetima donjeg dela dolazi do smanjenja sadržaja Co u dubljim slojevima (Tabela 24). Ukupan sadržaj (Total) Co bio je u opsegu od 2,41 mg kg⁻¹ na lokalitetu RAD do 16,79 mg kg⁻¹ na lokalitetu ŽUP (Tabela 25). Na prostornom gradijentu uočava se da sadržaj Co raste do lokaliteta ŽUP nakon čega dolazi do smanjenja sadržaja na lokalitetima donjeg dela toka reke.

Sadržaj Cr u ispitivanim uzorcima zemljišta se najvećim delom nalazio u rezidualnoj fazi i to u opsegu od 43,36 % do 85,68 % dok je ostatak najvećim delom bio u oksidabilnoj fazi vezan za organsku materiju i sulfide (14,32 – 56,64 %) (Grafik 7). Hrom u reducibilnoj fazi nije bio ekstrahovan u uzorcima na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka dok su zanemarljivo male količine ekstrahovane u zemljištima donjeg dela toka (3,48 – 8,12%) (Grafik 7). Hrom takođe nije ekstrahovan u izmenljivoj fazi ni na jednom od lokaliteta (Tabela 22). U reducibilnoj fazi uočava se rastući trend sadržaja Cr sa povećanjem dubine na skoro svim lokalitetima pri čemu je izuzetak lokalitet BEO gde dolazi do smanjenja sadržaja Cr u dubljim slojevima zemljišta (Tabela 23). U

oksidabilnoj fazi može se uočiti da distribucija Cr po dubini varira na celom toku reke Save. Na lokalitetima gornjeg dela toka sadržaj Cr raste sa povećanjem dubine dok se na lokalitetima donjeg dela toka sadržaj smanjuje u dubljim slojevima zemljišta (Tabela 24). U rezidualnoj fazi se uočava ujednačen opadajući trend sadržaja Cr sa povećanjem dubine zemljišta. Ukupan sadržaj (Total) Cr u površinskim slojevima zemljišta bio je od 6,97 mg kg⁻¹ na lokalitetu RAD do 75,08 mg kg⁻¹ na lokalitetu ŽUP (Tabela 25). Kao i kod prostorne distribucije kobalta, tako i kod hroma sadržaj raste do lokaliteta ŽUP nakon čega dolazi do smanjenja sadržaja na lokalitetima donjeg dela toka.

U frakcionom profilu Cu uočljivo je da se najveći deo sadržaja nalazi u rezidualnoj fazi (49,45 – 69,34 %) dok se takođe veći deo sadržaja ekstrahovao u oksidabilnoj fazi i to u opsegu od 10,86 % do 47,65 % (Grafik 8). Što se tiče sadržaja izdvojenog u reducibilnoj fazi, u gornjem delu toka izdvojene su male količine Cu dok se ta količina povećava u donjem delu toka (0,93 – 31,41 %) (Grafik 8). U izmenljivoj fazi na skoro svim lokalitetima ekstrahovane su vrlo male količine Cu a kretale su se u opsegu od 0,32 % do 5,37 % (Grafik 8). Posmatrajući po dubini uočava se opadajući trend sadržaja Cu koji se ekstrahovao u izmenljivoj fazi na svim lokalitetima sa izuzetkom lokaliteta RAD i ŽUP gde se sadržaj Cu povećava sa povećanjem dubine (Tabela 22). Takođe može da se uoči opadajući trend sadržaja Cu po dubini i u reducibilnoj fazi sa izuzetkom lokaliteta ŽUP i SRM gde se sadržaj Cu povećava sa povećanjem dubine (Tabela 23). Sadržaj ekstrahovanog Cu u oksidabilnoj fazi varira u zavisnosti od lokaliteta te se može primetiti da na lokalitetima gornjeg dela toka i delimično na lokalitetima srednjeg dela toka sadržaj Cu raste sa povećanjem dubine dok na ostalim lokalitetima dolazi do smanjenja sadržaja sa povećanjem dubine (Tabela 24). U rezidualnoj fazi se može uočiti jasan opadajući trend sadržaja Cu po dubini, na svim istraživanim lokalitetima. Ukupan sadržaj (Total) Cu kretao se u opsegu od 9,28 mg kg⁻¹ na lokalitetu JAS do 35,86 mg kg⁻¹ na lokalitetu ŽUP pri čemu se na prostornom gradijentu uočava rast sadržaja Cu do lokaliteta ŽUP nakon čega dolazi do smanjenja (Tabela 25).

Duž celog toka u ispitivanim uzorcima zemljišta ekstrahovane su zanemarljivo male količine Fe u izmenljivoj fazi (0,01 – 0,47 %) (Grafik 9). U reducibilnoj i oksidabilnoj fazi ekstrahovane su nešto veće količine Fe. U reducibilnoj fazi, i to pretežno u donjem delu toka te količine su se kretale u opsegu od 1,57 % do 15 %, dok su se u oksidabilnoj fazi, pretežno u srednjem delu toka, te količine kretale u opsegu od 2,67 % do 20,50 % (Grafik 9). Generalno posmatrajući frakcioni profil Fe uočljivo je da se ipak najveća količina Fe nalazi u rezidualnoj fazi i to u opsegu od 74,15 % do 95,76 % (Grafik 9). U izmenljivoj fazi sadržaj Fe opada sa povećanjem dubine zemljišta na svim istraživanim lokalitetima (Tabela 22) dok u rezidualnoj fazi sadržaj Fe dosta varira i nema ujednačenu distribuciju po dubini. Sadržaj Fe koji se ekstrahovao u reducibilnoj i oksidabilnoj fazi ima sličnu prostornu distribuciju kao i distribuciju po dubini. Sadržaj Fe se povećava sa povećanjem dubine na lokalitetima gornjeg dela toka dok se na lokalitetima donjeg dela toka smanjuje sa povećanjem dubine (Tabele 23 i 24). Ukupan sadržaj (Total) Fe u površinskim slojevima zemljišta bio je u opsegu od 4854,70 mg kg⁻¹ na lokalitetu BOH do 30369,42 mg kg⁻¹ na lokalitetu RAD (Tabela 25). Prostorno posmatrano Fe nema ujednačenu distribuciju duž toka.

Ukupan sadržaj Li u ispitivanim zemljištima ekstrahovan je u oksidabilnoj fazi vezan za organsku materiju i sulfide (Grafik 10). U izmenljivoj, reducibilnoj i rezidualnoj fazi Li nije ekstrahovan. Posmatrajući po dubini ekstrahovan sadržaj Li u oksidabilnoj fazi raste sa povećanjem dubine (Tabela 23). Ukupan sadržaj (Total) Li izmeren je samo na lokalitetima ČAT, ZAG, SLB i ŽUP kao i u prvoj dubini lokaliteta SRM. Ukupan sadržaj se kretao od 1,12 mg kg⁻¹ na lokalitetu SLB do 4,92 mg kg⁻¹ na lokalitetu ŽUP (Tabela 25).

Najviše ekstrahovanog Mn nalazilo se u reducibilnoj (34,14 – 75,91 %) i u izmenljivoj fazi (8,68 – 43,64 %) (Grafik 11). U rezidualnoj fazi sadržaj Mn se kretao u opsegu od 7,03 % do 27,76 %, dok su najmanje količine ekstrahovane u oksidabilnoj fazi (3,88 – 12,83 %) (Grafik 11) ukazujući na slabu vezanost Mn sa organskom materijom i sulfidima. Posmatrano po dubini Mn u izmenljivoj fazi ima vrlo jasno uočljiv opadajući trend (Tabela 22) dok u reducibilnoj fazi Mn ima jasno uočljiv

rastući trend na svim istraživanim lokalitetima (Tabela 23). Mangan koji se ekstrahovao u oksidabilnoj fazi ima rastući trend po dubini na lokalitetima gornjeg dela toka dok se na lokalitetima donjeg dela toka može uočiti da se sadržaj smanjuje sa povećanjem dubine (Tabela 24). Sadržaj Mn u rezidualnoj fazi dosta varira u zavisnosti od lokaliteta i nije moguće uočiti jasan trend distribucije Mn po dubini. Ukupan sadržaj (Total) Mn u površinskim slojevima zemljišta bio je 163,60 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu JAS do 875,75 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ŽUP (Tabela 25). Prostorna distribucija Mn u zemljištu ukazuje da postoji trend povećanja do lokaliteta ŽUP nakon čega se sadržaj u površinskim slojevima zemljišta smanjuje idući ka ušću (Tabela 25).

U izmenljivoj i oksidabilnoj fazi na svim lokalitetima Mo nije bio ekstrahovan (Grafik 12). Najveća količina Mo ekstrahovana je u rezidualnoj fazi i kretala u opsegu od 76,38 % do 91,69 % (Grafik 12). Međutim što se tiče reducibilne faze, na lokalitetima donjeg dela toka (SLB, ŽUP, SRM i BEO) u ispitivanim zemljištima ekstrahovana je određena količina Mo koja se kretala u opsegu od 8,31 % do 23,62 % (Grafik 12). U reducibilnoj fazi Mo koji je izmeren na lokalitetima donjeg dela toka ima opadajući trend kako prostorno tako i po dubini (Tabela 23). Kada je u pitanju rezidualna faza može se uočiti da nema jasno izraženog trenda i da distribucija po dubini veoma varira u zavisnosti od lokaliteta. Ukupan sadržaj (Total) Mo kretao se u opsegu od 0,12 mg kg⁻¹ na lokalitetu JAS do 1,04 mg kg⁻¹ na lokalitetu RAD (Tabela 25) pri čemu se uočava da dolazi do povećanja sadržaja na donjem delu toka.

U frakcionom profilu uočljivo je da je najveći sadržaj Ni ekstrahovan u rezidualnoj fazi (35,33 – 79,78 %), dok je ostatak sadržaja Ni u zemljištu bio raspoređen u najvećoj meri između reducibilne (1,21 – 29,31 %) i oksidabilne faze (14,36 – 60,45 %) (Grafik 13). Najmanje količine su ekstrahovane u izmenljivoj fazi i kretale su se u opsegu od 1,96 % do 7,73 % (Grafik 13). Posmatrajući po dubini sadržaj Ni u izmenljivoj fazi opada sa povećanjem dubine zemljišta na svim istraživanim lokalitetima (Tabela 22). U reducibilnoj fazi sadržaj Ni na lokalitetima donjeg dela toka opada po dubini dok na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela tok dosta varira (Tabela 23). Sadržaj Ni koji je ekstrahovan u oksidabilnoj fazi generalno ima rastući trend sa dubinom ali su izuzetak lokaliteti ZAG, SRM i BEO gde se sa povećanjem dubine smanjuje sadržaj Ni (Tabela 24). U rezidualnoj fazi jasno je uočljiv rastući trend sadržaja Ni kako po dubini tako i prostorno, idući od izvora ka ušću. Ukupan sadržaj (Total) Ni u površinskim slojevima zemljišta kretao se od 9,95 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ZAG do 117,93 mg kg⁻¹ na lokalitetu ŽUP pri čemu prostorna distribucija Ni u zemljištu ukazuje da postoji trend povećanja sadržaja do lokaliteta ŽUP nakon čega se sadržaj ovog elementa smanjuje idući ka ušću (Tabela 25).

Posmatrajući frakcioni profil, najveći deo sadržaja Pb u uzorcima zemljišta ekstrahovan je u reducibilnoj i oksidabilnoj fazi. Sadržaj ekstrahovanog olova u reducibilnoj fazi (9,52 – 66,94 %) raste idući od izvora ka ušću dok sadržaj olova u oksidabilnoj fazi (3,74 – 83,16 %) ima suprotan trend te opada idući ka ušću (Grafik 14). Nešto manje Pb ekstrahovano je u izmenljivoj fazi (4,84 – 41,77 %) sa izuzetkom lokaliteta BOH gde olovo nije ekstrahovano (Grafik 14). Najmanja količina olova ekstrahovana je u rezidualnoj fazi i to u proseku oko 12 % u zavisnosti od lokaliteta (Grafik 14). Sadržaj Pb u izmenljivoj fazi opada sa dubinom sa izuzetkom lokaliteta RAD, SRM i BEO gde se sa povećanjem dubine povećava i sadržaj Pb (Tabela 22). U reducibilnoj fazi na svim istraživanim lokalitetima sadržaj Pb raste po dubini (Tabela 23) dok u oksidabilnoj fazi sadržaj Pb raste po dubini samo na lokalitetima RAD i LIT a na ostalim opada sa povećanjem dubine (Tabela 24). Ukupan sadržaj (Total) Pb kretao se u opsegu od 37,08 mg kg⁻¹ na lokalitetu BOH do 364,05 mg kg⁻¹ na lokalitetu RAD (Tabela 25) uz neujednačenu prostornu distribuciju duž toka.

Najveći deo sadržaj Se u ispitivanim uzorcima ekstrahovan je u oksidabilnoj (26,28 – 81,68 %) i rezidualnoj fazi (18,32 – 73,22 %) (Grafik 15). Nešto manje količine Se ekstrahovane su u reducibilnoj fazi i to samo na lokalitetima u donjem delu toka reke (Grafik 15). Selen nije ekstrahovan u izmenljivoj fazi ni na jednom lokalitetu (Grafik 15). Ekstrahovan Se u reducibilnoj

fazi ima vrlo neujednačenu distribuciji po dubini zemljišta (Tabela 23) dok u oksidabilnoj fazi sadržaj Se opada sa povećanjem dubine (Tabela 24). Ukupan sadržaj (Total) Se u površinskim slojevima zemljišta kretao se u opsegu od 2,93 mg kg⁻¹ na lokalitetu BOH do 10,60 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO (Tabela 25) pri čemu se može uočiti da postoji trend povećanja sadržaja na donjem delu toka.

Najmanja količina Sr u ispitivanim zemljištima ekstrahovana je u rezidualnoj (2,45 – 13,98 %) i oksidabilnoj fazi (1,52 – 21,08 %) (Grafik 16). Nešto veće količine stroncijuma ekstrahovane su u reducibilnoj fazi (11,91 – 34,09 %) pri čemu je uočljiv trend opadanja sadržaja idući od izvora ka ušću (Grafik 16). Najveća količina Sr ekstrahovana je u izmenljivoj fazi i to u opsegu od 45,16 % do 77,89 %, što govori o visokom stepenu mobilnosti (Grafik 16). U izmenljivoj fazi celokupan ekstrahovani Sr ima vrlo ujednačen rastući trend po dubini (Tabela 22) dok u reducibilnoj fazi u gornjem delu toka nema jasno izraženog trenda po dubini a na lokalitetima donjeg dela toka dolazi do povećanja sadržaja sa povećanjem dubine (Tabela 23). U oksidabilnoj fazi dolazi do smanjenja sadržaja Sr u zemljištu sa povećanjem dubine (Tabela 24). Ukupan sadržaj (Total) Sr bio je u opsegu od 78,74 mg kg⁻¹ na lokalitetu LIT do 174,83 mg kg⁻¹ na lokalitetu BOH (Tabela 25).

Posmatrajući frakcioni profil talijuma, najmanja količina ekstrahovana je u rezidualnoj i u izmenljivoj fazi s obzirom da je na većini istraživanih lokaliteta sadržaj Tl bio ispod nivoa detekcije (Grafik 17). Najveće količine ekstrahovane su u reducibilnoj (10,53 – 100 %) i u oksidabilnoj fazi (8,15 – 100 %) (Grafik 17). U reducibilnoj fazi može se uočiti da u gornjem delu toka dolazi do porasta sadržaja Tl sa povećanjem dubine dok se u donjem delu toka sa povećanjem dubine smanjuje sadržaj (Tabela 23). U oksidabilnoj fazi ukupan sadržaj ekstrahovanog Tl opada sa povećanjem dubine (Tabela 24). Ukupan sadržaj (Total) Tl u površinskim slojevima zemljišta kretao se u opsegu od 0,15 mg kg⁻¹ na lokalitetu ZAG do 4,00 mg kg⁻¹ na lokalitetu BOH pri čemu se uočava neujednačena prostorna distribucija duž toka (Tabela 25).

Sadržaj Zn u ispitivanim uzorcima se u najvećoj meri nalazio u rezidualnoj fazi, čvrsto vezan za kristalnu rešetku (13,62 – 100 %) (Grafik 18). Preostali deo sadržaja cinka bio je raspoređen između reducibilne (5,94 – 58,08 %) i oksidabilne faze (3,10 – 69,51 %) (Grafik 18). Mada, što se tiče reducibilne faze na frakcionom profilu se uočava da Zn nije ekstrahovan u uzorcima u gornjem delu toka (Tabela 23). S druge strane u oksidabilnoj fazi u gornjem delu toka, na lokalitetima BOH i RAD, sadržaji cinka su takođe bili ispod nivoa detekcije (Tabela 24). Na većini odabranih lokaliteta u izmenljivoj fazi cink nije ekstrahovan sa izuzetkom lokaliteta RAD gde je ekstrahovano u proseku oko 24 % (Tabela 22). Zanimljivo male količine u izmenljivoj fazi ekstrahovane su još i na lokalitetu SRM. Ukupan sadržaj (Total) Zn bio je u opsegu od 3,77 mg kg⁻¹ na lokalitetu BOH do 115,21 mg kg⁻¹ na lokalitetu ŽUP pri čemu se uočava trend povećanja sadržaja Zn duž toka (Tabela 25).

Tabela 22. Sadržaj ispitivanih elemenata u zemljištu u 2014. godini – Faza 1 (izmenljiva faza)

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
			Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
BOH	Rendzina	0-10	/	50,64 (4,05)	/	8,17 (1,05)	0,10 (0,01)	0,52 (0,03)	/	0,49 (0,01)	25,90 (0,77)	/	163,60 (10,11)	/	1,15 (0,01)	/	/	78,96 (5,26)	0,60 (0,02)	/
		10-20	0,06 (0,00)	20,69 (0,87)	/	9,74 (1,88)	0,11 (0,01)	0,53 (0,03)	/	0,73 (0,04)	1,24 (0,83)	/	160,79 (11,36)	/	1,07 (0,01)	/	/	80,18 (4,15)	0,46 (0,06)	/
		20-30	0,05 (0,01)	21,25 (2,16)	/	8,43 (0,49)	0,11 (0,02)	0,49 (0,04)	/	0,19 (0,01)	2,30 (0,11)	/	160,64 (12,26)	/	0,86 (0,06)	/	/	79,11 (4,29)	0,43 (0,04)	/
RAD	Euglej	0-10	0,03 (0,00)	28,02 (2,06)	/	9,52 (1,16)	0,09 (0,01)	0,36 (0,05)	/	0,24 (0,01)	2,28 (0,12)	/	96,68 (8,74)	/	0,75 (0,04)	12,24 (0,18)	/	76,14 (3,61)	/	5,76 (0,21)
		10-20	0,02 (0,01)	27,96 (2,33)	/	13,60 (1,22)	0,15 (0,00)	0,31 (0,03)	/	0,27 (0,01)	4,70 (0,51)	/	98,70 (7,55)	/	0,88 (0,03)	18,37 (0,71)	/	76,46 (4,12)	/	12,75 (1,08)
		20-30	/	27,28 (1,74)	/	17,98 (1,02)	0,15 (0,01)	0,28 (0,02)	/	0,80 (0,04)	0,86 (0,68)	/	95,66 (4,13)	/	0,76 (0,01)	23,83 (0,68)	/	77,96 (4,09)	/	14,63 (1,12)
LIT	Fluvisol	0-10	/	22,86 (1,56)	/	19,92 (0,85)	0,07 (0,00)	0,66 (0,01)	/	0,20 (0,01)	1,30 (0,53)	/	85,60 (3,29)	/	0,70 (0,11)	23,25 (0,12)	/	57,67 (1,23)	/	/
		10-20	/	20,46 (0,98)	/	20,76 (1,22)	0,21 (0,02)	0,62 (0,01)	/	0,34 (0,01)	1,18 (0,12)	/	79,15 (3,11)	/	0,86 (0,05)	21,61 (0,11)	/	56,88 (1,97)	/	/
		20-30	/	21,39 (1,12)	/	20,33 (1,32)	0,06 (0,00)	0,59 (0,06)	/	0,19 (0,02)	1,27 (0,26)	/	72,97 (2,13)	/	0,74 (0,05)	19,80 (0,33)	/	51,53 (2,12)	/	/
ČAT	Fluvisol	0-10	/	24,99 (2,14)	/	18,53 (1,03)	0,10 (0,01)	0,55 (0,04)	/	0,13 (0,01)	2,57 (0,34)	/	92,73 (6,84)	/	0,75 (0,03)	19,52 (0,19)	/	79,86 (3,08)	/	/
		10-20	0,03 (0,00)	23,25 (0,55)	/	18,49 (1,65)	0,11 (0,01)	0,53 (0,03)	/	0,43 (0,01)	1,64 (0,15)	/	92,60 (1,16)	/	0,75 (0,01)	19,79 (0,09)	/	81,88 (7,18)	/	/
		20-30	0,02 (0,00)	22,97 (1,07)	/	17,11 (1,71)	0,10 (0,01)	0,48 (0,01)	/	0,07 (0,01)	1,08 (0,11)	/	85,14 (1,36)	/	0,69 (0,04)	18,60 (0,11)	/	76,79 (5,21)	/	/
ZAG	Fluvisol	0-10	/	29,13 (2,35)	/	20,86 (0,98)	0,08 (0,00)	0,45 (0,09)	/	0,05 (0,01)	2,42 (0,13)	/	73,20 (6,12)	/	0,45 (0,01)	7,94 (0,22)	/	91,82 (6,21)	/	/
		10-20	/	37,90 (3,09)	/	22,14 (0,83)	0,07 (0,03)	0,40 (0,02)	/	0,26 (0,01)	8,91 (0,09)	/	66,94 (4,20)	/	0,34 (0,02)	3,62 (0,19)	/	92,12 (8,12)	/	/
		20-30	/	26,11 (1,44)	/	19,66 (1,43)	0,06 (0,01)	0,39 (0,01)	/	0,07 (0,00)	2,03 (0,12)	/	62,89 (1,79)	/	0,30 (0,01)	3,35 (0,17)	/	91,38 (7,78)	/	/
JAS	Fluvisol	0-10	0,04 (0,01)	19,02 (0,98)	/	8,03 (0,85)	0,17 (0,01)	0,15 (0,01)	/	0,23 (0,02)	0,69 (0,41)	/	53,86 (3,36)	/	0,33 (0,01)	18,34 (0,23)	/	61,79 (5,12)	1,46 (0,12)	/
		10-20	/	17,82 (1,18)	/	8,45 (0,45)	0,13 (0,01)	0,15 (0,01)	/	0,45 (0,02)	0,38 (0,21)	/	52,24 (2,97)	/	0,48 (0,01)	24,56 (0,12)	/	65,24 (1,39)	0,35 (0,19)	/
		20-30	/	19,65 (1,77)	/	8,53 (0,36)	0,10 (0,01)	0,15 (0,01)	/	0,08 (0,04)	0,43 (0,09)	/	52,93 (1,59)	/	0,46 (0,06)	19,32 (0,33)	/	68,94 (1,48)	/	/

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
			Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
SLB	Fluvisol	0-10	/	25,07 (1,57)	/	12,08 (1,11)	0,05 (0,00)	/	/	0,14 (0,00)	1,31 (0,09)	/	57,01 (3,58)	/	1,18 (0,08)	18,67 (0,61)	/	67,69 (0,98)	/	/
		10-20	/	26,08 (2,08)	/	11,38 (1,08)	0,07 (0,01)	/	/	0,19 (0,01)	1,37 (0,11)	/	49,68 (3,18)	/	1,05 (0,04)	18,28 (1,15)	/	67,43 (1,57)	/	/
		20-30	/	25,13 (1,59)	/	11,04 (0,98)	0,05 (0,01)	/	/	0,12 (0,01)	0,14 (0,12)	/	49,46 (1,87)	/	1,05 (0,04)	16,60 (1,06)	/	68,65 (1,25)	0,41 (0,13)	/
ŽUP	Eutrični kambisol	0-10	0,03 (0,01)	68,96 (4,77)	/	34,23 (2,31)	0,12 (0,05)	0,14 (0,00)	/	0,33 (0,02)	35,85 (2,16)	/	92,81 (2,11)	/	3,80 (0,11)	12,95 (0,26)	/	61,72 (5,26)	0,33 (0,08)	/
		10-20	0,02 (0,01)	28,08 (2,13)	/	33,91 (3,08)	0,11 (0,05)	/	/	0,33 (0,03)	3,42 (0,54)	/	76,05 (1,59)	/	3,24 (0,09)	6,51 (0,48)	/	62,61 (5,21)	0,37 (0,11)	/
		20-30	/	26,69 (1,98)	/	33,81 (1,58)	0,12 (0,03)	/	/	0,42 (0,02)	1,47 (0,16)	/	76,51 (6,02)	/	3,19 (0,14)	7,13 (0,39)	/	65,64 (4,70)	/	/
SRM	Fluvisol	0-10	0,04 (0,00)	26,65 (2,12)	/	23,51 (1,37)	0,18 (0,01)	0,40 (0,03)	/	0,24 (0,01)	3,26 (0,49)	/	165,73 (6,49)	/	3,39 (0,03)	4,70 (0,47)	/	72,89 (7,12)	/	5,16 (0,49)
		10-20	0,03 (0,00)	21,96 (2,56)	/	21,35 (1,12)	0,14 (0,00)	0,21 (0,01)	/	0,46 (0,05)	1,10 (0,19)	/	116,20 (5,77)	/	2,80 (0,33)	10,29 (0,15)	/	71,19 (8,15)	/	1,84 (0,37)
		20-30	0,02 (0,00)	25,34 (1,77)	/	24,04 (1,19)	0,18 (0,01)	0,18 (0,00)	/	0,40 (0,04)	1,45 (0,31)	/	108,43 (3,49)	/	2,62 (0,29)	11,81 (0,11)	/	74,52 (3,48)	/	1,88 (0,43)
BEO	Fluvisol	0-10	/	24,37 (1,61)	/	22,83 (0,18)	0,21 (0,00)	0,18 (0,01)	/	0,38 (0,01)	1,59 (0,41)	/	102,49 (9,06)	/	2,49 (0,17)	4,39 (0,04)	/	77,91 (3,14)	/	/
		10-20	/	24,88 (1,56)	/	23,29 (0,17)	0,22 (0,02)	0,15 (0,01)	/	0,12 (0,01)	0,84 (0,16)	/	94,69 (3,11)	/	2,09 (0,16)	5,41 (0,05)	/	82,40 (7,29)	/	/
		20-30	/	27,67 (0,64)	/	20,15 (0,11)	0,18 (0,02)	0,14 (0,03)	/	0,27 (0,01)	1,60 (0,11)	/	92,24 (3,12)	/	2,09 (0,16)	9,12 (0,19)	/	93,29 (8,18)	/	/

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

Tabela 23. Sadržaj ispitivanih elemenata u zemljištu u 2014. godini – Faza 2 (reducibilna faza)

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
			Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
BOH	Rendzina	0-10	0,04 (0,01)	19,60 (1,04)	/	6,18 (0,74)	0,14 (0,01)	/	/	0,18 (0,01)	130,44 (8,52)	/	166,43 (7,42)	/	0,57 (0,02)	/	/	59,59 (1,05)	0,45 (0,01)	/
		10-20	0,04 (0,00)	40,34 (2,48)	/	8,07 (0,23)	0,15 (0,01)	/	/	0,18 (0,00)	117,85 (6,23)	/	172,19 (7,21)	/	0,32 (0,02)	4,56 (0,36)	/	53,25 (1,68)	0,42 (0,04)	/
		20-30	0,05 (0,01)	19,51 (3,12)	/	7,60 (0,12)	0,14 (0,01)	/	/	0,12 (0,00)	93,63 (6,08)	/	178,28 (5,13)	/	0,29 (0,04)	4,21 (0,75)	/	53,31 (2,08)	0,51 (0,01)	/
RAD	Euglej	0-10	0,04 (0,00)	38,88 (1,12)	/	6,76 (0,48)	0,18 (0,02)	/	/	0,46 (0,02)	262,25 (15,27)	/	120,03 (7,89)	/	1,24 (0,04)	38,15 (0,65)	/	20,65 (0,59)	0,51 (0,03)	/
		10-20	0,03 (0,02)	37,24 (1,78)	0,38 (0,01)	9,07 (0,36)	0,24 (0,04)	/	/	0,21 (0,01)	423,93 (11,23)	/	150,64 (6,92)	/	0,59 (0,01)	64,45 (1,05)	/	20,59 (0,94)	0,43 (0,01)	/
		20-30	0,05 (0,00)	47,81 (2,02)	0,22 (0,05)	14,05 (0,33)	0,28 (0,01)	/	/	0,38 (0,01)	476,06 (9,87)	/	195,68 (7,09)	/	0,85 (0,06)	92,93 (1,11)	/	19,63 (0,71)	0,71 (0,02)	3,58 (0,74)
LIT	Fluvisol	0-10	/	37,11 (2,12)	0,45 (0,11)	19,12 (0,67)	0,14 (0,00)	/	/	0,31 (0,02)	376,45 (22,06)	/	78,18 (2,36)	/	0,31 (0,01)	37,70 (0,94)	/	17,22 (0,69)	0,39 (0,01)	/
		10-20	/	80,76 (3,36)	0,47 (0,09)	20,39 (0,88)	0,15 (0,00)	/	/	0,43 (0,01)	429,91 (21,54)	/	84,74 (3,01)	/	0,61 (0,01)	38,77 (0,73)	/	18,10 (0,82)	/	/
		20-30	/	47,07 (3,95)	0,57 (0,08)	21,68 (0,41)	0,15 (0,05)	/	/	0,25 (0,01)	412,04 (26,38)	/	93,69 (3,49)	/	0,39 (0,05)	37,46 (1,03)	/	17,56 (0,54)	0,38 (0,01)	/
ČAT	Fluvisol	0-10	0,03 (0,01)	62,27 (5,12)	0,37 (0,12)	24,04 (0,12)	0,26 (0,01)	0,10 (0,00)	/	0,39 (0,02)	570,54 (27,31)	/	117,83 (7,84)	/	0,67 (0,01)	31,41 (0,69)	/	21,96 (0,51)	0,58 (0,01)	/
		10-20	0,03 (0,01)	95,73 (7,59)	0,50 (0,23)	27,43 (0,12)	0,30 (0,01)	0,32 (0,01)	/	0,25 (0,01)	690,10 (55,29)	/	138,13 (7,12)	/	0,90 (0,07)	31,79 (0,74)	/	21,52 (0,36)	0,58 (0,05)	/
		20-30	0,03 (0,00)	59,46 (2,19)	0,53 (0,03)	30,02 (0,19)	0,29 (0,04)	0,32 (0,01)	/	0,23 (0,00)	648,01 (41,03)	/	145,93 (5,45)	/	0,94 (0,04)	30,79 (1,00)	/	22,84 (0,41)	0,53 (0,07)	/
ZAG	Fluvisol	0-10	/	43,15 (2,36)	/	24,49 (0,29)	0,19 (0,01)	/	/	0,43 (0,01)	297,03 (18,07)	/	76,77 (3,59)	/	0,52 (0,02)	31,90 (2,09)	/	25,95 (1,03)	/	/
		10-20	/	43,67 (1,58)	0,26 (0,06)	28,86 (0,48)	0,20 (0,00)	/	/	0,40 (0,02)	292,99 (14,15)	/	79,72 (7,08)	/	0,78 (0,01)	28,35 (0,82)	/	26,37 (1,11)	/	/
		20-30	/	48,81 (1,22)	/	25,32 (0,36)	0,18 (0,00)	/	/	0,16 (0,00)	278,38 (12,02)	/	77,49 (6,18)	/	0,29 (0,02)	30,85 (1,56)	/	26,34 (1,54)	/	/
JAS	Fluvisol	0-10	/	38,64 (2,06)	0,56 (0,07)	8,84 (0,88)	0,12 (0,00)	/	/	0,27 (0,01)	311,19 (21,08)	/	59,16 (3,22)	/	0,37 (0,03)	30,16 (0,48)	/	25,32 (0,78)	0,32 (0,01)	/
		10-20	0,03 (0,01)	30,09 (3,22)	/	9,79 (0,49)	0,16 (0,04)	/	/	0,38 (0,01)	283,86 (35,26)	/	139,53 (17,20)	/	0,58 (0,00)	29,99 (0,68)	/	19,71 (0,63)	0,41 (0,01)	/
		20-30	0,04 (0,00)	29,37 (1,48)	/	9,85 (0,33)	0,14 (0,02)	0,09 (0,00)	/	0,17 (0,01)	321,03 (24,12)	/	143,52 (12,28)	/	0,63 (0,01)	30,67 (2,20)	/	19,87 (0,42)	0,41 (0,01)	/

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
			Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
SLB	Fluvisol	0-10	0,07 (0,02)	817,06 (20,39)	0,62 (0,08)	28,91 (0,29)	0,71 (0,04)	3,64 (0,02)	/	2,22 (0,11)	1048,69 (54,18)	/	250,13 (18,09)	/	6,75 (0,11)	20,63 (0,92)	0,22 (0,00)	13,66 (0,31)	1,60 (0,26)	/
		10-20	0,06 (0,02)	795,15 (17,28)	0,67 (0,07)	28,79 (0,37)	0,51 (0,03)	3,79 (0,04)	0,98 (0,00)	2,75 (0,11)	1108,62 (36,74)	/	267,78 (17,61)	/	7,49 (0,22)	22,85 (1,11)	/	14,46 (0,11)	1,11 (0,32)	/
		20-30	0,07 (0,01)	693,36 (25,08)	0,63 (0,08)	26,42 (0,15)	0,39 (0,01)	3,75 (0,01)	0,89 (0,00)	2,06 (0,12)	924,90 (19,87)	/	261,36 (11,68)	/	6,88 (0,43)	21,62 (1,09)	/	15,47 (0,11)	0,81 (0,14)	/
ŽUP	Eutrični kambisol	0-10	0,19 (0,01)	1290,00 (33,49)	1,55 (0,11)	75,45 (0,15)	0,85 (0,08)	9,42 (0,05)	5,12 (0,00)	7,51 (0,12)	3409,94 (101,08)	/	630,70 (45,21)	0,07 (0,00)	32,13 (0,11)	27,90 (0,55)	1,62 (0,09)	10,88 (0,08)	1,32 (0,09)	18,01 (0,73)
		10-20	0,20 (0,0)	1304,24 (40,06)	1,68 (0,12)	79,49 (0,11)	0,89 (0,04)	9,60 (0,04)	5,51 (0,00)	10,57 (0,09)	3600,39 (98,37)	/	664,79 (33,67)	0,08 (0,01)	34,56 (0,09)	31,08 (0,49)	1,84 (0,11)	11,11 (0,04)	1,33 (0,15)	26,24 (1,03)
		20-30	0,20 (0,03)	1384,58 (22,44)	1,67 (0,11)	85,06 (0,18)	0,91 (0,01)	9,81 (0,05)	5,78 (0,00)	11,27 (0,07)	3468,57 (33,25)	/	632,73 (41,09)	0,09 (0,00)	35,22 (0,36)	34,21 (0,36)	1,89 (0,08)	10,97 (0,07)	1,37 (0,11)	20,95 (1,11)
SRM	Fluvisol	0-10	0,10 (0,01)	895,31 (15,29)	3,25 (0,36)	77,67 (0,26)	0,76 (0,01)	5,51 (0,01)	3,47 (0,00)	3,77 (0,36)	3216,07 (49,33)	/	377,01 (20,08)	0,08 (0,01)	15,80 (0,11)	37,36 (2,05)	1,40 (0,11)	12,88 (0,33)	0,97 (0,04)	41,40 (0,96)
		10-20	0,11 (0,00)	902,90 (26,38)	2,73 (0,15)	45,53 (0,33)	0,61 (0,01)	5,64 (0,02)	3,68 (0,00)	3,55 (0,20)	2404,93 (104,76)	/	426,94 (18,29)	0,05 (0,01)	17,94 (0,84)	37,93 (1,89)	1,51 (0,12)	12,55 (0,51)	1,00 (0,05)	42,47 (0,75)
		20-30	0,13 (0,01)	919,96 (17,06)	3,66 (0,19)	48,34 (0,28)	0,63 (0,01)	5,69 (0,04)	4,04 (0,00)	5,40 (0,28)	2204,93 (73,27)	/	453,15 (35,62)	0,07 (0,00)	17,88 (0,62)	43,62 (2,08)	1,37 (0,11)	11,96 (0,47)	1,07 (0,11)	48,17 (1,41)
BEO	Fluvisol	0-10	0,10 (0,01)	923,59 (2,97)	1,86 (0,09)	38,78 (0,41)	0,68 (0,02)	5,19 (0,02)	3,16 (0,00)	4,96 (0,33)	2940,37 (101,12)	/	356,76 (28,04)	0,04 (0,00)	15,73 (0,41)	31,92 (2,66)	1,04 (0,08)	12,12 (0,72)	0,81 (0,54)	27,88 (1,58)
		10-20	0,10 (0,01)	911,99 (19,98)	1,61 (0,11)	40,49 (0,35)	0,68 (0,01)	5,15 (0,02)	3,28 (0,00)	5,11 (0,44)	2907,72 (95,37)	/	385,39 (22,36)	0,05 (0,01)	15,80 (0,33)	32,11 (3,12)	1,26 (0,04)	13,02 (0,69)	1,09 (0,20)	25,13 (2,07)
		20-30	0,08 (0,00)	779,07 (5,41)	1,30 (0,12)	35,66 (0,29)	0,48 (0,03)	4,80 (0,02)	2,55 (0,00)	4,12 (0,15)	2092,93 (301,11)	/	359,93 (31,36)	0,03 (0,00)	16,17 (0,73)	32,03 (2,18)	1,04 (0,07)	15,55 (0,45)	0,76 (0,11)	11,19 (1,06)

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

Tabela 24. Sadržaj ispitivanih elemenata u zemljištu u 2014. godini – Faza 3 (oksidabilna faza)

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	Elementi (mg kg ⁻¹)																		
			Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn	
BOH	Rendzina	0-10	/	204,30 (15,26)	2,89 (0,31)	1,82 (0,11)	0,11 (0,01)	0,88 (0,05)	2,18 (0,18)	4,88 (0,31)	512,05 (32,48)	/	14,56 (0,54)	/	3,75 (0,26)	31,43 (1,06)	2,37 (0,18)	30,72 (0,26)	/	/	
		10-20	/	251,33 (21,09)	3,49 (0,21)	1,69 (0,16)	0,11 (0,00)	0,95 (0,09)	2,28 (0,16)	4,31 (0,28)	641,85 (51,39)	/	18,19 (0,61)	/	3,56 (0,31)	37,00 (2,15)	2,24 (0,21)	25,42 (0,21)	3,12 (0,03)	/	/
		20-30	/	241,71 (19,85)	3,52 (0,29)	1,39 (0,09)	0,12 (0,01)	0,98 (0,08)	2,18 (0,20)	3,95 (0,34)	639,31 (48,36)	/	16,16 (0,77)	/	3,70 (0,19)	32,12 (2,45)	2,43 (0,22)	22,48 (0,18)	0,15 (0,03)	/	/
RAD	Euglej	0-10	/	320,04 (33,61)	3,58 (0,31)	3,27 (0,21)	0,21 (0,02)	0,54 (0,03)	1,32 (0,11)	6,70 (0,41)	890,43 (60,48)	/	30,92 (2,03)	/	1,86 (0,14)	109,13 (7,89)	2,92 (0,19)	26,83 (0,21)	0,19 (0,01)	/	/
		10-20	/	267,07 (25,37)	3,28 (0,12)	3,25 (0,20)	0,19 (0,01)	0,75 (0,06)	1,35 (0,12)	8,26 (0,32)	950,07 (74,19)	/	21,78 (1,45)	/	1,74 (0,15)	144,74 (9,15)	2,33 (0,18)	22,65 (0,19)	/	/	/
		20-30	/	301,48 (19,79)	2,60 (0,17)	5,04 (0,21)	0,17 (0,00)	0,59 (0,04)	1,37 (0,14)	12,01 (0,67)	809,91 (65,87)	/	25,06 (1,26)	/	2,11 (0,12)	193,65 (12,15)	1,32 (0,13)	27,34 (0,31)	/	/	/
LIT	Fluvisol	0-10	/	326,43 (36,51)	4,84 (0,36)	20,25 (0,14)	0,24 (0,01)	1,00 (0,08)	4,76 (0,32)	5,43 (0,49)	1651,07 (112,26)	/	25,55 (2,06)	/	1,70 (0,09)	29,32 (0,84)	3,04 (0,21)	5,18 (0,21)	0,30 (0,01)	3,44 (0,04)	
		10-20	/	313,50 (27,42)	4,96 (0,41)	17,12 (0,19)	0,25 (0,02)	1,04 (0,04)	6,14 (0,34)	5,75 (0,46)	1642,59 (98,34)	/	21,87 (2,06)	/	1,78 (0,16)	28,38 (0,74)	3,37 (0,26)	4,49 (0,31)	0,34 (0,01)	4,10 (0,11)	
		20-30	/	369,74 (29,37)	5,20 (0,21)	19,23 (0,16)	0,26 (0,01)	1,21 (0,02)	7,79 (0,51)	6,62 (0,57)	1769,44 (154,36)	/	22,58 (1,85)	/	2,02 (0,17)	32,68 (1,09)	3,28 (0,31)	5,08 (0,11)	0,58 (0,05)	5,61 (0,19)	
ČAT	Fluvisol	0-10	/	598,68 (41,29)	4,54 (0,26)	9,63 (0,09)	0,37 (0,02)	1,37 (0,03)	6,06 (0,41)	6,89 (0,49)	2528,21 (145,67)	1,68 (0,11)	25,85 (1,23)	/	2,72 (0,24)	16,29 (1,11)	6,64 (0,45)	5,55 (0,15)	/	8,28 (0,42)	
		10-20	/	664,49 (52,31)	4,57 (0,19)	9,57 (0,12)	0,38 (0,01)	1,66 (0,07)	7,23 (0,38)	8,20 (0,78)	2681,03 (214,36)	1,81 (0,12)	28,16 (1,67)	/	4,15 (0,21)	12,01 (0,57)	2,79 (0,20)	4,97 (0,12)	0,11 (0,00)	11,91 (0,31)	
		20-30	/	763,78 (48,97)	5,08 (0,17)	11,23 (0,21)	0,40 (0,02)	1,98 (0,09)	9,04 (0,62)	8,82 (0,69)	2883,95 (149,37)	2,65 (0,21)	29,74 (2,19)	/	4,07 (0,31)	12,97 (0,97)	2,94 (0,30)	5,18 (0,34)	3,08 (0,04)	15,12 (0,12)	
ZAG	Fluvisol	0-10	/	844,66 (70,15)	5,05 (0,41)	9,75 (0,31)	0,33 (0,03)	1,11 (0,11)	6,62 (0,52)	8,00 (0,81)	2330,25 (175,69)	2,58 (0,22)	26,63 (1,78)	/	13,97 (1,01)	22,45 (1,07)	2,69 (0,18)	12,24 (0,49)	/	39,53 (0,07)	
		10-20	/	981,34 (81,23)	5,65 (0,32)	12,37 (0,12)	0,35 (0,01)	1,13 (0,11)	7,42 (0,53)	7,42 (0,36)	2467,27 (164,58)	3,19 (0,26)	28,57 (1,24)	/	2,73 (0,12)	22,43 (1,11)	2,73 (0,18)	13,18 (0,74)	0,15 (0,00)	4,19 (0,11)	
		20-30	/	866,79 (82,09)	5,76 (0,12)	10,81 (0,11)	0,29 (0,02)	1,05 (0,09)	6,63 (0,61)	6,26 (0,41)	2069,68 (201,03)	2,16 (0,18)	27,16 (1,36)	/	2,09 (0,20)	30,16 (2,08)	2,88 (0,26)	14,03 (0,15)	0,27 (0,01)	/	
JAS	Fluvisol	0-10	/	368,63 (32,09)	4,66 (0,31)	2,69 (0,16)	0,25 (0,01)	1,69 (0,12)	2,84 (0,18)	4,03 (0,33)	1676,80 (149,37)	/	16,88 (0,94)	/	2,20 (0,21)	20,15 (0,98)	3,07 (0,30)	8,30 (0,21)	0,32 (0,00)	0,47 (0,11)	
		10-20	/	392,36 (29,74)	4,06 (0,18)	2,33 (0,17)	0,25 (0,02)	1,63 (0,12)	2,93 (0,19)	3,78 (0,36)	1590,04 (136,33)	/	16,60 (0,82)	/	2,22 (0,16)	19,98 (1,48)	2,36 (0,18)	6,72 (0,32)	/	1,18 (0,29)	
		20-30	/	389,73 (33,47)	4,45 (0,21)	2,21 (0,21)	0,24 (0,02)	1,63 (0,11)	2,80 (0,20)	3,36 (0,29)	1628,09 (97,35)	/	16,48 (1,06)	/	2,61 (0,18)	17,94 (0,75)	2,51 (0,14)	4,03 (0,19)	3,19 (0,01)	2,51 (0,32)	

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
			Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
SLB	Fluvisol	0-10	/	879,42 (65,31)	4,08 (0,31)	4,06 (0,31)	0,18 (0,01)	0,91 (0,09)	5,96 (0,21)	2,60 (0,12)	1715,47 (87,56)	/	23,67 (1,64)	/	6,27 (0,51)	1,67 (0,33)	2,66 (0,15)	2,22 (0,15)	0,28 (0,00)	5,66 (0,41)
		10-20	/	1085,61 (70,29)	3,75 (0,26)	4,15 (0,28)	0,21 (0,02)	1,01 (0,08)	6,29 (0,34)	3,81 (0,24)	2034,52 (201,14)	1,12 (0,09)	26,81 (2,06)	/	6,97 (0,49)	2,13 (0,19)	3,08 (0,18)	2,40 (0,26)	0,27 (0,00)	8,45 (0,49)
		20-30	/	1073,11 (102,36)	4,00 (0,27)	3,65 (0,25)	0,23 (0,01)	1,01 (0,08)	6,04 (0,36)	3,65 (0,34)	2221,56 (167,95)	1,57 (0,11)	26,82 (2,48)	/	6,41 (0,43)	2,01 (0,14)	3,24 (0,19)	1,54 (0,11)	0,35 (0,02)	6,57 (0,09)
ŽUP	Eutrični kambisol	0-10	/	1315,98 (101,09)	4,92 (0,36)	8,77 (0,41)	0,25 (0,01)	2,06 (0,11)	20,37 (0,15)	5,36 (0,36)	2554,57 (201,35)	4,30 (0,21)	50,85 (3,26)	/	28,32 (0,36)	6,75 (0,32)	3,17 (0,26)	2,74 (0,48)	0,25 (0,01)	12,80 (0,33)
		10-20	/	1331,19 (121,41)	4,72 (0,27)	8,55 (0,36)	0,29 (0,02)	1,96 (0,11)	19,66 (0,11)	5,98 (0,49)	2911,92 (225,67)	4,92 (0,23)	51,81 (2,87)	/	26,37 (0,75)	6,77 (0,37)	3,45 (0,27)	2,78 (0,12)	0,31 (0,01)	14,89 (0,67)
		20-30	/	1291,46 (98,24)	4,46 (0,28)	8,43 (0,37)	0,27 (0,01)	1,92 (0,12)	19,08 (0,16)	6,36 (0,59)	2774,80 (198,34)	4,36 (0,36)	50,95 (4,19)	/	32,87 (1,16)	6,57 (0,49)	2,95 (0,33)	2,68 (0,16)	0,18 (0,00)	78,57 (0,52)
SRM	Fluvisol	0-10	/	1010,11 (94,31)	4,95 (0,31)	36,22 (0,24)	0,25 (0,02)	1,87 (0,15)	13,80 (0,11)	6,28 (0,61)	2322,36 (213,15)	2,49 (0,17)	39,03 (2,98)	/	20,61 (1,19)	5,83 (0,41)	2,57 (0,18)	3,30 (0,15)	0,12 (0,00)	16,45 (0,11)
		10-20	/	709,56 (60,31)	4,52 (0,16)	8,14 (0,26)	0,20 (0,01)	1,42 (0,12)	14,02 (0,12)	4,32 (0,38)	1787,14 (112,38)	/	32,59 (3,12)	/	16,87 (0,94)	3,18 (0,26)	2,02 (0,19)	1,77 (0,12)	0,14 (0,01)	15,76 (0,09)
		20-30	/	674,64 (57,26)	4,44 (0,17)	8,38 (0,21)	0,17 (0,01)	1,30 (0,11)	13,30 (0,12)	3,81 (0,36)	1602,10 (117,94)	/	35,00 (2,49)	/	15,54 (0,76)	4,90 (0,38)	2,61 (0,14)	2,54 (0,36)	0,27 (0,02)	18,07 (0,09)
BEO	Fluvisol	0-10	/	682,69 (58,23)	4,18 (0,20)	4,80 (0,20)	0,19 (0,01)	1,29 (0,11)	11,86 (0,09)	4,20 (0,25)	1700,40 (98,61)	/	26,45 (1,84)	/	15,01 (0,73)	4,25 (0,25)	5,98 (0,49)	2,11 (0,11)	0,31 (0,02)	11,34 (0,11)
		10-20	/	624,30 (51,23)	3,71 (0,21)	5,87 (0,18)	0,14 (0,01)	1,21 (0,09)	10,73 (0,08)	2,72 (0,21)	1124,04 (111,02)	/	24,14 (1,78)	/	13,08 (0,86)	3,56 (0,19)	1,88 (0,12)	1,61 (0,09)	0,20 (0,01)	10,65 (0,08)
		20-30	/	599,44 (41,32)	3,52 (0,18)	3,89 (0,31)	0,12 (0,01)	1,06 (0,11)	9,00 (0,09)	2,33 (0,21)	1129,99 (96,34)	/	22,43 (2,03)	/	11,65 (0,34)	3,46 (0,26)	2,19 (0,11)	1,93 (0,08)	0,22 (0,03)	8,31 (0,08)

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

5.5.2.2. Frakcije teških metala i metaloida u zemljištu uzorkovanom u periodu niskog vodostaja (2015. godina)

Rezultati sekvencijalne ekstrakcije uzoraka zemljišta na odabranim lokalitetima duž toka reke Save prikazani su Tabelama 26-29 i na graficima 19-36 (PRILOG 2).

Srebro u ispitivanim uzorcima zemljišta nije ekstrahovano u prve tri faze modifikovane BCR ekstrakcije ni na jednom od ispitivanih lokaliteta (Grafik 19). Samo je u donjem delu toka, na lokalitetima SRM, ŠAB i BEO, ekstrahovan i to u rezidualnoj fazi (Grafik 19). Ukupan sadržaj (Total) Ag u površinskim slojevima zemljišta kretao se u opsegu od 0,12 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu SRM do 0,26 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu BEO (Tabela 29).

Na frakcionom profilu može se uočiti da je najveći deo Al ekstrahovan u rezidualnoj fazi i to u opsegu od 99,07 % do 100 % (Grafik 20). Zanimljive količine Al su ekstrahovane u reducibilnoj i oksidabilnoj fazi, i to samo u gornjem delu toka, na lokalitetu MOJ (Grafik 20). U izmenljivoj fazi Al nije ekstrahovan (Tabela 26). U reducibilnoj i oksidabilnoj fazi uočava se da postoji trend opadanja sadržaja ekstrahovanog Al sa povećanjem dubine na lokalitetima gornjeg dela toka (Tabele 27 i 28). Ukupan sadržaj (Total) Al kretao se u opsegu od 11396,91 mg kg⁻¹ na lokalitetu MOJ do 64213,17 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO, pri čemu se uočava trend povećanja sadržaja Al idući od izvora ka ušću (Tabela 29).

Najveći sadržaj As u ispitivanim uzorcima zemljišta ekstrahovan je u rezidualnoj fazi i kretao se u opsegu od 95,55 % do 99,70 %. Zanimljivo male količine arsena su ekstrahovane u izmenljivoj (0,07 – 1,05 %), reducibilnoj (0,06 – 0,60 %) i oksidabilnoj fazi (0,18 – 2,80 %) (Grafik 21). U izmenljivoj fazi sadržaj As ima opadajući trend posmatrano u odnosu na dubinu zemljišta (Tabela 26) dok je u reducibilnoj i oksidabilnoj fazi sadržaj vrlo ujednačen odnosno nema velikih razlika po dubinama (Tabele 27 i 28). Ukupan sadržaj (Total) As u površinskim slojevima zemljišta bio je u opsegu od 6,95 mg kg⁻¹ na lokalitetu RAD do 32,54 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO. Prostorno posmatrano uočava se porast sadržaja As u zemljištu idući od izvora ka ušću (Tabela 29).

Na frakcionom profilu, uočljivo je da se najveći deo sadržaja Ba u ispitivanom zemljištu ekstrahovao u rezidualnoj fazi i to u opsegu od 62,81 % do 91,43 % (Grafik 22). Ostatak je skoro pa ravnomerno raspodeljen na prve tri faze. Sadržaj ekstrahovanog Ba u izmenljivoj fazi bio je u proseku oko 4,8 %, u reducibilnoj fazi je bio oko 7,8 % dok je u oksidabilnoj fazi, vezan za organsku materiju i sulfide, bio u proseku oko 4,5 % (Grafik 22). Posmatrajući distribuciju Ba po dubini zemljišta u izmenljivoj, oksidabilnoj i rezidualnoj fazi može se uočiti da generalno postoji ujednačen rastući trend na svim istraživanim lokalitetima (Tabele 26 i 28). U reducibilnoj fazi barijum takođe raste po dubini na svim lokalitetima osim lokaliteta ŠAB gde dolazi do smanjenja sadržaja sa povećanjem dubine (Tabela 27). Ukupan sadržaj (Total) Ba bio je u opsegu od 89,31 mg kg⁻¹ na lokalitetu RAD do 459,14 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO (Tabela 29) pri čemu se uočava da postoji jasan trend povećanja sadržaja na donjem delu toka.

Na frakcionom profilu Cd, uočljivo je da je najveći deo sadržaja ekstrahovan u rezidualnoj fazi (1,86 – 88,97 %) (Grafik 23). Zatim, velike količine Cd su ekstrahovane i u reducibilnoj fazi (4,95 – 43,10 %), i to najvećim delom na lokalitetima srednjeg toka reke Save. U izmenljivoj fazi ekstrahovane količine kadmijuma kretale su se u opsegu od 2,92 % do 36,78 %, uz uočljiv trend opadanja dostupnog sadržaja idući od izvora ka ušću (Grafik 23). Najmanje količine Cd u ispitivanim uzorcima ekstrahovane su u oksidabilnoj fazi (1,16 – 27,14 %), sa izuzetkom lokaliteta MOJ i RAD gde je sadržaj Cd bio preko 45 % (Grafik 23). Posmatrano po dubini sadržaj Cd u izmenljivoj fazi na većini lokaliteta gornjeg i srednjeg dela toka opada dok na lokalitetima donjeg dela toka dolazi do povećanja sadržaja Cd sa povećanjem dubine (Tabela 26). U reducibilnoj fazi može se uočiti da sadržaj Cd raste po dubini na lokalitetima donjeg dela toka dok na ostalim lokalitetima ima ujednačenu distribuciju po dubini (Tabela 27). U oksidabilnoj fazi ekstrahovan Cd ima takođe ujednačenu distribuciju bez izraženih promena po dubini (Tabela 28). Ukupan sadržaj

(Total) Cd kretao se u opsegu od 0,09 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu LIT do 3,68 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu BEO uz jasno uočljiv trend povećanja sadržaja na donjem delu toka (Tabela 29).

Zanemarljiva količina Co ekstrahovana je u reducibilnoj (0,06 – 0,60 %) kao i u izmenljivoj fazi (0,01 – 0,88 %) (Grafik 24). U izmenljivoj fazi malo veće količine ekstrahovane su na lokalitetima MOJ i LIT, krećući se u proseku oko 3 %. Određena količina Co ekstrahovana je i u oksidabilnoj fazi, vezana za organsku materiju i sulfide, i kretala se u proseku od 0,15 % do 9,75 % (Grafik 24). Najveća količina Co ekstrahovana je u rezidualnoj fazi, vezana za kristalnu reštku (89,04 – 99,43 %) (Grafik 24). Posmatrano po dubini sadržaj Co u izmenljivoj, oksidabilnoj i rezidualnoj fazi opada sa povećanjem dubine zemljišta (Tabele 26 i 28) dok se u reducibilnoj fazi može uočiti ujednačen trend bez promena sadržaja po dubinama (Tabela 27). Ukupan sadržaj (Total) Co kretao se u opsegu od 3,22 mg kg⁻¹ na lokalitetu MOJ do 25,66 mg kg⁻¹ na lokalitetu ŽUP (Tabela 29). Na prostornom gradijentu uočava se povećanje sadržaja Co idući od izvora ka ušću sa izuzetkom lokaliteta SRM gde dolazi do blagog smanjenja sadržaja.

Sadržaj Cr u ispitivanim zemljištima ekstrahovan u izmenljivoj i reducibilnoj fazi je bio zanemarljivo mali i kretao se u proseku oko 0,1 % u izmenljivoj i 0,4 % u reducibilnoj fazi (Grafik 25). Nešto veće količine hroma ekstrahovane su u oksidabilnoj fazi (0,48 – 10,17 %), pri čemu su najveće količine ekstrahovane u uzorcima gornjeg i srednjeg dela toka (Grafik 25). Najveća količina je kao i kod Co, ekstrahovana u rezidualnoj fazi i kretala se u opsegu od 89,77 % do 99,49 % (Grafik 25). Sadržaj Cr u izmenljivoj fazi opada sa povećanjem dubine (Tabela 26) dok je sadržaj u reducibilnoj i oksidabilnoj fazi ujednačen bez razlika po dubinama (Tabele 27 i 28). Ukupan sadržaj (Total) Cr kretao se u opsegu od 36,28 mg kg⁻¹ na lokalitetu MOJ do 358,98 mg kg⁻¹ na lokalitetu ŽUP (Tabela 29) uz jasan trend povećanja sadržaja Cr na nizvodnom delu reke.

Frakcioni profil Cu je vrlo sličan frakcionom profilu Cr, gde su zanemarljivo male količine ekstrahovane u izmenljivoj i reducibilnoj fazi. Nešto veće količine Cu su ekstrahovane u oksidabilnoj fazi, vezane za organsku materiju i kretale su se u opsegu od 0,06 % do 8,20 % (Grafik 26). Najveće količine ekstrahovane u oksidabilnoj fazi bile su na lokalitetu MOJ i ČAT. Kao i kod hroma, najveća količina bakra u zemljištu ekstrahovana je u rezidualnoj fazi, krećući se u opsegu od 91,46 % do 99,85 % (Grafik 26). Na skoro svim lokalitetima sadržaj bakra u izmenljivoj fazi se smanjuje sa povećanjem dubine osim na lokalitetima VRH i BEO gde dolazi do povećanja sadržaja Cu sa povećanjem dubine (Tabela 26). Posmatrano po dubini može se uočiti da u reducibilnoj fazi postoji vrlo ujednačen trend distribucije bakra bez velikih razlika u sadržaju (Tabela 27). U oksidabilnoj fazi može se uočiti da sadržaj Cu po dubini raste na lokalitetima donjeg dela toka dok je na ostalim lokalitetima ujednačen, bez jasno izraženog trenda (Tabela 28). Ukupan sadržaj (Total) Cu kretao se od 15,70 mg kg⁻¹ na lokalitetu JAS do 305,40 mg kg⁻¹ na lokalitetu ČAT (Tabela 29). Na prostornom gradijentu uočava se da dolazi do naglog povećanja sadržaja Cu na lokalitetu ČAT odakle počinje smanjenje da bi opet na lokalitetima donjeg dela toka došlo do povećanja sadržaja (Tabela 29).

Na frakcionom profilu Fe uočljivo je da je gotovo sva količina ekstrahovana u rezidualnoj fazi i to u opsegu od 99,70 % do 99,97 % (Grafik 27). Zanemarljiva količina Fe ekstrahovana je u reducibilnoj fazi i to u opsegu od 0,03 % do 0,24 % i još manja u izmenljivoj fazi dok u oksidabilnoj fazi Fe uopšte nije ekstrahovano (Grafik 27). U izmenljivoj fazi sadržaj Fe po dubini opada na svim istraživanim lokalitetima (Tabela 26) dok u reducibilnoj fazi sadržaj Fe opada po dubini na donjem delu toka ali raste u odnosu na dubinu na lokalitetima gornjeg dela toka (Tabela 27). Ukupan sadržaj (Total) Fe u površinskim slojevima zemljišta bio je u opsegu od 9927,93 mg kg⁻¹ na lokalitetu MOJ do 44161,08 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO pri čemu se jasno uočava da dolazi do povećanja sadržaja Fe na lokalitetima donjeg dela toka (Tabela 29).

Litijum nije ekstrahovan u reducibilnoj fazi dok su u izmenljivoj i oksidabilnoj fazi ekstrahovane male količine (Grafik 28). U izmenljivoj fazi sadržaj ekstrahovanog Li kretao se u opsegu od 0,03

% do 0,40 %, pri čemu je najveća količina ekstrahovana na lokalitetima gornjeg dela toka (Grafik 29). U oksidabilnoj fazi sadržaj se kretao u opsegu od 0,08 % do 0,49 %. Kao i kod gvožđa, najveća količina ekstrahovana je u rezidualnoj fazi (99,19 – 99,89 %) (Grafik 28). U izmenljivoj fazi sadržaj Li po dubini rastao je sa povećanjem dubine dok je sadržaj u oksidabilnoj fazi bio ujednačen i nije varirao po dubinama (Tabele 26 i 28). Ukupan sadržaj (Total) Li kretao se u opsegu od 12,34 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu MOJ do 71,35 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu BEO (Tabela 29) pri čemu Li ima neujednačenu prostornu distribuciju duž toka.

Najviše ekstrahovanog Mn u ispitivanim uzorcima zemljišta nalazio se u reducibilnoj fazi u opsegu od 8,91 % do 71,61 % i u rezidualnoj fazi u opsegu od 21,69 % do 76,14 % (Grafik 29). Podjednake količine su ekstrahovane u izmenljivoj i oksidabilnoj fazi. Ekstrahovan sadržaj Mn u izmenljivoj fazi je bio u opsegu od 0,39 % do 19,20 %, pri čemu su najveće količine ekstrahovane na lokalitetima u gornjem delu toka (Grafik 29). U oksidabilnoj fazi sadržaj Mn je bio u opsegu od 0,30 % do 18,05 %, pri čemu se sadržaj povećavao idući ka ušću (Grafik 29). U izmenljivoj fazi uočava se jasan trend smanjenja sadržaja Mn sa povećanjem dubine na svim istraživanim lokalitetima (Tabela 26). U reducibilnoj fazi sadržaj Mn dosta varira, na lokalitetima gornjeg dela toka sadržaj se povećava sa povećanjem dubine zemljišta dok na lokalitetima donjeg dela toka dolazi da smanjenja sadržaja sa povećanjem dubine (Tabela 27). Sličan trend se uočava i u oksidabilnoj fazi gde na lokalitetima gornjeg dela toka sa povećanjem dubine dolazi i do povećanja sadržaja ekstrahovanog Mn dok na lokalitetima donjeg dela toka dolazi do smanjenja (Tabela 28). Ukupan sadržaj (Total) Mn u površinskim slojevima zemljišta kretao se u opsegu od 182,42 mg kg⁻¹ na lokalitetu LIT do 1566,74 mg kg⁻¹ na lokalitetu ŽUP (Tabela 29).

Na frakcionom profilu uočljivo je da su najveće količine Mo ekstrahovane u rezidualnoj fazi (9,33 – 95,74 %), dok je određena količina takođe ekstrahovana u oksidabilnoj fazi ukazujući na povezanost sa organskom materijom i sulfidima (Grafik 30). Količine Mo ekstrahovane u oksidabilnoj fazi kretale su se u proseku oko 12,60 %, sa izuzetkom lokaliteta ZAG i SRM gde je ekstrahovana količina Mo u ispitivanim uzorcima bila veća od 70% (Grafik 30). U izmenljivoj i reducibilnoj fazi molibden nije ekstrahovan (Tabela 26 i 27). Sadržaj Mo koji je ekstrahovan u oksidabilnoj fazi ima vrlo ujednačenu distribuciju, bez variranja u sadržaju po dubini (Tabela 28) dok u rezidualnoj fazi dolazi do povećanja sadržaja Mo sa povećanjem dubine zemljišta. Ukupan sadržaj (Total) Mo kretao se u opsegu od 0,02 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ZAG do 1,90 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu MOJ (Tabela 29) uz trend smanjenja sadržaja Mo idući od izvora ka ušću.

Frakcioni profil Ni je vrlo sličan frakcionom profilu Cu, gde su zanemarljivo male količine ekstrahovane u reducibilnoj fazi. Nešto veće količine bakra su ekstrahovane u izmenljivoj (0,09 – 2,76 %) i oksidabilnoj fazi (0,15 – 4,91 %) (Grafik 31). Najveće količine ekstrahovane u izmenljivoj i oksidabilnoj fazi bile su na lokalitetima u gornjem delu toka. Kao i kod bakra, najveća količina nikla u zemljištu ekstrahovana je u rezidualnoj fazi, krećući se u opsegu od 79,96 % do 94,77 % (Grafik 31). U izmenljivoj, reducibilnoj i oksidabilnoj fazi može se uočiti da Ni ima vrlo ujednačenu distribuciju po dubini i da na svim istraživanim lokalitetima sadržaj opada sa povećanjem dubine (Tabele 26, 27 i 28). U rezidualnoj fazi se može uočiti da sadržaj Ni raste sa dubinom na skoro svim istraživanim lokalitetima sa izuzetkom lokaliteta RAD, LIT, ŠAB i BEO gde dolazi do smanjenja sadržaja sa povećanjem dubine. Ukupan sadržaj (Total) Ni u površinskim slojevima zemljišta bio je od 15,60 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu MOJ do 212,23 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ŽUP (Tabela 29) pri čemu se uočava da postoji trend povećanja sadržaja Ni na lokalitetima donjeg dela toka.

Na frakcionom profilu može se uočiti da je celokupan sadržaj Pb ekstrahovan u rezidualnoj fazi (100 %) (Grafik 32). Ukupan sadržaj (Total) Pb bio je u opsegu od 20,08 mg kg⁻¹ na lokalitetu ZAG do 96,80 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO uz jasan trend povećanja sadržaja na nizvodnom delu toka (Tabela 29).

Selen nije ekstrahovan u izmenljivoj i reducibilnoj fazi ni na jednom od lokaliteta (Grafik 33). U oksidabilnoj fazi sadržaj ekstrahovanog selena kretao se u opsegu od 7,19 % do 37,07 % dok su najveće količine ekstrahovane u rezidualnoj fazi i to u opsegu od 62,93 % do 92,81 % (Grafik 33). U oksidabilnoj fazi sadržaj Se po dubini raste na svim istraživanim lokalitetima dok u rezidualnoj fazi Se ima vrlo neujednačenu distribuciju po dubini (Tabela 28). Ukupan sadržaj (Total) Se bio je od 0,39 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu RAD do 2,53 mg kg⁻¹ na lokalitetu ŽUP (Tabela 29) pri čemu se uočava vrlo neujednačena prostorna distribucija Se duž toka.

Na frakcionom profilu Sr može se uočiti da je, kao i u uzorcima iz 2014. godine, najmanja količina ekstrahovana u oksidabilnoj fazi i to u opsegu od 0,88 % do 8,69 % (Grafik 34). Nešto veće količine Sr ekstrahovane su u reducibilnoj fazi (3,34 – 23,51 %) i to u najvećoj meri na lokalitetima u srednjem delu toka (Grafik 34). Velike količine Sr su ekstrahovane u izmenljivoj (9,45 – 48,18 %) i rezidualnoj fazi (29,34 – 86,33 %) (Grafik 34). U izmenljivoj fazi stroncijum ima vrlo neujednačenu distribuciju po dubini, pri čemu se izdvajaju lokalitet LIT i lokaliteti donjeg dela toka gde dolazi do povećanja sadržaja Sr sa povećanjem dubine (Tabela 26). Sličan trend se uočava i u reducibilnoj fazi gde sadržaj Sr na lokalitetima gornjeg dela toka opada sa dubinom a na lokalitetima donjeg dela toka dolazi do povećanja sadržaja sa povećanjem dubine (Tabela 27). U oksidabilnoj fazi sadržaj Sr se povećava sa povećanjem dubine zemljišta na lokalitetima srednjeg i donjeg dela toka (Tabela 28). U rezidualnoj fazi dolazi do opadanja sadržaja Sr sa povećanjem dubine. Ukupan sadržaj (Total) Sr kretao se od 90,44 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ZAG do 526,34 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu BEO (Tabela 29).

U izmenljivoj fazi, na većini lokaliteta Tl nije ekstrahovan, sa izuzetkom nekoliko lokaliteta gornjeg dela toka gde su ekstrahovane manje količine koje su se kretale u opsegu od 0,14 % do 2,68 % (Grafik 35). Kao i kod izmenljive faze, i u reducibilnoj fazi talijum na lokalitetima srednjeg i donjeg dela toka nije ekstrahovan. Kod reducibilne faze takođe su izuzetak bili lokaliteti gornjeg dela toka gde je ekstrahovana određena manja količina koja se kretala u opsegu od 0,09 % do 2,50%. Sa izuzetkom lokaliteta LIT, gde Tl nije ekstrahovan, na ostalim lokalitetima se kretao u opsegu od 0,12 % do 10,71 % (Grafik 35). Najveće količine ekstrahovane su u rezidualnoj fazi (84,10 – 99,75 %) (Grafik 37). Ukupan sadržaj (Total) talijuma u površinskim slojevima zemljišta bio je u opsegu od 0,19 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu RAD do 0,75 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu BEO pri čemu se može uočiti da postoji trend povećanja sadržaja Tl na lokalitetima donjeg dela toka kao i na lokalitetu ČAT (Tabela 29).

Najveći sadržaj Zn u ispitivanim zemljištima nalazio se u rezidualnoj fazi, čvrsto vezan za kristalnu rešetku i kretao se u opsegu od 88 % do 98,52 % (Grafik 36). U izmenljivoj fazi ekstrahovane količine cinka su se kretale u opsegu od 0,09 % do 6,85 % dok su se količine ekstrahovanog cinka u reducibilnoj fazi kretale u opsegu od 0,59 % do 3,82 % (Grafik 36). Zanimljivo male količine cinka u ispitivanim zemljištima ekstrahovane su u oksidabilnoj fazi (0,05 – 0,88 %) sa izuzetkom lokaliteta MOJ gde je sadržaj Zn bio preko 8% (Grafik 36). U izmenljivoj fazi sadržaj cinka po dubini varira, na lokalitetu RAD kao i na lokalitetima donjeg dela toka dolazi do povećanja sadržaja sa povećanjem dubine zemljišta (Tabela 26). U reducibilnoj fazi sadržaj Zn raste sa dubinom na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka dok na lokalitetima donjeg dela toka dolazi do smanjenja sadržaja sa povećanjem dubine (Tabela 27). U oksidabilnoj fazi se može uočiti vrlo neujednačena distribucija cinka po dubini (Tabela 28). Ukupan sadržaj (Total) Zn kretao se u opsegu od 75,81 mg kg⁻¹ na lokalitetu JAS do 355,74 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO (Tabela 29). Na prostornom gradijentu se može uočiti da dolazi do povećanja sadržaja Zn na lokalitetima donjeg dela toka .

Tabela 26. Sadržaj ispitivanih elemenata u zemljištu u 2015. godini – Faza 1 (izmenljiva faza)

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
			Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
MOJ	Rendzina	0-10	/	/	0,11 (0,01)	19,14 (0,76)	0,07 (0,00)	0,04 (0,00)	0,01 (0,00)	0,04 (0,01)	0,64 (0,25)	0,05 (0,01)	58,82 (5,84)	/	0,02 (0,00)	/	/	38,24 (4,19)	0,01 (0,00)	6,02 (0,51)
		0-10	/	/	0,01 (0,00)	7,34 (0,12)	0,05 (0,00)	0,06 (0,01)	0,01 (0,00)	0,08 (0,01)	0,23 (0,01)	0,05 (0,02)	54,80 (3,32)	/	0,81 (0,02)	/	/	33,54 (0,22)	/	2,61 (0,22)
		10-20	/	/	0,01 (0,01)	8,65 (0,62)	0,06 (0,00)	0,03 (0,01)	0,10 (0,01)	0,08 (0,01)	0,22 (0,03)	0,05 (0,02)	46,80 (5,48)	/	0,79 (0,04)	/	/	33,69 (2,24)	/	6,06 (2,94)
RAD	Euglej	20-30	/	/	0,01 (0,00)	9,10 (0,16)	0,06 (0,00)	0,01 (0,00)	0,01 (0,00)	0,04 (0,00)	0,13 (0,01)	0,07 (0,02)	31,48 (2,05)	/	0,65 (0,02)	/	/	32,09 (1,40)	/	9,83 (0,63)
		0-10	/	/	0,02 (0,00)	8,09 (0,71)	0,02 (0,00)	0,04 (0,01)	0,00 (0,00)	0,09 (0,01)	0,20 (0,03)	0,03 (0,01)	30,84 (3,91)	/	0,32 (0,03)	/	/	25,10 (2,75)	/	1,82 (0,22)
		10-20	/	/	0,01 (0,00)	19,55 (2,52)	0,03 (0,00)	0,19 (0,01)	0,00 (0,00)	0,09 (0,02)	0,17 (0,03)	0,03 (0,01)	24,45 (2,74)	/	0,42 (0,04)	/	/	30,27 (3,83)	/	1,76 (0,28)
LIT	Fluvisol	20-30	/	/	0,01 (0,00)	21,13 (0,40)	0,02 (0,00)	0,28 (0,01)	0,00 (0,00)	0,04 (0,01)	0,17 (0,01)	0,03 (0,01)	27,69 (0,72)	/	0,29 (0,01)	/	/	30,62 (0,98)	/	1,71 (0,25)
		0-10	/	/	0,01 (0,00)	11,65 (0,20)	0,04 (0,00)	0,07 (0,00)	0,00 (0,00)	0,05 (0,01)	0,27 (0,02)	0,05 (0,02)	62,23 (3,35)	/	0,29 (0,02)	/	/	57,53 (3,50)	/	1,86 (0,15)
		10-20	/	/	0,01 (0,00)	11,84 (0,24)	0,04 (0,00)	0,07 (0,01)	0,00 (0,00)	0,06 (0,01)	0,30 (0,02)	0,05 (0,01)	61,82 (2,00)	/	0,26 (0,01)	/	/	53,73 (1,59)	/	1,92 (0,12)
VRH	Fluvisol	20-30	/	/	0,01 (0,00)	19,81 (0,20)	0,06 (0,00)	0,04 (0,01)	0,00 (0,00)	0,08 (0,00)	0,20 (0,01)	0,05 (0,02)	46,34 (2,91)	/	0,41 (0,02)	/	/	55,09 (3,64)	/	2,69 (0,30)
		0-10	/	/	0,02 (0,00)	14,35 (0,91)	0,07 (0,01)	0,02 (0,00)	0,00 (0,00)	1,17 (0,23)	0,33 (0,16)	0,06 (0,02)	26,12 (1,55)	/	0,39 (0,02)	/	/	40,76 (3,61)	/	5,76 (2,37)
		10-20	/	/	0,01 (0,00)	14,82 (0,56)	0,06 (0,00)	0,01 (0,00)	0,00 (0,00)	0,17 (0,05)	0,15 (0,01)	0,04 (0,01)	14,92 (1,67)	/	0,35 (0,04)	/	/	50,92 (3,73)	/	1,92 (0,23)
ČAT	Fluvisol	20-30	/	/	0,02 (0,00)	15,16 (0,55)	0,06 (0,00)	0,01 (0,00)	0,03 (0,03)	0,04 (0,00)	0,16 (0,01)	0,04 (0,02)	12,00 (0,72)	/	0,25 (0,02)	/	/	48,84 (1,60)	/	3,22 (1,31)
		0-10	/	/	0,02 (0,00)	7,73 (0,45)	0,02 (0,00)	0,01 (0,00)	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)	0,15 (0,01)	0,03 (0,01)	27,53 (1,33)	/	0,13 (0,01)	/	/	32,47 (0,38)	/	0,69 (0,04)
		10-20	/	/	0,02 (0,00)	10,24 (0,18)	0,02 (0,00)	0,00 (0,00)	0,01 (0,00)	0,04 (0,02)	0,14 (0,01)	0,05 (0,02)	12,09 (0,73)	/	0,15 (0,01)	/	/	40,83 (1,56)	/	0,75 (0,07)
ZAG	Fluvisol	20-30	/	/	0,01 (0,00)	10,12 (0,22)	0,02 (0,00)	0,00 (0,00)	0,01 (0,00)	0,03 (0,00)	0,12 (0,01)	0,04 (0,02)	9,61 (1,01)	/	0,14 (0,01)	/	/	40,99 (1,44)	/	0,70 (0,04)
		0-10	/	/	0,02 (0,00)	8,69 (0,41)	0,05 (0,00)	0,01 (0,00)	0,00 (0,00)	0,04 (0,00)	0,17 (0,02)	0,03 (0,01)	35,81 (2,87)	/	0,27 (0,02)	/	/	36,12 (1,45)	/	2,21 (0,17)
		10-20	/	/	0,01 (0,00)	5,81 (0,43)	0,04 (0,00)	0,02 (0,00)	0,00 (0,00)	0,02 (0,00)	0,14 (0,01)	0,02 (0,01)	30,40 (1,23)	/	0,21 (0,01)	/	/	28,56 (0,42)	/	1,93 (0,07)
JAS	Fluvisol	20-30	/	/	0,01 (0,00)	6,03 (0,10)	0,04 (0,00)	0,01 (0,00)	0,00 (0,00)	0,03 (0,00)	0,14 (0,01)	0,02 (0,01)	26,38 (1,41)	/	0,22 (0,01)	/	/	29,96 (1,17)	/	2,10 (0,12)

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
			Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
SLB	Fluvisol	0-10	/	/	0,02 (0,00)	8,19 (0,24)	0,03 (0,00)	0,01 (0,00)	0,00 (0,00)	0,04 (0,00)	0,20 (0,04)	0,02 (0,01)	36,50 (2,61)	/	0,38 (0,03)	/	/	38,22 (0,71)	/	0,48 (0,04)
		10-20	/	/	0,02 (0,00)	8,63 (0,15)	0,02 (0,00)	0,00 (0,00)	0,01 (0,00)	0,03 (0,00)	0,13 (0,01)	0,02 (0,01)	4,07 (0,38)	/	0,26 (0,02)	/	/	43,33 (1,44)	/	0,22 (0,02)
		20-30	/	/	0,02 (0,00)	9,37 (0,28)	0,02 (0,00)	0,00 (0,00)	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)	0,12 (0,01)	0,03 (0,02)	4,13 (0,18)	/	0,23 (0,01)	/	/	45,24 (1,48)	/	0,10 (0,02)
ŽUP	Eutrični kambisol	0-10	/	/	0,03 (0,00)	14,08 (1,18)	0,05 (0,00)	0,01 (0,00)	0,01 (0,00)	0,04 (0,00)	0,16 (0,01)	0,03 (0,02)	22,16 (1,31)	/	0,98 (0,05)	/	/	43,59 (1,23)	/	1,26 (0,06)
		10-20	/	/	0,03 (0,00)	13,25 (0,23)	0,03 (0,00)	0,00 (0,00)	0,02 (0,00)	0,03 (0,00)	0,15 (0,01)	0,04 (0,02)	9,08 (0,61)	/	0,74 (0,06)	/	/	44,86 (2,68)	/	0,65 (0,06)
		20-30	/	/	0,03 (0,01)	12,90 (0,17)	0,02 (0,00)	0,00 (0,00)	0,01 (0,00)	0,03 (0,00)	0,12 (0,01)	0,04 (0,01)	5,92 (0,67)	/	0,46 (0,04)	/	/	39,95 (0,66)	/	0,44 (0,06)
SRM	Fluvisol	0-10	/	/	0,03 (0,01)	7,16 (0,64)	0,05 (0,00)	0,04 (0,00)	0,01 (0,00)	0,05 (0,00)	0,16 (0,01)	0,03 (0,01)	75,31 (2,51)	/	0,91 (0,04)	/	/	41,36 (1,39)	/	1,27 (0,05)
		10-20	/	/	0,02 (0,01)	8,34 (0,39)	0,06 (0,00)	0,01 (0,00)	0,01 (0,00)	0,03 (0,01)	0,09 (0,00)	0,02 (0,01)	16,00 (1,72)	/	0,53 (0,03)	/	/	33,35 (0,59)	/	0,82 (0,07)
		20-30	/	/	0,04 (0,00)	11,02 (0,65)	0,08 (0,01)	0,01 (0,00)	0,01 (0,00)	0,04 (0,00)	0,11 (0,01)	0,04 (0,02)	16,88 (0,99)	/	0,61 (0,03)	/	/	39,96 (1,29)	/	1,22 (0,06)
ŠAB	Fluvisol	0-10	/	/	0,04 (0,00)	14,12 (0,35)	0,05 (0,00)	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)	0,03 (0,00)	0,15 (0,02)	0,03 (0,02)	20,05 (0,55)	/	0,76 (0,06)	/	/	49,17 (1,24)	/	0,87 (0,08)
		10-20	/	/	0,04 (0,01)	12,05 (0,33)	0,05 (0,00)	0,00 (0,00)	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)	0,12 (0,01)	0,04 (0,02)	8,95 (1,01)	/	0,47 (0,04)	/	/	45,33 (1,04)	/	1,29 (0,12)
		20-30	/	/	0,03 (0,01)	9,92 (0,47)	0,05 (0,00)	0,00 (0,00)	0,02 (0,00)	0,03 (0,00)	0,11 (0,01)	0,02 (0,02)	13,11 (0,82)	/	0,44 (0,03)	/	/	38,99 (0,80)	/	1,51 (0,11)
BEO	Fluvisol	0-10	/	/	0,05 (0,01)	14,85 (0,35)	0,11 (0,01)	0,00 (0,00)	0,01 (0,00)	0,05 (0,00)	0,15 (0,01)	0,04 (0,02)	12,09 (0,00)	/	0,61 (0,03)	/	/	48,68 (0,69)	/	2,11 (0,11)
		10-20	/	/	0,03 (0,00)	13,52 (0,62)	0,19 (0,01)	0,01 (0,00)	0,01 (0,00)	0,06 (0,00)	0,14 (0,01)	0,04 (0,02)	14,26 (0,00)	/	0,83 (0,06)	/	/	49,45 (0,66)	/	2,55 (0,20)
		20-30	/	/	0,05 (0,01)	12,16 (0,29)	0,24 (0,01)	0,00 (0,00)	0,01 (0,00)	0,08 (0,00)	0,14 (0,01)	0,04 (0,02)	8,19 (0,00)	/	0,82 (0,04)	/	/	49,74 (0,56)	/	2,53 (0,13)

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

Tabela 27. Sadržaj ispitivanih elemenata u zemljištu u 2015. godini – Faza 2 (reducibilna faza)

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
			Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
MOJ	Rendzina	0-10	/	0,17 (0,20)	0,01 (0,00)	1,13 (0,28)	/	/	/	/	0,05 (0,06)	/	4,72 (0,38)	/	/	/	/	1,10 (0,22)	/	0,13 (0,08)
		0-10	/	0,05 (0,04)	/	1,68 (0,56)	0,01 (0,00)	/	0,01 (0,00)	0,01 (0,00)	2,16 (0,09)	/	26,53 (2,35)	/	0,02 (0,01)	/	/	2,66 (0,20)	/	0,29 (0,07)
		10-20	/	0,07 (0,03)	/	2,08 (0,27)	0,01 (0,00)	/	0,01 (0,00)	0,02 (0,01)	2,54 (0,57)	/	28,10 (6,14)	/	0,02 (0,01)	/	/	2,94 (0,13)	/	0,35 (0,10)
RAD	Euglej	20-30	/	0,04 (0,02)	/	2,45 (0,47)	0,01 (0,00)	/	0,01 (0,00)	0,01 (0,00)	4,37 (1,27)	/	51,21 (5,54)	/	0,05 (0,02)	/	/	3,02 (0,57)	/	1,29 (0,59)
		0-10	/	0,11 (0,11)	0,01 (0,00)	3,10 (0,19)	/	/	0,01 (0,00)	0,01 (0,00)	3,07 (0,29)	/	30,97 (1,91)	/	0,01 (0,00)	/	/	3,59 (0,19)	/	0,47 (0,09)
		10-20	/	0,08 (0,09)	/	4,77 (1,08)	0,01 (0,00)	/	0,01 (0,00)	0,01 (0,00)	1,57 (0,46)	/	6,12 (1,66)	/	/	/	/	3,25 (0,20)	/	0,29 (0,10)
LIT	Fluvisol	20-30	/	0,03 (0,03)	/	4,90 (0,88)	/	/	0,01 (0,00)	/	12,78 (1,74)	/	4,45 (0,90)	/	0,02 (0,01)	/	/	3,29 (0,45)	/	0,40 (0,18)
		0-10	/	0,11 (0,05)	/	4,10 (0,36)	0,01 (0,00)	/	/	0,01 (0,01)	5,21 (0,34)	/	43,06 (3,57)	/	0,01 (0,00)	/	/	3,64 (0,34)	/	0,51 (0,16)
		10-20	/	0,12 (0,04)	/	3,87 (0,16)	0,01 (0,00)	/	/	0,01 (0,00)	3,47 (0,09)	/	40,96 (5,60)	/	/	/	/	4,02 (0,71)	/	0,45 (0,11)
VRH	Fluvisol	20-30	/	0,12 (0,02)	/	4,65 (0,45)	0,01 (0,00)	/	/	/	4,96 (0,77)	/	25,86 (2,85)	/	0,01 (0,00)	/	/	1,32 (0,36)	/	0,55 (0,27)
		0-10	/	0,04 (0,02)	0,01 (0,00)	7,12 (0,60)	0,03 (0,00)	0,01 (0,00)	0,01 (0,00)	0,28 (0,05)	6,88 (1,45)	/	74,59 (8,61)	/	0,05 (0,02)	/	/	7,81 (0,83)	/	0,97 (0,16)
		10-20	/	0,07 (0,02)	/	7,47 (0,68)	0,03 (0,00)	0,01 (0,01)	0,01 (0,00)	0,09 (0,03)	9,85 (3,28)	/	103,17 (17,93)	/	0,06 (0,04)	/	/	5,92 (0,22)	/	1,14 (0,32)
ČAT	Fluvisol	20-30	/	0,04 (0,02)	0,01 (0,00)	7,60 (1,35)	0,02 (0,00)	/	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)	5,39 (1,45)	/	96,55 (20,01)	/	0,03 (0,01)	/	/	6,49 (0,43)	/	1,09 (0,25)
		0-10	/	/	0,01 (0,00)	3,68 (0,57)	0,01 (0,00)	/	0,01 (0,00)	0,01 (0,00)	3,75 (0,56)	/	55,07 (12,30)	/	0,02 (0,00)	/	/	6,48 (0,41)	/	0,33 (0,06)
		10-20	/	/	0,01 (0,00)	5,32 (0,35)	0,01 (0,00)	/	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)	3,59 (0,43)	/	88,64 (11,63)	/	0,02 (0,01)	/	/	8,37 (0,52)	/	0,46 (0,08)
ZAG	Fluvisol	20-30	/	/	0,01 (0,00)	5,91 (0,20)	0,01 (0,00)	/	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)	4,21 (0,91)	/	94,42 (16,48)	/	0,02 (0,01)	/	/	8,81 (0,48)	/	0,51 (0,09)
		0-10	/	/	0,01 (0,00)	3,78 (0,29)	0,02 (0,00)	/	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)	9,98 (2,93)	/	68,89 (21,45)	/	0,03 (0,01)	/	/	4,64 (0,49)	/	0,82 (0,26)
		10-20	/	/	/	3,17 (0,48)	0,02 (0,00)	/	0,02 (0,00)	0,01 (0,01)	9,83 (2,46)	/	52,05 (15,77)	/	0,04 (0,00)	/	/	5,26 (0,82)	/	0,83 (0,25)
JAS	Fluvisol	20-30	/	/	/	3,79 (3,37)	0,02 (0,00)	/	0,02 (0,00)	0,02 (0,00)	10,92 (4,86)	/	81,30 (8,91)	/	0,03 (0,00)	/	/	5,30 (0,20)	/	0,90 (0,27)

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
			Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
SLB	Fluvisol	0-10	/	/	/	5,50 (1,21)	0,02 (0,00)	0,01 (0,00)	0,02 (0,01)	0,03 (0,00)	16,50 (2,25)	/	129,37 (19,52)	/	0,11 (0,02)	/	/	6,01 (0,36)	/	0,46 (0,08)
		10-20	/	/	0,01 (0,00)	7,63 (0,37)	0,02 (0,00)	0,01 (0,00)	0,01 (0,01)	0,03 (0,01)	9,62 (1,78)	/	170,33 (32,03)	/	0,11 (0,03)	/	/	7,58 (0,66)	/	0,43 (0,10)
		20-30	/	/	/	8,63 (1,66)	0,03 (0,01)	0,01 (0,01)	0,01 (0,01)	0,06 (0,11)	14,06 (6,16)	/	179,69 (24,15)	/	0,16 (0,04)	/	/	6,77 (0,65)	/	0,40 (0,22)
ŽUP	Eutrični kambisol	0-10	/	/	/	8,42 (1,45)	0,03 (0,01)	0,01 (0,00)	0,02 (0,01)	0,02 (0,02)	10,83 (2,79)	/	152,54 (44,87)	/	0,26 (0,08)	/	/	5,38 (0,95)	/	1,07 (0,34)
		10-20	/	/	0,01 (0,01)	8,28 (0,73)	0,03 (0,01)	0,01 (0,00)	0,01 (0,01)	0,02 (0,01)	6,81 (1,97)	/	149,72 (39,48)	/	0,20 (0,05)	/	/	5,47 (0,44)	/	0,65 (0,20)
		20-30	/	/	0,01 (0,01)	9,85 (0,41)	0,02 (0,00)	0,01 (0,00)	0,01 (0,01)	0,02 (0,00)	6,59 (1,13)	/	172,62 (29,87)	/	0,22 (0,06)	/	/	5,78 (0,94)	/	0,63 (0,14)
SRM	Fluvisol	0-10	/	/	0,01 (0,01)	7,27 (1,71)	0,02 (0,01)	0,01 (0,00)	0,02 (0,01)	0,02 (0,00)	10,77 (1,18)	/	141,13 (19,93)	/	0,18 (0,03)	/	/	5,56 (0,24)	/	1,02 (0,16)
		10-20	/	/	0,01 (0,01)	8,83 (2,80)	0,04 (0,01)	0,01 (0,00)	0,02 (0,01)	0,02 (0,00)	5,51 (0,98)	/	99,50 (18,43)	/	0,17 (0,04)	/	/	6,60 (0,45)	/	0,89 (0,19)
		20-30	/	/	0,01 (0,01)	8,73 (0,59)	0,04 (0,01)	0,01 (0,00)	0,02 (0,01)	0,02 (0,00)	3,40 (0,60)	/	69,36 (13,51)	/	0,13 (0,02)	/	/	6,71 (0,52)	/	0,80 (0,18)
ŠAB	Fluvisol	0-10	/	/	0,01 (0,01)	9,55 (0,89)	0,04 (0,01)	0,04 (0,01)	0,01 (0,01)	0,02 (0,00)	21,66 (6,49)	/	187,92 (51,23)	/	0,38 (0,11)	/	/	5,01 (0,46)	/	1,64 (0,50)
		10-20	/	/	0,01 (0,00)	9,50 (1,70)	0,04 (0,01)	0,01 (0,00)	0,01 (0,01)	0,02 (0,00)	6,01 (1,84)	/	174,96 (49,25)	/	0,22 (0,07)	/	/	5,91 (0,61)	/	1,26 (0,39)
		20-30	/	/	0,01 (0,01)	8,55 (1,26)	0,03 (0,01)	0,01 (0,00)	0,01 (0,00)	0,01 (0,00)	5,91 (1,35)	/	151,79 (51,18)	/	0,22 (0,06)	/	/	5,90 (0,65)	/	1,32 (0,43)
BEO	Fluvisol	0-10	/	/	0,01 (0,00)	7,95 (1,09)	0,07 (0,02)	0,01 (0,00)	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)	11,44 (3,99)	/	128,93 (46,16)	/	0,14 (0,05)	/	/	4,46 (0,93)	/	2,00 (0,78)
		10-20	/	/	0,01 (0,00)	7,57 (0,53)	0,12 (0,03)	0,02 (0,01)	/	0,02 (0,00)	14,09 (5,32)	/	104,13 (46,94)	/	0,17 (0,08)	/	/	3,91 (0,99)	/	2,84 (0,80)
		20-30	/	/	0,01 (0,01)	8,19 (0,68)	0,15 (0,02)	0,01 (0,01)	/	0,02 (0,01)	8,62 (1,58)	/	89,57 (39,01)	/	0,12 (0,03)	/	/	4,06 (0,39)	/	2,46 (0,89)

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

Tabela 28. Sadržaj ispitivanih elemenata u zemljištu u 2015. godini – Faza 3 (oksidabilna faza)

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
			Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
MOJ	Rendzina	0-10	/	12,70 (2,79)	0,04 (0,02)	0,90 (0,17)	0,03 (0,01)	0,04 (0,01)	0,45 (0,06)	0,18 (0,07)	3,46 (0,65)	0,01 (0,01)	6,75 (2,48)	0,04 (0,02)	0,09 (0,04)	/	0,02 (0,00)	0,70 (0,18)	/	1,78 (0,42)
		0-10	/	0,04 (0,11)	0,01 (0,02)	0,66 (0,64)	0,03 (0,00)	0,04 (0,11)	0,50 (0,13)	0,12 (0,05)	0,07 (0,02)	0,01 (0,02)	1,00 (0,50)	0,01 (0,02)	0,12 (0,06)	/	0,03 (0,01)	1,11 (0,04)	/	0,06 (0,05)
RAD	Euglej	10-20	/	0,03 (0,01)	0,01 (0,01)	0,81 (0,22)	0,01 (0,00)	0,05 (0,02)	0,52 (0,05)	0,15 (0,05)	0,03 (0,05)	0,01 (0,01)	0,97 (0,23)	0,01 (0,01)	0,10 (0,04)	/	0,03 (0,01)	1,10 (0,15)	/	0,08 (0,07)
		20-30	/	0,01 (0,01)	0,01 (0,02)	0,89 (0,23)	/	0,01 (0,00)	0,22 (0,03)	0,05 (0,01)	0,01 (0,01)	0,01 (0,03)	0,77 (0,29)	0,01 (0,01)	0,04 (0,02)	/	0,02 (0,01)	1,14 (0,18)	/	0,10 (0,06)
LIT	Fluvisol	0-10	/	0,01 (0,02)	0,02 (0,01)	1,40 (0,91)	0,02 (0,00)	0,05 (0,03)	0,42 (0,05)	0,08 (0,01)	0,07 (0,02)	0,03 (0,06)	0,68 (0,09)	0,01 (0,01)	0,04 (0,03)	/	0,03 (0,02)	1,21 (0,37)	/	0,08 (0,04)
		10-20	/	0,01 (0,01)	0,02 (0,02)	1,93 (0,61)	/	0,03 (0,01)	0,60 (0,04)	0,06 (0,06)	0,02 (0,05)	0,04 (0,01)	0,31 (0,05)	0,01 (0,01)	0,04 (0,01)	/	0,04 (0,02)	1,13 (0,21)	/	0,07 (0,06)
		20-30	/	0,01 (0,01)	0,02 (0,00)	1,69 (0,46)	/	/	0,25 (0,01)	0,01 (0,00)	/	0,01 (0,02)	0,15 (0,02)	0,01 (0,00)	0,01 (0,00)	/	0,01 (0,01)	0,88 (0,07)	/	/
VRH	Fluvisol	0-10	/	0,02 (0,07)	0,01 (0,00)	2,24 (0,23)	/	0,03 (0,07)	0,29 (0,09)	0,05 (0,07)	0,06 (0,00)	0,01 (0,01)	1,33 (0,25)	0,01 (0,00)	0,06 (0,02)	/	0,03 (0,02)	0,78 (0,10)	/	0,07 (0,06)
		10-20	/	0,02 (0,02)	0,01 (0,00)	2,41 (0,14)	/	0,02 (0,01)	0,23 (0,06)	0,04 (0,02)	0,02 (0,01)	0,01 (0,02)	1,84 (0,58)	0,01 (0,00)	0,06 (0,03)	/	0,04 (0,02)	0,92 (0,55)	/	0,09 (0,06)
		20-30	/	0,04 (0,06)	0,01 (0,01)	2,44 (0,84)	/	0,03 (0,11)	0,29 (0,08)	0,05 (0,02)	0,07 (0,03)	0,01 (0,01)	0,89 (0,75)	0,02 (0,01)	0,05 (0,04)	/	0,04 (0,02)	0,43 (0,06)	/	0,07 (0,08)
ČAT	Fluvisol	0-10	/	0,01 (0,00)	0,01 (0,01)	4,28 (0,37)	0,02 (0,00)	0,03 (0,00)	0,17 (0,06)	6,58 (2,16)	/	0,02 (0,02)	5,70 (1,33)	0,02 (0,00)	0,09 (0,03)	/	0,07 (0,03)	3,11 (0,21)	/	0,47 (0,16)
		10-20	/	0,01 (0,00)	0,01 (0,01)	4,52 (0,36)	0,01 (0,00)	0,04 (0,00)	0,34 (0,05)	1,36 (1,18)	0,01 (0,00)	0,02 (0,01)	5,57 (1,46)	0,03 (0,01)	0,12 (0,03)	/	0,07 (0,03)	1,23 (0,09)	/	0,23 (0,14)
		20-30	/	0,01 (0,01)	0,02 (0,01)	4,42 (0,45)	0,01 (0,00)	0,04 (0,01)	0,82 (0,05)	0,06 (0,02)	/	0,02 (0,02)	5,29 (1,42)	0,02 (0,01)	0,10 (0,03)	/	0,07 (0,02)	1,28 (0,13)	/	0,30 (0,19)
ZAG	Fluvisol	0-10	/	0,03 (0,01)	0,02 (0,00)	1,76 (0,30)	0,01 (0,00)	0,04 (0,07)	0,43 (0,15)	0,05 (0,02)	0,04 (0,02)	0,01 (0,01)	2,29 (0,46)	0,02 (0,00)	0,05 (0,02)	/	0,04 (0,01)	2,82 (0,17)	/	0,11 (0,05)
		10-20	/	0,03 (0,01)	0,03 (0,01)	2,60 (0,60)	0,01 (0,00)	0,05 (0,08)	0,42 (0,09)	0,11 (0,01)	0,02 (0,01)	0,01 (0,01)	3,93 (0,59)	0,02 (0,01)	0,07 (0,02)	/	0,07 (0,02)	3,29 (0,27)	/	0,10 (0,06)
		20-30	/	0,02 (0,02)	0,03 (0,01)	2,81 (0,53)	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)	0,47 (0,09)	0,12 (0,01)	0,01 (0,01)	0,01 (0,01)	3,66 (0,86)	0,02 (0,01)	0,06 (0,02)	/	0,07 (0,02)	3,26 (0,43)	/	0,09 (0,04)
JAS	Fluvisol	0-10	/	0,01 (0,03)	0,02 (0,01)	1,87 (0,12)	0,01 (0,00)	0,01 (0,00)	0,42 (0,06)	0,07 (0,08)	/	0,01 (0,01)	3,01 (0,39)	0,01 (0,01)	0,03 (0,02)	/	0,05 (0,02)	1,64 (0,06)	/	0,08 (0,04)
		10-20	/	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)	1,52 (0,16)	0,01 (0,00)	0,01 (0,00)	0,49 (0,05)	0,04 (0,02)	/	0,01 (0,01)	2,48 (0,61)	0,01 (0,01)	0,03 (0,01)	/	0,04 (0,01)	1,88 (0,14)	/	0,07 (0,04)
		20-30	/	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)	1,84 (0,26)	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)	0,35 (0,04)	0,07 (0,04)	0,01 (0,00)	0,01 (0,01)	3,94 (0,99)	0,01 (0,00)	0,04 (0,01)	/	0,05 (0,01)	2,13 (0,25)	/	0,12 (0,08)

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
			Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
SLB	Fluvisol	0-10	/	/	0,02 (0,01)	2,32 (0,17)	/	0,02 (0,00)	0,49 (0,02)	0,07 (0,01)	/	0,01 (0,01)	4,58 (0,58)	0,01 (0,01)	0,04 (0,01)	/	0,04 (0,01)	1,91 (0,18)	/	0,01 (0,02)
		10-20	/	/	0,02 (0,01)	4,62 (0,38)	0,01 (0,00)	0,03 (0,01)	0,23 (0,03)	0,09 (0,02)	/	0,01 (0,01)	11,71 (2,26)	0,02 (0,01)	0,11 (0,04)	/	0,07 (0,02)	2,40 (0,24)	/	0,06 (0,02)
		20-30	/	/	0,01 (0,00)	5,85 (0,26)	0,01 (0,00)	0,07 (0,02)	0,73 (0,02)	0,03 (0,01)	/	0,02 (0,01)	18,42 (5,25)	0,02 (0,01)	0,17 (0,02)	/	0,09 (0,05)	1,29 (0,49)	/	0,05 (0,02)
ŽUP	Eutrični kambisol	0-10	/	/	0,02 (0,01)	5,31 (0,80)	0,01 (0,00)	0,07 (0,02)	1,23 (0,05)	0,03 (0,01)	/	0,03 (0,03)	14,63 (4,14)	0,01 (0,01)	0,28 (0,10)	/	0,07 (0,02)	1,16 (0,23)	/	0,20 (0,08)
		10-20	/	0,01 (0,00)	0,02 (0,01)	5,56 (0,24)	0,01 (0,00)	0,06 (0,01)	0,79 (0,02)	0,04 (0,01)	/	0,02 (0,02)	14,40 (3,07)	0,01 (0,01)	0,26 (0,05)	/	0,07 (0,03)	1,43 (0,25)	/	0,17 (0,07)
		20-30	/	0,01 (0,01)	0,02 (0,01)	6,49 (0,46)	0,01 (0,00)	0,06 (0,01)	0,67 (0,02)	0,05 (0,0)	/	0,02 (0,02)	16,41 (4,65)	0,02 (0,01)	0,23 (0,08)	/	0,08 (0,02)	1,76 (0,22)	/	0,14 (0,04)
SRM	FLuvisol	0-10	/	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)	4,86 (0,38)	0,01 (0,00)	0,05 (0,01)	0,60 (0,06)	0,03 (0,01)	/	0,02 (0,02)	13,54 (3,59)	0,01 (0,01)	0,16 (0,06)	/	0,07 (0,02)	1,80 (0,29)	/	0,21 (0,06)
		10-20	/	/	0,03 (0,01)	5,57 (0,28)	0,02 (0,00)	0,03 (0,01)	1,91 (0,20)	0,07 (0,02)	/	0,02 (0,02)	5,96 (0,92)	0,01 (0,01)	0,14 (0,05)	/	0,08 (0,01)	2,44 (0,33)	/	0,18 (0,05)
		20-30	/	/	0,04 (0,01)	6,23 (0,46)	0,02 (0,00)	0,03 (0,01)	2,46 (0,22)	0,06 (0,01)	/	0,03 (0,02)	5,31 (1,01)	0,01 (0,00)	0,13 (0,04)	/	0,09 (0,02)	2,49 (0,14)	/	0,21 (0,09)
ŠAB	Fluvisol	0-10	/	0,01 (0,00)	0,02 (0,00)	6,30 (0,57)	0,01 (0,00)	0,08 (0,03)	0,86 (0,04)	0,03 (0,01)	/	0,03 (0,04)	19,62 (6,48)	0,01 (0,01)	0,28 (0,18)	/	0,07 (0,03)	1,20 (0,17)	/	0,25 (0,13)
		10-20	/	/	0,02 (0,01)	6,58 (0,58)	0,02 (0,00)	0,08 (0,01)	0,69 (0,08)	0,04 (0,01)	/	0,03 (0,04)	19,40 (3,14)	0,01 (0,00)	0,45 (0,32)	/	0,08 (0,03)	1,34 (0,17)	/	0,50 (0,14)
		20-30	/	/	0,03 (0,00)	5,05 (0,54)	0,01 (0,00)	0,04 (0,01)	0,89 (0,15)	0,05 (0,01)	/	0,02 (0,02)	8,07 (1,63)	0,01 (0,00)	0,15 (0,05)	/	0,07 (0,02)	2,00 (0,23)	/	0,26 (0,10)
BEO	Fluvisol	0-10	/	/	0,01 (0,01)	5,46 (0,47)	0,02 (0,01)	0,08 (0,05)	0,49 (0,41)	0,06 (0,02)	/	0,02 (0,03)	19,48 (6,96)	0,01 (0,00)	0,30 (0,22)	/	0,08 (0,03)	1,02 (0,07)	/	0,55 (0,30)
		10-20	/	0,01 (0,00)	0,02 (0,01)	5,62 (0,68)	0,02 (0,00)	0,09 (0,02)	0,67 (0,16)	0,08 (0,05)	/	0,03 (0,04)	16,13 (3,82)	0,01 (0,01)	0,35 (0,13)	/	0,09 (0,03)	1,00 (0,)	/	0,65 (0,21)
		20-30	/	/	0,02 (0,01)	6,28 (0,63)	0,04 (0,01)	0,07 (0,01)	1,01 (0,03)	0,12 (0,07)	/	0,03 (0,03)	13,11 (3,61)	0,01 (0,00)	0,24 (0,04)	/	0,10 (0,03)	1,07 (0,06)	/	0,67 (0,20)

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

Tabela 29. Ukupan sadržaj (Total) ispitivanih elemenata u zemljištu u 2015. godini

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
			Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
MOJ	Rendzina	0-10	/	11396,91 (352,88)	10,57 (0,96)	96,01 (2,84)	0,18 (0,02)	3,22 (0,23)	36,28 (0,98)	17,91 (0,00)	9927,93 (263,95)	12,34 (4,48)	306,42 (15,34)	1,90 (0,77)	15,60 (0,59)	78,14 (1,46)	0,74 (0,50)	109,72 (5,56)	0,29 (0,04)	180,13 (5,13)
		0-10	/	20007,74 (1409,55)	8,84 (0,82)	109,58 (5,57)	0,28 (0,02)	7,50 (0,64)	78,31 (3,51)	24,85 (1,36)	17083,32 (1181,75)	23,90 (4,62)	457,51 (28,82)	0,77 (0,35)	38,51 (2,76)	37,34 (2,40)	1,24 (1,68)	137,43 (7,67)	0,21 (0,02)	93,77 (5,58)
RAD	Euglej	10-20	/	15053,37 (308,69)	6,95 (0,52)	89,31 (1,23)	0,20 (0,02)	5,13 (0,18)	75,19 (1,78)	63,45 (1,96)	13155,29 (334,53)	17,18 (6,11)	440,53 (10,47)	0,55 (0,28)	28,77 (0,81)	33,97 (1,07)	0,39 (0,38)	128,37 (3,46)	0,20 (0,02)	108,56 (2,36)
		20-30	/	14590,25 (517,80)	8,26 (0,59)	89,31 (2,55)	0,20 (0,02)	5,09 (0,28)	51,04 (0,61)	17,97 (0,36)	13828,04 (475,97)	18,12 (2,24)	504,55 (22,14)	0,53 (0,24)	24,36 (1,27)	47,01 (0,64)	0,54 (0,45)	131,97 (1,27)	0,19 (0,02)	143,53 (3,80)
		0-30	/	16550,45 (745,35)	8,02 (0,64)	96,07 (3,12)	0,23 (0,02)	5,91 (0,37)	60,65 (1,96)	32,73 (1,23)	14688,88 (664,08)	19,73 (4,32)	467,53 (20,48)	0,62 (0,29)	27,36 (1,61)	45,74 (1,37)	0,72 (0,84)	132,59 (4,13)	0,20 (0,02)	182,01 (3,91)
		0-10	/	31428,29 (1965,06)	8,69 (0,73)	249,61 (2,87)	0,17 (0,02)	5,99 (0,50)	40,43 (1,14)	16,85 (0,48)	17886,63 (1199,48)	33,63 (3,84)	312,59 (20,39)	0,36 (0,14)	22,58 (1,28)	32,56 (0,63)	1,06 (0,48)	96,82 (2,51)	0,37 (0,02)	78,52 (2,82)
LIT	Fluvisol	10-20	/	33091,19 (1862,70)	7,82 (0,84)	260,37 (2,97)	0,09 (0,01)	6,05 (0,38)	49,54 (1,53)	19,81 (0,54)	17224,76 (1104,59)	31,88 (5,28)	201,33 (15,89)	0,21 (0,18)	25,73 (1,69)	26,06 (0,61)	1,42 (0,95)	97,41 (1,89)	0,37 (0,03)	87,98 (3,32)
		20-30	/	29017,85 (489,32)	11,46 (0,65)	238,17 (4,00)	0,12 (0,01)	5,88 (0,17)	37,62 (1,08)	56,84 (1,33)	19626,22 (421,74)	26,69 (0,78)	182,42 (6,90)	0,13 (0,03)	20,32 (0,67)	24,22 (1,05)	0,53 (0,29)	97,89 (1,46)	0,29 (0,03)	108,51 (6,15)
		0-30	/	31179,11 (1439,03)	9,32 (0,74)	249,38 (3,28)	0,13 (0,01)	5,97 (0,35)	42,53 (1,25)	31,17 (0,78)	18245,87 (908,60)	30,73 (3,30)	232,11 (14,39)	0,23 (0,12)	22,88 (1,21)	27,61 (0,76)	1,00 (0,57)	97,37 (1,95)	0,34 (0,03)	91,67 (4,10)
		0-10	/	35034,27 (1589,00)	11,97 (0,39)	301,31 (6,51)	0,25 (0,03)	8,01 (0,45)	52,05 (0,93)	20,03 (0,80)	21082,46 (905,97)	40,35 (7,24)	439,57 (16,55)	0,64 (0,28)	27,08 (1,22)	29,41 (0,64)	1,09 (0,82)	119,41 (4,18)	0,40 (0,03)	99,78 (1,96)
VRH	Fluvisol	10-20	/	35222,10 (1800,32)	10,10 (0,61)	344,38 (5,88)	0,25 (0,02)	7,88 (0,50)	63,04 (1,31)	18,94 (0,64)	21447,77 (1017,41)	39,36 (5,55)	453,38 (18,36)	0,49 (0,44)	27,36 (1,98)	31,65 (1,07)	1,84 (0,14)	122,28 (3,50)	0,39 (0,04)	96,24 (2,28)
		20-30	/	40059,63 (1619,57)	11,67 (0,66)	401,38 (43,29)	0,32 (0,03)	8,75 (0,63)	71,32 (3,20)	41,10 (0,82)	23106,67 (942,16)	58,33 (6,71)	434,04 (16,88)	0,64 (0,40)	32,34 (1,58)	33,85 (0,77)	2,18 (1,46)	115,07 (4,40)	0,48 (0,06)	131,77 (3,42)
		0-30	/	36772,00 (1669,63)	11,25 (0,55)	349,02 (18,56)	0,27 (0,03)	8,21 (0,53)	62,14 (1,81)	26,69 (0,75)	21878,97 (955,18)	46,01 (6,50)	442,33 (17,26)	0,59 (0,37)	28,93 (1,59)	31,64 (0,83)	1,70 (0,81)	118,92 (4,03)	0,42 (0,04)	109,26 (2,55)
		0-10	/	34788,83 (1333,02)	11,22 (0,95)	305,11 (2,70)	0,56 (0,06)	8,49 (0,42)	64,18 (2,95)	305,40 (3,14)	21020,16 (916,94)	40,25 (5,58)	487,93 (18,52)	0,67 (0,33)	30,21 (2,02)	41,49 (0,65)	1,68 (0,66)	134,24 (2,78)	0,46 (0,02)	163,08 (3,78)
ČAT	Fluvisol	10-20	/	44219,33 (1465,98)	12,92 (0,92)	349,72 (4,49)	0,73 (0,07)	11,34 (0,68)	76,51 (1,66)	96,97 (1,39)	25149,76 (880,33)	48,61 (9,39)	644,86 (23,12)	0,64 (0,19)	37,75 (2,04)	39,25 (0,36)	1,61 (0,62)	134,57 (2,73)	0,58 (0,03)	162,33 (3,97)
		20-30	/	47461,64 (1264,91)	13,95 (0,85)	430,17 (45,27)	0,58 (0,06)	12,05 (0,45)	93,19 (1,42)	43,50 (0,85)	27156,21 (850,14)	50,51 (6,49)	685,79 (16,58)	0,79 (0,61)	42,46 (1,06)	51,09 (0,92)	2,46 (0,89)	136,22 (2,90)	0,60 (0,06)	185,73 (2,83)
		0-30	/	42156,60 (1354,64)	12,70 (0,91)	361,67 (22,28)	0,62 (0,06)	10,63 (0,52)	77,96 (2,01)	148,62 (1,79)	24442,04 (882,47)	46,46 (7,15)	606,19 (19,41)	0,70 (0,38)	36,81 (1,71)	43,94 (0,62)	1,92 (0,72)	135,01 (2,80)	0,55 (0,35)	170,38 (3,53)
		0-10	/	34788,83 (1333,02)	11,22 (0,95)	305,11 (2,70)	0,56 (0,06)	8,49 (0,42)	64,18 (2,95)	305,40 (3,14)	21020,16 (916,94)	40,25 (5,58)	487,93 (18,52)	0,67 (0,33)	30,21 (2,02)	41,49 (0,65)	1,68 (0,66)	134,24 (2,78)	0,46 (0,02)	163,08 (3,78)

Lokalitet	Tip zemljišta	Dubina (cm)	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
			Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
ŠAB	Fluvisol	0-10	0,24 (0,03)	56349,73 (3214,59)	22,36 (1,10)	379,24 (2,02)	1,69 (0,25)	23,04 (1,30)	237,03 (5,90)	45,60 (2,81)	37907,56 (2039,74)	50,00 (4,16)	1371,20 (72,46)	0,40 (0,18)	164,53 (10,27)	61,06 (3,82)	1,23 (0,84)	133,96 (9,43)	0,61 (0,04)	233,84 (14,83)
		10-20	0,20 (0,03)	55011,18 (1893,19)	22,85 (1,81)	384,86 (2,52)	1,68 (0,32)	22,57 (0,59)	243,81 (4,36)	49,04 (0,98)	37767,95 (1015,22)	58,66 (6,84)	1168,01 (42,58)	0,51 (0,04)	160,42 (5,71)	67,07 (0,60)	1,68 (0,65)	128,03 (4,30)	0,62 (0,02)	245,30 (3,06)
		20-30	0,16 (0,03)	41360,67 (2248,88)	18,66 (1,16)	280,99 (6,29)	1,45 (0,37)	17,60 (0,73)	226,72 (10,77)	29,35 (0,68)	30199,00 (1623,88)	40,41 (6,25)	876,33 (49,05)	0,51 (0,08)	132,86 (7,69)	48,22 (0,90)	1,49 (1,05)	126,26 (5,50)	0,41 (0,03)	194,71 (8,22)
		0-30	0,20 (0,03)	50907,19 (2137,46)	21,29 (1,36)	348,36 (3,58)	1,61 (0,16)	21,07 (0,87)	235,85 (7,01)	41,33 (1,49)	35291,30 (1263,47)	49,69 (4,89)	1138,51 (46,54)	0,47 (0,08)	152,60 (7,89)	58,78 (1,77)	1,47 (0,74)	129,42 (4,74)	0,55 (0,03)	224,61 (8,70)
BEO	Fluvisol	0-10	0,19 (0,08)	64213,17 (2907,20)	32,54 (1,60)	459,14 (8,31)	2,48 (0,00)	25,05 (1,54)	233,44 (4,21)	53,78 (1,43)	44161,08 (1966,44)	71,35 (8,89)	1442,16 (63,55)	0,28 (0,00)	175,41 (8,42)	96,80 (2,41)	2,05 (0,63)	128,12 (9,06)	0,73 (0,03)	298,15 (5,17)
		10-20	0,23 (0,08)	60646,39 (2141,70)	25,92 (2,22)	452,43 (48,96)	3,17 (0,00)	23,42 (0,30)	222,75 (6,07)	56,93 (0,32)	41457,06 (1200,20)	67,29 (7,67)	992,54 (30,76)	0,47 (0,33)	169,85 (5,78)	69,36 (1,60)	1,31 (0,74)	126,34 (5,93)	0,75 (0,11)	330,98 (4,08)
		20-30	0,26 (0,04)	59853,04 (2389,73)	29,52 (1,78)	411,69 (6,18)	3,68 (0,00)	22,35 (0,83)	208,83 (5,18)	80,51 (2,10)	40666,71 (1742,28)	59,73 (11,82)	907,41 (36,56)	0,66 (0,41)	158,87 (6,47)	84,64 (2,33)	2,01 (1,59)	526,34 (1,43)	0,70 (0,04)	355,74 (11,33)
		0-30	0,23 (0,04)	61570,87 (2479,54)	29,33 (1,87)	441,09 (25,47)	3,11 (0,31)	23,61 (0,71)	221,67 (5,16)	63,74 (1,28)	42094,25 (1235,68)	66,13 (8,11)	1114,04 (38,39)	0,47 (0,18)	168,04 (6,89)	83,60 (2,12)	1,79 (0,79)	260,03 (4,39)	0,73 (0,05)	328,29 (6,86)

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

5.5.3. Poreklo teških metala i metaloida u zemljištu

5.5.3.1. Poreklo teških metala i metaloida u zemljištu uzorkovanom u periodu visokog vodostaja (2014. godina)

Kako bi se utvrdilo poreklo teških metala u zemljištu kao i njihova međusobna zavisnost, urađena je PCA analiza tj. analiza glavnih komponenti sa Varimax rotacijom. Uslov za primenu PCA analize jeste da se zadovolji uslov testa faktorabilnosti – KMO test. Da bi set podataka za analizu bio validan vrednost KMO testa treba da bude minimum 0,5 (Hinton et al., 2004). Za analizu su upotrebljeni podaci o ukupnom sadržaju teških metala i metaloida - As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn kao i Mn a u obzir su uzete samo glavne komponente sa karakterističnim vrednostima većim od 1. Potvrda da su varijable prikazane na ispravan način jesu ekstraktovane vrednosti odnosno komunalitet i to ukoliko se one kreću u opsegu od 0,6 do 1,0 (MacCallum et al., 2001).

Rezultati PCA analize sadržaja teških metala u površinskim slojevima zemljišta uzorkovanog 2014. godine prikazani su u Tabelama 30, 31 i 32 kao i na Slici 12. Analiza je izdvojila dve glavne komponente koje objašnjavaju 93,99 % ukupne varijabilnosti (Tabela 30).

Tabela 30. Parametri PCA analize

Faktor	Karakteristična vrednost (Eigenvalue)	Varijansa	Ukupna varijansa
		%	
1	6,066	75,820	75,820
2	1,454	18,176	93,996
3	0,295	3,691	97,686
4	0,100	1,248	98,935
5	0,063	0,788	99,722
6	0,016	0,205	99,928
7	0,004	0,052	99,979
8	0,002	0,021	100,00

Prva komponenta (PC1) objašnjava 75,82 % varijabilnosti i određena je visokom pozitivnom korelacijom sa As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni i Zn (Tabela 31). Prva komponenta se definiše kao prirodni faktor tj. geološka komponenta s obzirom na prisustvo Cr, Mn i Ni koji su poreklom iz matičnog supstrata ali se može definisati i kao uticaj poplavnog talasa. Druga komponenta (PC2) objašnjava 18,17% od ukupne varijabilnosti i određena je visokom pozitivnom korelacijom sa Pb i definisana je kao antropogeni faktor (Tabela 31).

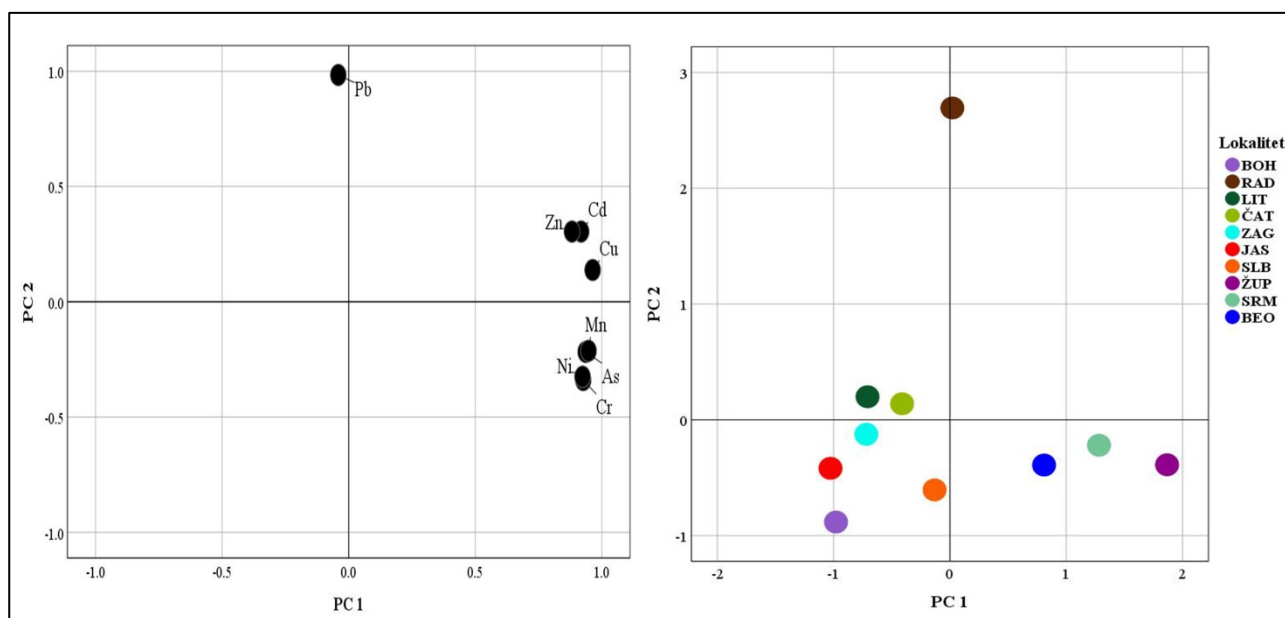
Tabela 31. Faktorsko opterećenje pre i posle Varimax rotacije

Varijabla	Matrica pre rotacije		Varijabla	Matrica posle Varimax rotacije	
	PC1	PC2		PC1	PC2
Mn	0,962	-0,134	Cu	0,963	0,138
Cr	0,951	-0,262	Mn	0,947	-0,213
As	0,951	-0,139	As	0,936	-0,217
Cu	0,949	0,217	Cr	0,926	-0,340
Ni	0,947	-0,248	Ni	0,924	-0,325
Cd	0,890	0,379	Cd	0,918	0,305
Zn	0,854	0,376	Zn	0,882	0,305
Pb	-0,122	0,977	Pb	-0,041	0,984

U prvoj komponenti - prirodni faktor tj. uticaj geološke podloge i poplavnog talasa izdvajaju se lokaliteti BOH, ZAG, JAS, SLB, ŽUP, SRM i BEO dok druga komponenta definisana kao antropogeni faktor izdvaja lokalitet RAD i delimično lokalitete ČAT i LIT (Slika 10). Vrednost KMO testa za uzorke zemljišta iz 2014. godine je 0,597. Komunalitet varijabli se kreće od 0,870 (Zn) do 0,973 (Cr) (Tabela 32).

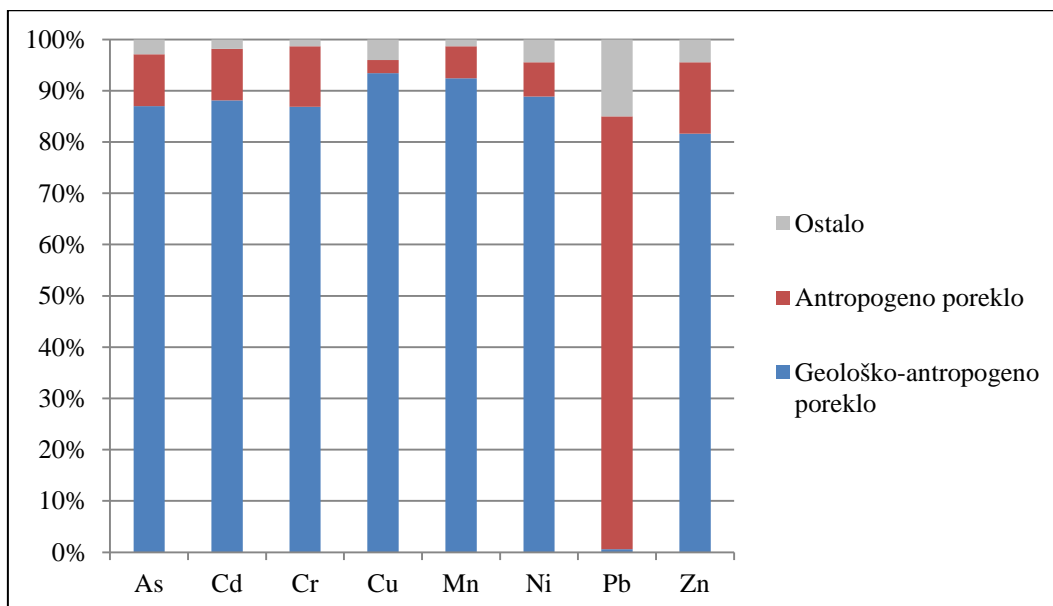
Tabela 32. Komunalitet varijabli

Varijabla	Početna vrednost	Komunalitet
As	1,000	0,923
Cd	1,000	0,935
Cr	1,000	0,973
Cu	1,000	0,947
Ni	1,000	0,943
Mn	1,000	0,959
Pb	1,000	0,969
Zn	1,000	0,870



Slika 12. Analiza porekla ispitivanih elemenata u površinskim slojevima zemljišta iz 2014. godine:
a) grupisanje elemenata u zemljištu; b) grupisanje elemenata u zemljištu u odnosu na lokalitete

Rezultati MLR analize za ispitivane teške metale u površinskim slojevima zemljišta uzorkovanog 2014. godine prikazani su na Slici 13.



Slika 13. Procentualno učešće komponenti koje određuju poreklo metala i metaloida u površinskim slojevima zemljišta (2014. godina)

Arsen u površinskim slojevima zemljišta je pod najvećim uticajem prve komponente odnosno prirodnog faktora (86,98%), dok je uticaj druge komponente značajno manji (10,14%). Ostali faktori čine 2,88% (Slika 13). U površinskim slojevima zemljišta Cd je pod najvećim uticajem prirodnog faktora (88,13%) dok je uticaj antropogenog faktora odnosno druge komponente bio 10,14%. Ostali faktori čine preostalih 1,85%. Hrom u površinskim slojevima zemljišta je pod najvećim uticajem prve komponente (88,88%) dok je uticaj druge komponente bio oko 11,77%. Ostali faktori čine preostalih 1,35%. U površinskim slojevima zemljišta bakar je pod dominantnim uticajem prirodnog faktora (93,42%), dok antropogeni faktor ima zanemarljivo mali uticaj od samo 2,53%. Ostali faktori utiču sa oko 4,05%.

Najveći uticaj na Mn ima prva komponenta tj. prirodni faktor sa ukupnim učešćem od 92,45%. S druge strane, antropogeni faktor ima manji uticaj od 6,24%. Ostali faktori imaju zanemarljivo mali udeo (1,30%). Nikl je u površinskim slojevima zemljišta pod najvećim uticajem prirodnog faktora (88,88%) dok je antropogeni faktor imao manje izražen uticaj (6,64%). Ostali faktori utiču sa 4,47%. Olovo je u površinskim slojevima zemljišta pod dominantnim uticajem druge komponente tj. antropogenog faktora (84,39%). Ostali nedefinisani faktori utiču sa oko 15% dok zanemarljivo mali uticaj na Pb ima prirodni faktor (0,61%). Cink je kao i ostali elementi pod najvećim uticajem prve komponente tj. prirodnog faktora (81,62%) dok je uticaj druge komponente 13,94%. Ostali faktori čine oko 4,44% (Slika 13).

5.5.3.2. Poreklo teških metala i metaloida u zemljištu uzorkovanom u periodu niskog vodostaja (2015. godina)

Rezultati PCA analize sadržaja teških metala u površinskim slojevima zemljišta uzorkovanog 2015. godine prikazani su u Tabelama 33, 34 i 35 kao i na Slici 14. Analizom su izdvojene tri glavne komponente koje objašnjavaju 95,03% ukupne varijabilnosti (Tabela 33).

Tabela 33. Parametri PCA analize

Faktor	Karakteristična vrednost (Eigenvalue)	Varijansa	Ukupna varijansa
			%
1	5,420	67,748	67,748
2	1,138	14,221	81,969
3	1,045	13,057	95,026
4	0,253	3,166	98,192
5	0,113	1,412	99,603
6	0,018	0,224	99,827
7	0,011	0,139	99,966
8	0,003	0,034	100,000

Prva komponenta (PC1) objašnjava 67,75% ukupne varijabilnosti i određena je visokom pozitivnom korelacijom sa Mn, Cr, Ni i As (Tabela 33 i 34). Prva komponenta se može definisati kao prirodni faktor s obzirom na prisustvo Cr i Ni koji potiču iz geološke podloge (Grba et al., 2015) kao i Mn (Foster, 2017). Druga komponenta (PC2) objašnjava 14,22% varijabilnosti i određena je visokom pozitivnom korelacijom sa Pb, Cd, Zn i As i ova komponenta se može definisati kao uticaj geološko-antropogenih faktora (Tabela 32 i 33). Treća komponenta (PC3) objašnjava 13,06% ukupne varijabilnosti i određena je visokom pozitivnom korelacijom sa Cu i definisana je kao antropogeni faktor (Tabela 33 i 34).

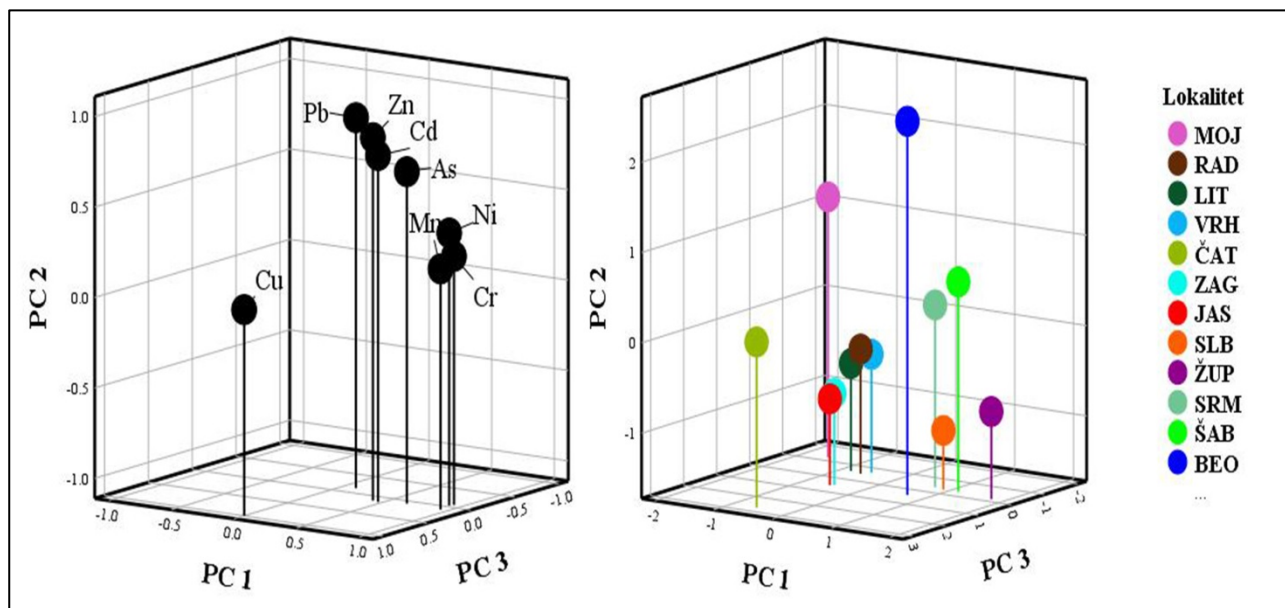
Tabela 34. Faktorsko opterećenje pre i posle Varimax rotacije

Varijabla	Matrica pre rotacije			Varijabla	Matrica posle Varimax rotacije		
	PC1	PC2	PC3		PC1	PC2	PC3
As	0,973	0,086	-0,001	Mn	0,939	0,219	0,099
Ni	0,934	-0,346	0,008	Cr	0,930	0,264	-0,066
Zn	0,923	0,376	-0,024	Ni	0,913	0,396	-0,037
Cd	0,898	0,282	0,017	Pb	0,103	0,937	-0,132
Cr	0,855	-0,456	0,014	Zn	0,419	0,896	0,127
Mn	0,840	-0,448	0,184	Cd	0,470	0,804	0,140
Pb	0,707	0,545	-0,330	As	0,652	0,724	0,073
Cu	0,070	0,290	0,949	Cu	-0,001	0,028	0,995

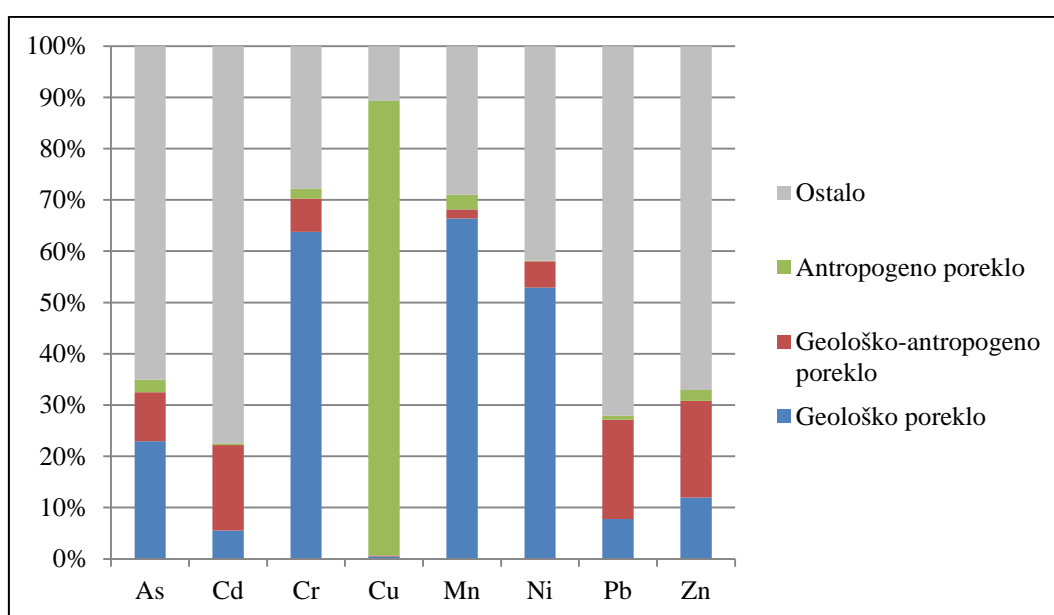
U prvoj komponenti - prirodni faktor tj. uticaj geološke podloge izdvajaju se lokaliteti srednjeg i donjeg dela toka dok se u drugoj komponenti definisanoj kao geološko-antropogeni faktor izdvajaju lokaliteti gornjeg i delimično srednjeg i donjeg dela toka (Slika 14). U trećoj komponenti definisanoj kao antropogeni faktor izdvaja se samo lokalitet ČAT. Vrednost KMO testa za uzorke zemljišta iz 2015. godine je 0,567. Komunalitet varijabli se kreće od 0,886 (Cd) do 0,994 (Zn) (Tabela 35). Rezultati MLR analize za ispitivane teške metale u površinskim slojevima zemljišta uzorkovanog 2015. godine prikazani su na Slici 14.

Tabela 35. Komunalitet

Varijabla	Početna vrednost	Komunalitet
As	1,000	0,955
Cd	1,000	0,886
Cr	1,000	0,939
Cu	1,000	0,990
Ni	1,000	0,940
Mn	1,000	0,992
Pb	1,000	0,906
Zn	1,000	0,994



Slika 14. Analiza porekla ispitivanih elemenata u površinskim slojevima zemljišta iz 2015. godine:
 a) grupisanje elemenata u zemljištu; b) grupisanje elemenata u zemljištu u odnosu na lokalitete



Slika 15. Procentualno učešće komponenti koje određuju poreklo metala i metaloida u površinskim slojevima zemljišta (2015. godina)

Generalno posmatrano u odnosu na MLR analizu uočava se da na sadržaj As, Cd, Pb i Zn najveći uticaj imaju faktori koji nisu direktno vezani bilo za prirodno ili za antropogeno poreklo ovih elemenata (Slika 15). Od jasno definisanih faktora, na As u površinskim slojevima zemljišta najviše utiče prva komponenta tj. prirodni faktor, sa 22,96%. Nešto manji uticaj imaju druge dve komponente, gde geološko-antropogeni faktor utiče sa 9,56% a antropogeni sa samo 2,42%. U slučaju kadmijuma, od definisanih faktora najveći uticaj ima druga komponenta tj. geološko-antropogeni faktor koji utiče sa 16,73%. Nešto manji uticaj ima prva komponenta (5,50%) dok treća komponenta ima skoro zanemarljiv uticaj na Cd (0,28%). Na Cr u površinskim slojevima najveći uticaj ima prva komponenta tj. prirodni faktor koji utiče sa 63,78% dok nešto manji uticaj imaju druga (6,47%) i treća (1,94%) komponenta. Ostali faktori imaju visok procenat učešća i to oko 28% (Slika 15).

Na sadržaj bakra u površinskim slojevima dominantan uticaj ima treća komponenta tj. antropogeni faktor koji utiče sa 88,65%. Prva i druga komponenta imaju vrlo zanemarljiv uticaj na Cu (PC1 – 0,46% i PC2 – 0,22%). Nešto veći uticaj imaju ostali faktori (10,68%). Na sadržaj Mn u ispitivanim zemljištima najveći uticaj ima prva komponenta tj. prirodni faktor koja utiče sa 66,42% Nešto manji uticaj na Mn imaju ostali nedefinirani faktori (28,99%), dok vrlo mali uticaj imaju druga (1,69%) i treća (2,89%) komponenta.

Na sadržaj nikla u zemljištu, kao i kod Mn i Cr, najveći uticaj ima prva komponenta tj. prirodni faktor koji utiče sa 52,91%. Ostali nedefinirani faktori utiču sa oko 41,85%, geološko-antropogeni faktor utiče sa 5,11% dok antropogeni faktor utiče sa zanemarljivo malih 0,13%. Od definisanih faktora na Pb najveći uticaj ima geološko-antropogeni faktor koji učestvuje sa 19,37%. Prva komponenta ima određeni uticaj od oko 7,78% dok treća komponenta ima najmanji uticaj i to od 0,78%. Na sadržaj Zn s druge strane, od definisanih faktora, skoro podjednak uticaj imaju prva (11,94%) i druga (18,86%) komponenta. Najmanji uticaj ima treća komponenta tj. antropogeni faktor (2,15%) (Slika 15).

5.6. Teški metali i metaloidi u sedimentu/nanosu

5.6.1. Ukupan sadržaj teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu

5.6.1.1. Ukupan sadržaj teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu uzorkovanom u periodu visokog vodostaja (2014. godina)

Ukupan sadržaj 18 ispitivanih elemenata u sedimentu/nanosu uzorkovanom 2014. godine na odabranim lokalitetima duž toka reke Save predstavljen je u Tabeli 36. Od svih ispitivanih elemenata, jedino je Mo bio na svim lokalitetima ispod granice detekcije.

Ukupan sadržaj Ag u ispitivanim uzorcima sedimenta/nanosa (0-30 cm) kretao se u opsegu od 0,08 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ZAG do 0,28 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO (Tabela 36). Samo na jednom lokalitetu (LIT) je sadržaj Ag bio ispod nivoa detekcije. Prostorno posmatrano sadržaj Ag raste od izvora ka ušću.

Najniži ukupan sadržaj Al izmeren je na lokalitetu ZAG i iznosio je 5848,65 mg kg⁻¹ dok je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu SLB i iznosio je 28655,82 mg kg⁻¹ (Tabela 36). Na izabranim lokalitetima duž toka reke Save, idući od izvora ka ušću, uočljiv je trend povećanja ukupnog sadržaja Al, sa jednim odstupanjem od tog trenda i to na lokalitetu ZAG gde je i izmeren najniži ukupni sadržaj.

Ukupan sadržaj As u ispitivanim uzorcima sedimenta/nanosa kretao se od 3,58 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ZAG do 18,93 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO (Tabela 36). Prostorno posmatrano duž toka reke Save jasno je uočljiv trend porasta ukupnog sadržaja As.

Ukupan sadržaj Ba u ispitivanim uzorcima kretao se od 19,52 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu RAD do 198,75 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu LIT (Tabela 36). Na ispitivanim lokalitetima ne postoji uočljiva pravilnost u prostornoj distribuciji sadržaja Ba, ali se može uočiti porast sadržaja na donjem delu toka.

Ukupan sadržaj Cd u ispitivanim uzorcima sedimenta/nanosa kretao se od 0,25 mg kg⁻¹ na lokalitetu ZAG do 0,68 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO (Tabela 36). Uočava se pravilnost u prostornoj distribuciji s obzirom da se, idući ka ušću u Dunav, povećava sadržaj kadmijuma u sedimentu/nanosu.

Najniži ukupan sadržaj Co u ispitivanim uzorcima sedimenta/nanosa izmeren je na lokalitetu ZAG i iznosio je 3,28 mg kg⁻¹. Najviši sadržaj Co izmeren je na lokalitetu BEO i iznosio je 16,38 mg kg⁻¹ (Tabela 36). U gornjem i srednjem delu toka sadržaj Co je ujednačen dok od lokaliteta SLB pa do ušća dolazi do naglog skoka u ukupnom sadržaju Co.

Ukupan sadržaj Cr u ispitivanim uzorcima sedimenta/nanosa kretao se od minimalnih 7,95 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ZAG do maksimalnih 84,07 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu BEO (Tabela 36). Na ispitivanim lokalitetima duž reke Save moguće je uočiti pravilan trend povećanja sadržaja Cr, sa izuzetkom lokaliteta ZAG gde je sadržaj Cr najniži. Takođe uočava se i nagli skok sadržaja Cr u ispitivanom sedimentu/nanosu od lokaliteta SLB.

Ukupan sadržaj Cu u uzorcima sedimenta/nanosa se kretao u opsegu od 12,23 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ZAG do 70,28 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO (Tabela 36). Što se tiče prostorne distribucije Cu u sedimentu/nanosu, trend je je najbliži onom koji ima Cr, odnosno sadržaj varira ali se uočava trend povećanja na lokalitetima donjeg dela toka.

Najniži ukupan sadržaj Fe u ispitivanim uzorcima izmeren je na lokalitetu ZAG i to 11432,67 mg kg⁻¹, dok je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu BEO gde je izmereno 41385,70 mg kg⁻¹ (Tabela

36). Prostorna distribucija Fe nije ujednačena s obzirom da idući od gornjeg dela ka donjem delu toka sadržaj Fe se smanjuje a od lokaliteta SLB dolazi do naglog porasta u sadržaja Fe u donjem delu toka reke Save.

Ukupan sadržaj Li u ispitivanim uzorcima se kretao u opsegu od 21,17 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ZAG do 66,25 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu SLB (Tabela 36). Prostorno posmatrano sadržaj Li u ispitivanom sedimentu/nanosu raste na donjem delu toka posle lokaliteta ZAG.

Najviši ukupan sadržaj Mn izmeren je na lokalitetu BEO i iznosio je 1164,72 mg kg⁻¹ dok je najniži sadržaj izmeren na lokalitetu ZAG i iznosio je 235,16 mg kg⁻¹ (Tabela 36). Prostorno posmatrano, na gornjem i srednjem delu toka sadržaj Mn je vrlo ujednačen dok se trend povećanja može uočiti od lokaliteta SLB pa sve do ušća reke Save u Dunav.

Najniži ukupan sadržaj Ni kretao se u opsegu od 10,44 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ZAG dok je najviši ukupan sadržaj izmeren na lokalitetu SRM i iznosio je 137,00 mg kg⁻¹. Prostorno posmatrano uočava se trend povećanja sadržaja idući ka ušću reke Save u Dunav (Tabela 36).

Ukupan sadržaj Pb u ispitivanim uzorcima sedimenta/nanosa kretao se od 9,54 mg kg⁻¹ što je izmereno na lokalitetu ZAG do 37,62 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu RAD (Tabela 36). Na ispitivanim lokalitetima duž toka reke Save, ne postoji uočljiva pravilnost u prostornoj distribuciji sadržaja Pb.

Najniži ukupan sadržaj Se u ispitivanim uzorcima sedimenta/nanosa izmeren je na lokalitetu LIT i iznosio je 0,11 mg kg⁻¹, dok je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu SLB i to 4,65 mg kg⁻¹ (Tabela 36). Na dva lokaliteta (RAD i ZAG) sadržaj Se bio je ispod nivoa detekcije. Prostorno posmatrano sadržaj Se u uzorcima sedimenta/nanosa varira u odnosu na lokalitete i nema jasno uočljiv prostorni trend.

Ukupan sadržaj Sr u ispitivanim uzorcima bio je u opsegu od 29,18 mg kg⁻¹ na lokalitetu LIT do 83,48 mg kg⁻¹ na lokalitetu ZAG (Tabela 36). Generalno posmatrano, može se uočiti da sadržaj Sr u površinskim slojevima sedimenta/nanosa nema ujednačen prostorni trend, ukupan sadržaj varira u zavisnosti od lokaliteta.

Najviši ukupan sadržaj Tl u uzorcima sedimenta/nanosa izmeren je na lokalitetu SLB i iznosio je 1,60 mg kg⁻¹, dok je najniži sadržaj izmeren na lokalitetu ČAT i to 0,08 mg kg⁻¹ (Tabela 36). Ukupan sadržaj Tl bio je ispod granice detekcije samo na jednom lokalitetu (ZAG). Ako se izuzme lokalitet ZAG, generalno se može reći da postoji određeni trend povećanja sadržaja idući od izvora do ušća reke Save.

Ukupan sadržaj Zn u ispitivanim uzorcima varirao je u opsegu od 36,00 mg kg⁻¹ na lokalitetu ZAG do 140,06 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na donjem delu toka reke Save, na lokalitetu BEO (Tabela 36). U gornjem i srednjem delu toka sadržaji Zn su ujednačeni, dok se trend povećanja sadržaja može uočiti na potezu od lokaliteta SLB pa sve do ušća.

Prostorno posmatrano, ukupan sadržaj skoro svih ispitivanih elemenata povećavao se idući od izvora ka ušću, pri čemu su najviši ukupni sadržaji uglavnom izmereni na lokalitetima donjeg dela toka i to najčešće na lokalitetu BEO. Izuzetak od ovog trenda predstavljaju Ba i Sr čiji ukupan sadržaj varira u zavisnosti od lokaliteta (Tabela 36).

Tabela 36. Ukupan sadržaj ispitivanih elemenata u sedimentu/nanosu u 2014. godini

Lokalitet	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
	Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
RAD	0,12 (0,04)	8172,56 (65,60)	4,26 (0,23)	19,52 (0,06)	0,59 (0,00)	4,64 (0,05)	16,19 (0,07)	17,29 (0,12)	13123,51 (70,10)	28,05 (0,17)	282,44 (0,50)	/	17,03 (0,07)	11,86 (0,44)	/	70,61 (0,52)	0,33 (0,27)	56,42 (0,23)
LIT	/	8272,93 (118,71)	3,69 (0,30)	198,75 (1,25)	0,34 (0,00)	4,55 (0,05)	11,07 (0,08)	23,44 (0,17)	15652,46 (183,26)	30,71 (0,21)	244,83 (1,50)	/	11,74 (0,10)	37,62 (0,53)	0,11 (0,05)	29,18 (0,43)	0,38 (0,32)	63,73 (0,33)
ČAT	0,10 (0,00)	9842,75 (168,42)	4,88 (0,75)	65,43 (0,12)	0,32 (0,00)	5,19 (0,00)	12,62 (0,08)	22,01 (0,09)	17666,17 (250,19)	33,64 (0,43)	362,20 (2,29)	/	16,13 (0,08)	17,10 (0,31)	0,14 (0,06)	74,66 (1,23)	0,08 (0,20)	64,06 (0,10)
ZAG	0,08 (0,04)	5848,65 (61,89)	3,58 (0,32)	31,84 (0,19)	0,25 (0,00)	3,28 (0,04)	7,95 (0,05)	12,23 (0,06)	11432,67 (96,29)	21,17 (0,26)	235,16 (1,51)	/	10,44 (0,08)	9,54 (0,56)	/	83,48 (0,90)	/	36,00 (0,21)
SLB	0,20 (0,00)	28655,82 (256,12)	10,87 (0,74)	108,64 (1,04)	0,63 (0,05)	14,98 (0,06)	61,04 (0,62)	49,11 (0,52)	40205,55 (253,48)	66,25 (0,70)	949,89 (5,68)	/	96,13 (0,62)	15,56 (0,55)	4,65 (0,93)	63,82 (0,59)	1,60 (0,13)	85,13 (0,44)
SRM	0,18 (0,03)	21278,89 (313,74)	14,60 (0,16)	92,55 (0,18)	0,60 (0,00)	16,27 (0,55)	82,02 (0,24)	42,88 (0,13)	37798,98 (354,62)	54,32 (1,01)	976,29 (9,28)	/	137,00 (0,33)	27,09 (1,21)	1,89 (0,77)	57,02 (0,74)	1,02 (0,24)	103,44 (0,14)
BEO	0,28 (0,03)	26530,89 (194,95)	18,93 (0,69)	102,27 (0,55)	0,68 (0,05)	16,34 (0,10)	84,07 (0,46)	70,28 (0,49)	41385,70 (74,00)	62,02 (0,47)	1164,72 (2,51)	/	129,05 (0,77)	34,81 (1,20)	3,13 (0,66)	62,94 (0,30)	1,07 (0,08)	140,06 (0,56)

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

5.6.1.2. Ukupan sadržaj teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu uzorkovanom u periodu niskog vodostaja (2015. godina)

Ukupan sadržaj 18 ispitivanih elemenata u sedimentu/nanosu uzorkovanom 2015. godine na odabranim lokalitetima duž toka reke Save predstavljen je u Tabeli 37. Od svih ispitivanih elemenata, jedino je Mo bio na svim lokalitetima ispod granice detekcije.

Ukupan sadržaj Ag u ispitivanim uzorcima sedimenta/nanosa kretao se u opsegu od 0,03 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetima MOJ i VRH do 0,62 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO (Tabela 37). Sadržaj Ag bio je ispod limita detekcije samo na lokalitetu LIT. Prostorno posmatrano sadržaj Ag varira u odnosu na lokalitete i nije uočljiv jasan trend povećanja sadržaja od izvora ka ušću.

Ukupan sadržaj Al u ispitivanim uzorcima bio je u opsegu od 5837,64 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu MOJ do 24925,02 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO (Tabela 37). Na istraživanim lokalitetima duž toka reke Save uočava se trend povećanja sadržaja Al u ispitivanom sedimentu/nanosu od izvora ka ušću.

Ukupan sadržaj As u ispitivanim uzorcima kretao se od 3,30 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu MOJ do 12,77 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu BEO (Tabela 37). Prostorno posmatrano jasno je uočljiv trend porasta sadržaja As idući od izvora reke Save ka ušću.

Najniži ukupan sadržaj Ba u ispitivanim uzorcima sedimenta/nanosa izmeren je na lokalitetu MOJ i iznosio je 16,14 mg kg⁻¹ dok je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu VRH i iznosio je 157,60 mg kg⁻¹ (Tabela 37). Na lokalitetima duž toka ne postoji jasno uočljiva pravilnost u prostornoj distribuciji sadržaja Ba u ispitivanom sedimentu/nanosu.

Ukupan sadržaj Cd u uzorcima ispitivanog sedimenta/nanosa kretao se u opsegu od 0,07 mg kg⁻¹ na lokalitetu LIT do 1,36 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu BEO (Tabela 37). Prostorno posmatrano uočava se trend povećanja sadržaja kadmijuma na lokalitetima donjeg dela toka.

Ukupan sadržaj Co u ispitivanim uzorcima se kretao u opsegu od 1,80 mg kg⁻¹ koliko je izmereno u gornjem delu toka, na lokalitetu MOJ, do 14,49 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu BEO (Tabela 37). Jasno je uočljiv trend povećanja sadržaja Co na ispitivanim lokalitetima, idući od izvora do ušća reke Save.

Ukupan sadržaj Cr u ispitivanim uzorcima sedimenta/nanosa kretao se u opsegu od 4,79 mg kg⁻¹ na lokalitetu MOJ do 84,38 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO. Kao i kod Co, i kod Cr je jasno uočljiv trend povećanja sadržaja duž toka reke Save (Tabela 37).

Najniži sadržaj Cu u ispitivanim uzorcima izmeren je na lokalitetu MOJ i iznosio je 7,44 mg kg⁻¹, dok je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu BEO i iznosio je 36,56 mg kg⁻¹ (Tabela 37). Na ispitivanim lokalitetima ne postoji jasno uočljiva pravilnost u prostornoj distribuciji sadržaja Cu.

Ukupan sadržaj Fe u ispitivanim uzorcima sedimenta/nanosa kretao se u opsegu od 4831,92 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu MOJ do 34443,37 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO (Tabela 37). U gornjem i srednjem delu toka sadržaj Fe je ujednačen dok je u donjem delu toka, od lokaliteta SRM, jasno uočljiv trend povećanja sadržaja Fe.

Najniži ukupan sadržaj Li u ispitivanim uzorcima izmeren je na lokalitetu ŽUP i iznosio je 16,51 mg kg⁻¹ dok je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu BEO i iznosio je 52,21 mg kg⁻¹ (Tabela 37). Prostorno posmatrano nije uočljiva jasna pravilnost u distribuciji sadržaja Li u sedimentu/nanosu duž toka reke Save.

Ukupan sadržaj Mn u ispitivanim uzorcima kretao se od 119,24 mg kg⁻¹ izmerenih na lokalitetu MOJ do 926,24 mg kg⁻¹ izmerenih na lokalitetu BEO (Tabela 37). Prostorno posmatrano, jasno je uočljiv trend povećanja sadržaja Mn idući od izvora ka ušću reke Save.

Ukupan sadržaj Ni u ispitivanim uzorcima se kretao od 4,73 mg kg⁻¹ na lokalitetu MOJ do 106,59 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu BEO (Tabela 37). Idući od izvora reke Save do ušća jasno se uočava trend povećanja sadržaja Ni u sedimentu/nanosu.

Ukupan sadržaj Pb u ispitivanim uzorcima se kretao od 6,09 mg kg⁻¹ na lokalitetu ŽUP do 43,43 mg kg⁻¹ na lokalitetu ŠAB (Tabela 37). Kod Pb ne postoji jasno uočljiv prostorni gradijent u sadržaju ovog elementa u sedimentu/nanosu.

Najniži ukupan sadržaj Se u ispitivanim uzorcima izmeren je na lokalitetu ŽUP i iznosio je 0,27 mg kg⁻¹, dok je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu BEO i to 5,47 mg kg⁻¹. Sadržaj Se je samo na jednom lokalitetu (MOJ) bio ispod nivoa detekcije (Tabela 37).

Ukupan sadržaj Sr se kretao u opsegu od 54,92 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu LIT do 176,97 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu MOJ (Tabela 37). Generalno posmatrano sadržaj Sr ima trend smanjenja idući od izvora ka ušću reke Save.

Ukupan sadržaj Tl u ispitivanim uzorcima je bio vrlo nizak, pri čemu je na 8 lokaliteta sadržaj bio ispod nivoa detekcije. Najviši sadržaj Tl izmeren je na lokalitetu LIT i iznosio je 0,40 mg kg⁻¹ (Tabela 37). Prostorno posmatrano nema jasne pravilnosti u distribuciji sadržaja Tl u uzorcima sedimenta/nanosa.

Ukupan sadržaj Zn u ispitivanim uzorcima sedimenta/nanosa kretao se u opsegu od 22,89 mg kg⁻¹ na lokalitetu MOJ do 152,28 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ŠAB (Tabela 37). U gornjem i srednjem delu toka na ispitivanim lokalitetima, sadržaj Zn je ujednačen sa izuzetkom lokaliteta RAD gde su izmerene više koncentracije. U donjem delu toka na ispitivanim lokalitetima, dolazi do povećanja sadržaja Zn.

Prostorno posmatrano, ukupan sadržaj skoro svih ispitivanih elemenata povećavao se idući od izvora ka ušću, pri čemu su najviši ukupni sadržaji uglavnom izmereni na lokalitetima donjeg dela toka i to najčešće na lokalitetu BEO. Izuzetak od ovog trenda je Sr čiji ukupan sadržaj varira duž celog toka u zavisnosti od lokaliteta ali se uočava trend smanjenja sadržaja Sr na lokalitetima donjeg dela toka (Tabela 37).

Tabela 37. Ukupan sadržaj ispitivanih elemenata u sedimentu/nanosu u 2015. godini

Lokalitet	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
	Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
MOJ	0,03 (0,05)	5837,6 (62,73)	3,30 (0,72)	16,14 (0,10)	0,15 (0,00)	1,80 (0,00)	4,79 (0,00)	7,44 (0,07)	4831,92 (32,50)	16,93 (0,19)	119,24 (0,89)	/	4,73 (0,05)	8,59 (0,34)	/	176,97 (1,57)	/	22,89 (0,07)
RAD	0,20 (0,00)	10016,90 (95,79)	4,82 (0,58)	27,91 (0,11)	0,19 (0,00)	5,43 (0,05)	28,07 (0,10)	23,54 (0,06)	15912,25 (128,82)	31,52 (0,36)	312,38 (2,08)	/	31,49 (0,07)	24,94 (0,37)	0,91 (0,56)	167,17 (1,68)	0,28 (0,00)	99,45 (0,33)
LIT	/	8270,40 (90,28)	5,86 (0,48)	56,31 (0,35)	0,07 (0,00)	4,21 (0,04)	9,47 (0,04)	16,15 (0,14)	16326,70 (99,09)	34,95 (0,36)	295,30 (1,81)	/	13,11 (0,05)	15,26 (0,67)	0,81 (0,51)	54,92 (0,51)	0,40 (0,01)	52,32 (0,30)
VRH	0,03 (0,05)	8631,71 (43,73)	5,46 (0,67)	157,60 (0,48)	0,22 (0,00)	4,43 (0,56)	11,30 (0,04)	18,67 (0,08)	18181,46 (93,47)	31,01 (0,32)	349,09 (2,06)	/	13,38 (0,35)	16,04 (7,88)	0,57 (0,39)	69,77 (0,32)	/	73,13 (0,23)
ČAT	0,10 (0,00)	6451,40 (47,46)	3,74 (0,47)	45,69 (0,16)	0,69 (0,00)	3,22 (0,04)	8,29 (0,05)	10,22 (0,07)	12476,59 (72,55)	23,33 (0,38)	248,53 (0,87)	/	9,77 (0,05)	12,26 (0,20)	0,44 (0,48)	77,81 (0,52)	/	41,74 (0,17)
ZAG	0,10 (0,00)	9122,56 (57,64)	4,47 (0,26)	42,14 (0,12)	0,20 (0,00)	4,40 (0,00)	12,06 (0,00)	17,34 (0,10)	15055,51 (77,59)	30,44 (0,16)	307,07 (1,79)	/	14,36 (0,10)	15,15 (0,44)	0,64 (0,48)	163,87 (1,42)	/	57,19 (0,08)
JAS	0,27 (0,05)	9265,73 (90,57)	4,01 (0,43)	39,08 (0,24)	0,18 (0,00)	5,09 (0,00)	15,28 (0,21)	16,04 (0,05)	14734,33 (79,86)	26,72 (0,33)	480,30 (2,03)	/	14,38 (0,06)	14,86 (0,51)	1,17 (0,73)	68,61 (0,60)	/	62,50 (0,20)
SLB	0,30 (0,00)	13018,26 (195,01)	4,80 (0,58)	48,51 (0,29)	0,30 (0,00)	8,19 (0,06)	27,29 (0,17)	21,94 (0,27)	20490,91 (254,24)	35,96 (0,33)	559,02 (5,30)	/	32,28 (0,10)	16,12 (0,38)	1,06 (0,50)	74,98 (1,11)	0,07 (0,00)	60,59 (0,33)
ŽUP	0,08 (0,07)	6071,24 (51,91)	6,83 (0,44)	22,33 (0,14)	0,38 (0,00)	7,91 (0,67)	46,51 (0,40)	9,21 (0,04)	13791,28 (54,89)	16,51 (0,22)	467,91 (3,91)	/	66,00 (0,44)	6,09 (4,73)	0,27 (0,33)	67,65 (0,39)	/	33,78 (0,18)
SRM	0,18 (0,04)	16673,58 (120,69)	11,85 (0,46)	62,97 (0,34)	0,97 (0,00)	12,90 (0,04)	70,15 (0,18)	29,35 (0,20)	31026,61 (245,19)	45,74 (0,53)	693,19 (2,71)	/	101,01 (0,47)	22,31 (0,55)	2,69 (1,03)	61,12 (0,45)	0,10 (0,00)	94,30 (0,33)
ŠAB	0,33 (0,04)	16933,01 (122,89)	12,13 (0,68)	69,17 (0,16)	1,12 (0,00)	10,34 (0,04)	56,40 (0,23)	31,09 (0,10)	26021,25 (120,31)	38,39 (0,39)	505,05 (2,39)	/	70,04 (0,30)	43,43 (0,39)	2,31 (0,75)	67,23 (0,50)	/	152,28 (0,25)
BEO	0,62 (0,04)	24925,02 (324,48)	12,77 (0,79)	100,09 (1,70)	1,36 (0,06)	14,49 (0,26)	84,38 (1,22)	36,56 (0,45)	34443,37 (667,92)	52,21 (0,53)	926,24 (15,61)	/	106,59 (1,43)	26,87 (1,27)	5,47 (0,63)	68,90 (0,80)	/	126,79 (2,46)

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

5.6.2. Frakcije teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu

5.6.2.1. Frakcije teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu uzorkovanom u periodu visokog vodostaja (2014. godina)

Rezultati sekvencijalne ekstrakcije ispitivanog sedimenta/nanosa na odabranim lokalitetima duž toka reke Save prikazani su Tabelama 38-41 i na graficima 37-54 (PRILOG 3).

Najveći sadržaj Ag u sedimentu/nanosu ekstrahovan je u rezidualnoj fazi (35,98 – 70,51 %) kao i u reducibilnoj fazi (17,41 – 38,68 %) (Grafik 37). U izmenljivoj fazi sadržaj ekstrahovanog Ag kretao se u opsegu od 6,70 % do 39,63 % pri čemu je uočljiv trend povećanja sadržaja idući od izvora ka ušću (Grafik 37). U ispitivanim uzorcima, u oksidabilnoj fazi je ekstrahovan nešto manji sadržaj Ag (2,31 – 14,26 %), pri čemu na lokalitetima donjeg dela toka Ag nije ekstrahovan (Grafik 37). Prostorno posmatrano u izmenljivoj fazi uočava se trend povećanja sadržaja Ag na donjem delu toka (Tabela 38) dok se u reducibilnoj fazi uočava neujednačen trend a najviši sadržaji su izmereni na lokalitetima RAD i SLB (Tabela 39). U oksidabilnoj fazi Ag je bio ispod granice detekcije na lokalitetima donjeg dela toka dok je na gornjem delu toka uočljiv trend povećanja (Tabela 40). Ukupan sadržaj (Total) Ag u sedimentu/nanosu kretao se u opsegu od 0,34 mg kg⁻¹ na lokalitetu ZAG do 0,66 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu RAD (Tabela 41), uz neujednačenu prostornu distribuciju duž toka.

Na frakcionom profilu uočljivo je da se najveća količina Al nalazi u rezidualnoj fazi, čvrsto vezana za kristalnu rešetku i to u opsegu od 73,67 % do 89,48 %. Skoro podjednake količine su ekstrahovane u reducibilnoj (0,83 – 16,40 %) i oksidabilnoj fazi (7,23 – 11,08 %) (Grafik 38). Najmanja količina aluminijuma u ispitivanim uzorcima ekstrahovana je u izmenljivoj fazi (0,19 – 0,85 %), što govori o slaboj dostupnosti aluminijuma (Grafik 38). Prostorno posmatrano može se uočiti trend povećanja sadržaja Al u svim fazama ekstrakcije (Tabele 38, 39 i 40). Ukupan sadržaj (Total) Al u sedimentu/nanosu kretao se u opsegu od 3668,32 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ZAG do 20371,07 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO (Tabela 41) pri čemu se uočava trend povećanja sadržaja Al duž toka.

Najviši sadržaj As u ispitivanim uzorcima nalazio se u rezidualnoj fazi, čvrsto vezan za kristalnu rešetku, i to u opsegu od 57,40 % do 81,22 %. Veće količine arsena su ekstrahovane i u oksidabilnoj fazi (8,74 – 42,60 %) (Grafik 39) pri čemu je na frakcionom profilu uočljivo da postoji trend smanjenja sadržaja idući ka ušću. U izmenljivoj fazi na svim lokalitetima kao i u reducibilnoj fazi na lokalitetima u gornjem delu toka As nije ekstrahovan (Grafik 39). U reducibilnoj fazi izmereni su samo sadržaji u donjem delu toka (7,89 – 10,04 %). Prostorno posmatrano uočava se da u svim fazama ekstrakcije sadržaj As raste idući od izvora ka ušću. Ukupan sadržaj (Total) As kretao se od 4,72 mg kg⁻¹ na lokalitetu LIT do 21,70 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO (Tabela 41) a uočava se i trend povećanja sadržaja idući od izvora ka ušću.

Na frakcionom profilu uočljivo je da je najveći sadržaj Ba ekstrahovan u reducibilnoj (18,66 – 50,65 %) i rezidualnoj fazi (14,37 – 58,50 %) (Grafik 40). Veća količina je ekstrahovana i u izmenljivoj fazi i kretala se u opsegu od 9,22 % do 33,09 % (Grafik 40). Najmanja količina Ba bila je u oksidabilnoj fazi, vezana za organsku materiju i sulfide. Količine su se kretale od 6,91 % do 13,37 %, pri čemu je uočljiv trend smanjenja na lokalitetima u donjem delu toka (Grafik 40). U izmenljivoj i reducibilnoj fazi barijum ima jasno izražen trend povećanja sadržaja idući od izvora ka ušću (Tabele 38 i 39). U oksidabilnoj fazi, sa izuzetkom lokaliteta LIT gde je izmeren najveći sadržaj, duž toka se uočava ujednačen trend povećanja sadržaja (Tabela 40). Ukupan sadržaj (Total) Ba u ispitivanom sedimentu/nanosu kretao se u opsegu od 21,96 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu RAD do 169,58 mg kg⁻¹ na lokalitetu LIT (Tabela 41). Na prostornom gradijentu se uočava da se sadržaj Ba povećava duž toka.

Najmanje količine Cd u ispitivanim uzorcima ekstrahovane su u izmenljivoj (3,46 – 7,44 %) i oksidabilnoj fazi (2,66 – 12,76 %) (Grafik 41). Najveća količina Cd se nalazila u rezidualnoj fazi, čvrsto vezana za kristalnu rešetku i to u opsegu od 25,28 % do 77,57 %. Nešto manje količine, u odnosu na rezidualnu fazu, su ekstrahovane u reducibilnoj fazi (9,79 – 58,36 %) (Grafik 41). Prostorno posmatrano sadržaj Cd se povećava u izmenljivoj i reducibilnoj fazi ekstrakcije idući od izvora ka ušću na svim istraživanim lokalitetima sa izuzetkom lokaliteta RAD u reducibilnoj fazi (Tabele 38 i 39). U oksidabilnoj fazi Cd ima neujednačenu prostornu distribuciju ali se može uočiti da dolazi do smanjenja sadržaja Cd duž toka (Tabela 40). Ukupan sadržaj (Total) Cd kretao se u opsegu od 2,54 mg kg⁻¹ na lokalitetu ZAG do 6,85 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu BEO (Tabela 41) pri čemu se može uočiti trend povećanja sadržaja Cd duž toka.

Na frakcionom profilu Co uočljivo je da je najveća količina ekstrahovana u rezidualnoj fazi (35,89 – 68,20 %), pri čemu sadržaj Co u rezidualnoj fazi opada idući ka ušću. Takođe, veće količine kobalta su ekstrahovane i u oksidabilnoj fazi (12,59 – 30,77 %) sa trendom povećanja sadržaja u donjem delu toka (Grafik 42). Nešto manje količine ekstrahovane su u izmenljivoj (6,51 – 25,24 %) i reducibilnoj fazi (0,30 – 41,70 %) (Grafik 42). Kobalt ima neujednačenu prostornu distribuciju u zavisnosti od lokaliteta ali se može uočiti da na lokalitetima donjeg dela toka dolazi do povećanja sadržaja u svim fazama BCR ekstrakcije (Tabele 38, 39 i 40). Ukupan sadržaj (Total) Co kretao se u opsegu od 3,60 mg kg⁻¹ na lokalitetu ZAG do 23,53 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO uz jasno uočljiv trend povećanja sadržaja duž toka (Tabela 41).

Najmanje količine Cr u ispitivanim uzorcima ekstrahovane su u izmenljivoj (0,45 – 1,94 %) i reducibilnoj fazi (0,16 – 7,49 %) (Grafik 43). Nešto veće količine ekstrahovane su u oksidabilnoj fazi, vezane za organsku materiju i sulfide (22,44 – 37,31 %). Najveće količine hroma ekstrahovane su u rezidualnoj fazi i bile su u opsegu od 54,49 % do 69,20 % (Grafik 43). Prostorno posmatrano, u svim fazama ekstrakcije hrom ima vrlo ujednačen rastući trend od izvora ka ušću (Tabele 38, 39 i 40). Ukupan sadržaj (Total) Cr u sedimentu/nanosu kretao se u opsegu od 8,51 mg kg⁻¹ na lokalitetu ZAG do 116,32 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO uz jasan trend povećanja sadržaja idući od izvora ka ušću (Tabela 41).

Na frakcionom profilu Cu je uočljivo da su najmanje količine ekstrahovane u izmenljivoj fazi (1,20 – 8,94 %) (Grafik 44). Veće količine bakra ekstrahovane su u reducibilnoj (4,04 - 42,75 %) i oksidabilnoj fazi (13,97 – 54,23 %) (Grafik 44). Najveće količine su, kao i kod hroma, ekstrahovane u rezidualnoj fazi i kretale su se opsegu od 31,12 % do 61,41 % (Grafik 44). U izmenljivoj fazi može se uočiti da Cu ima ujednačen rast duž toka (Tabela 38). Na frakcionom profilu se može primetiti da je sadržaj Cu u reducibilnoj fazi najviši na lokalitetima u donjem delu toka dok je sadržaj Cu u oksidabilnoj fazi najveći na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka (Tabele 39 i 40). Ukupan sadržaj (Total) Cu u ispitivanom sedimentu/nanosu kretao se od 10,25 mg kg⁻¹ na lokalitetu ZAG do 94,84 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO (Tabela 41) uz uočljiv trend povećanja na lokalitetima donjeg dela toka.

Najveća količina Fe je ekstrahovana u rezidualnoj fazi i kretala se u opsegu od 66,08 % do 86,94 % (Grafik 45). Slične količine gvožđa ekstrahovane su u reducibilnoj (2,75 – 16,85 %) i oksidabilnoj fazi (4,91 – 27,28 %). Najmanja količina Fe u ispitivanim uzorcima ekstrahovana je u izmenljivoj fazi i to u opsegu od 0,02 % do 2,55 % (Grafik 45). U izmenljivoj i reducibilnoj fazi uočava se trend povećanja sadržaja Fe na lokalitetima donjeg dela toka (Tabele 38 i 39) dok u oksidabilnoj fazi Fe ima vrlo neujednačenu prostornu distribuciju duž toka (Tabela 40). Ukupan sadržaj (Total) Fe u sedimentu/nanosu kretao se u opsegu od 9980,03 mg kg⁻¹ na lokalitetu ZAG do 34903,63 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO (Tabela 41) pri čemu se uočava trend povećanja sadržaja Fe duž toka.

Najmanja količina Li u ispitivanim uzorcima ekstrahovana je u izmenljivoj fazi i to u opsegu od 1,35 % do 8,31 %. Slične količine litijuma ekstrahovane su u reducibilnoj (6,40 – 13,82 %) i oksidabilnoj fazi (5,76 – 25,25 %) (Grafik 46), pri čemu je sadržaj Li u reducibilnoj fazi bio veći u donjem delu toka, dok je sadržaj u oksidabilnoj fazi bio veći u gornjem delu toka (Tabele 39 i 40).

Na frakcionom profilu je uočljivo da je najveća količina Li u ispitivanim uzorcima bila čvrsto vezana za kristalnu rešetku i kretala se u opsegu od 56,69 % do 78,07 % (Grafik 46). Ukupan sadržaj (Total) Li u ispitivanom sedimentu/nanosu kretao se od 56,14 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ZAG do 177,79 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu BEO (Tabela 41). Na prostornom gradijentu jasno se uočava trend povećanja sadržaja Li idući od izvora ka ušću.

Na frakcionom profilu Mn jasno je uočljivo da su najmanje količine bile ekstrahovane u oksidabilnoj (4,43 – 10,97 %) i rezidualnoj fazi (11,74 – 21,28 %) (Grafik 47). Veće količine mangana u ispitivanim uzorcima ekstrahovane su u reducibilnoj fazi i bile su u opsegu od 17,21 % do 43,96 %, pri čemu su najveće količine u ovoj fazi ekstrahovane na lokalitetima u srednjem delu toka reke (Grafik 47). Najveća količina mangana ekstrahovana je u izmenljivoj fazi i bila je u opsegu od 30,21 % do 63,64 % i na frakcionom profilu je uočljivo da su najveći sadržaji ekstrahovani iz uzoraka u gornjem i donjem delu toka (Grafik 47). U sve tri faze, izmenljivoj, reducibilnoj i oksidabilnoj može se uočiti jasan rastući trend sadržaja Mn idući od izvora ka ušću (Tabele 38, 39 i 40). Ukupan sadržaj (Total) Mn u ispitivanom sedimentu/nanosu bio je u opsegu od 221,75 mg kg⁻¹ na lokalitetu LIT do 1233,40 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO (Tabela 41) uz ujednačen trend povećanja sadržaja duž celog toka.

U izmenljivoj i oksidabilnoj fazi sadržaj Mo nije ekstrahovan (Grafik 48). U reducibilnoj fazi, na lokalitetima u gornjem i srednjem delu toka Mo takođe nije ekstrahovan dok se na lokalitetima u donjem delu toka sadržaj Mo kretao u opsegu od 13,73 % do 17,57 %. Najveća količina Mo ekstrahovana je u rezidualnoj fazi i bila je u opsegu od 82,43 % do 100% (Grafik 48). Ukupan sadržaj (Total) Mo kretao se u opsegu od 0,36 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ZAG do 1,01 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO (Tabela 41) pri čemu se može uočiti da postoji ujednačen trend povećanja u sadržaju Mo duž toka.

Najveće količine Ni u ispitivanim uzorcima su ekstrahovane u rezidualnoj fazi (51,94 – 81,16 %) dok su skoro podjednake količine ekstrahovane u izmenljivoj (3,23 – 11,14 %) i reducibilnoj fazi (3,28 – 17,78 %) (Grafik 49). Nešto veće količine su bile vezane za organsku materiju i sulfide i kretale su se u opsegu od 12,23 % do 23,01 % (Grafik 49). U izmenljivoj fazi uočava se vrlo neujednačen trend prostorne distribucije Ni od izvora ka ušću (Tabela 38), dok se u reducibilnoj i oksidabilnoj fazi uočava da postoji trend povećanja sadržaja Ni na lokalitetima donjeg dela toka (Tabele 39 i 40). Ukupan sadržaj (Total) Ni kretao se u opsegu od 10,82 mg kg⁻¹ na lokalitetu ZAG do 177,86 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO uz jasno uočljiv rastući trend duž donjeg dela toka (Tabela 41).

Najveće količine Pb ekstrahovane su u reducibilnoj fazi i to u opsegu od 41,24 % do 57,87 % (Grafik 50). Nešto manje količine olova ekstrahovane su u rezidualnoj (3,52 – 31,56 %) i oksidabilnoj fazi (4,79 – 45,48 %) (Grafik 50). Manje količine olova su ekstrahovane u izmenljivoj fazi (13,42 – 33,82 %), pri čemu olovo nije ekstrahovano na lokalitetima RAD i ZAG (Grafik 50). Prostorno posmatrano sadržaj Pb u sedimentu/nanosu u svim fazama ekstrakcije se smanjuje idući od izvora ka ušću (Tabele 38, 39 i 40). Ukupan sadržaj (Total) Pb u ispitivanom sedimentu/nanosu kretao se od 36,75 mg kg⁻¹ na lokalitetu SLB do 91,39 mg kg⁻¹ na lokalitetu RAD. Prostorno posmatrano Pb ima opadajući trend do lokaliteta SLB nakon čega se sadržaj Pb povećava (Tabela 41).

U prve dve faze (izmenljivoj i reducibilnoj) sadržaj Se u ispitivanim uzorcima nije ekstrahovan. U trećoj tj. oksidabilnoj fazi, ekstrahovan je samo u uzorcima sa lokaliteta SLB (11,76%) (Grafik 51). Najveći deo sadržaja Se nalazio se u rezidualnoj fazi, čvrsto vezan za kristalnu rešetku, i to u opsegu od 88,24 % do 100% (Grafik 51). Ukupan sadržaj (Total) Se u sedimentu/nanosu kretao se u opsegu od 0,62 mg kg⁻¹ na lokalitetu LIT do 4,82 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu SLB uz trend povećanja sadržaja Se duž toka (Tabela 41).

Na frakcionom profilu Sr može se uočiti da su najmanje količine ekstrahovane u oksidabilnoj (2,35 – 12,20 %) i u rezidualnoj fazi (4,46 – 11,83 %) (Grafik 52). U reducibilnoj fazi ekstrahovane

količine stroncijuma su se kretale u opsegu od 11,96 % do 21,10 %. Najveća količina Sr ekstrahovana je u prvoj, izmenljivoj fazi (64,06 – 77,05 %), što govori o potencijalno velikoj mobilnosti stroncijuma (Grafik 52). Na prostornom gradijentu u izmenljivoj fazi Sr ima neujednačenu raspodelu gde na lokalitetima gornjeg dela toka dolazi do povećanja sadržaja dok na lokalitetima donjeg dela toka dolazi do smanjenja sadržaja Sr (Tabela 38). U reducibilnoj i oksidabilnoj fazi dolazi do smanjenja sadržaja Sr idući od izvora ka ušću (Tabele 39 i 40). Ukupan sadržaj (Total) stroncijuma kretao se od 57,15 mg kg⁻¹ na lokalitetu LIT do 143,88 mg kg⁻¹ na lokalitetu RAD (Tabela 41). Na prostornom gradijentu se može uočiti trend smanjenja sadržaja Sr duž donjeg dela toka reke Save.

Na frakcionom profilu Tl može se uočiti da se najveće količine nalaze u rezidualnoj fazi (55,32 – 100 %) sa izuzetkom lokaliteta LIT (Grafik 53). U oksidabilnoj fazi Tl nije ekstrahovan ni na jednom lokalitetu kao i u reducibilnoj fazi sa izuzetkom lokaliteta SLB i BEO (Grafik 53). U izmenljivoj fazi sadržaj Tl je bio u opsegu od 14,11% do 98,42 %, pri čemu nije ekstrahovan na nekoliko lokaliteta (Grafik 53). U izmenljivoj fazi se može uočiti trend smanjenja ekstrahovanog Tl duž toka (Tabela 38) dok u reducibilnoj i oksidabilnoj fazi na većini lokaliteta nije ekstrahovan (Tabele 39 i 40). Ukupan sadržaj (Total) Tl u ispitivanom sedimentu/nanosu kretao se u opsegu od 0,16 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ZAG do 23,78 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu LIT (Tabela 41).

Najveći sadržaj Zn ekstrahovan je u rezidualnoj fazi i kretao se u opsegu od 31,74 % do 98,13 % (Grafik 54). Relativno slične količine Zn ekstrahovane su u izmenljivoj, reducibilnoj i oksidabilnoj fazi. U izmenljivoj fazi sadržaj Zn se kretao u opsegu od 1,63 % do 39,46 % pri čemu na lokalitetima LIT i ČAT nije ekstrahovan (Grafik 54). U reducibilnoj fazi sadržaj Zn kretao se u opsegu od 1,29 % do 34,59 % sa izuzetkom lokaliteta RAD, ČAT i ZAG gde nije ekstrahovan (Grafik 54). U oksidabilnoj fazi Zn takođe nije ekstrahovan na lokalitetima RAD i ZAG, dok se na ostalim lokalitetima kretao u opsegu od 12,81 % do 33,13 % (Grafik 57). Prostorno posmatrano u izmenljivoj i oksidabilnoj fazi dolazi do smanjenja sadržaja Zn idući od izvora ka ušću (Tabele 38 i 40) dok u reducibilnoj fazi (Tabela 39) dolazi do povećanja sadržaja Zn idući od izvora ka ušću. Ukupan sadržaj (Total) Zn u ispitivanom sedimentu/nanosu kretao se od 23,46 mg kg⁻¹ na lokalitetu ZAG do 101,48 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO (Tabela 41) uz jasan trend povećanja sadržaja Zn duž toka reke Save.

Tabela 38. Sadržaj ispitivanih elemenata u sedimentu/nanosu u 2014. godini – Faza 1 (izmenljiva faza)

Lokalitet	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
	Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
RAD	0,04 (0,00)	28,13 (1,11)	/	7,08 (0,48)	0,21 (0,02)	0,81 (0,11)	0,18 (0,09)	0,65 (0,08)	6,68 (1,03)	4,83 (0,79)	115,27 (8,35)	/	1,58 (0,78)	/	/	92,17 (7,85)	/	14,32 (0,11)
LIT	0,03 (0,00)	30,52 (5,68)	/	16,83 (0,19)	0,19 (0,02)	1,22 (0,09)	0,26 (0,05)	2,10 (0,11)	7,95 (2,11)	1,82 (0,15)	124,7 (1,39)	/	1,42 (0,19)	30,91 (1,68)	/	38,17 (4,25)	23,41 (0,78)	/
ČAT	0,04 (0,01)	24,64 (4,02)	/	15,37 (0,31)	0,20 (0,00)	0,66 (0,07)	0,18 (0,09)	0,26 (0,02)	2,53 (0,74)	3,18 (0,15)	161,75 (0,97)	/	0,99 (0,09)	10,63 (1,29)	/	88,05 (6,31)	/	/
ZAG	0,03 (0,00)	24,82 (1,12)	/	9,95 (0,74)	0,14 (0,01)	0,43 (0,12)	0,11 (0,07)	0,12 (0,01)	2,74 (0,66)	3,90 (0,12)	95,66 (4,28)	/	0,35 (0,08)	/	/	100,29 (9,03)	/	0,44 (0,09)
SLB	0,08 (0,02)	37,00 (0,98)	/	27,19 (1,02)	0,22 (0,07)	1,21 (0,12)	0,32 (0,11)	0,81 (0,07)	7,03 (1,18)	2,15 (0,09)	448,45 (3,67)	/	5,16 (0,11)	7,49 (0,78)	/	81,43 (3,84)	0,31 (0,07)	1,17 (0,08)
SRM	0,14 (0,00)	65,38 (0,87)	/	33,18 (0,51)	0,41 (0,03)	4,63 (0,39)	0,90 (0,12)	2,74 (0,11)	714,81 (21,49)	5,29 (0,11)	741,43 (6,55)	/	13,79 (0,11)	7,45 (0,36)	/	72,84 (0,97)	0,60 (0,11)	12,53 (0,11)
BEO	0,12 (0,00)	173,59 (14,09)	/	39,26 (0,33)	0,51 (0,04)	3,53 (0,74)	1,03 (0,08)	7,79 (0,18)	888,74 (19,36)	4,72 (0,21)	740,45 (6,39)	/	9,24 (0,07)	13,22 (0,29)	/	62,93 (1,12)	0,44 (0,07)	10,15 (0,08)

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

Tabela 39. Sadržaj ispitivanih elemenata u sedimentu/nanosu u 2014. godini – Faza 2 (reducibilna faza)

Lokalitet	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
	Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
RAD	0,12 (0,01)	35,48 (1,08)	/	6,08 (0,51)	3,44 (0,10)	0,03 (0,00)	0,22 (0,00)	2,23 (0,05)	715,25 (8,36)	5,67 (0,74)	67,70 (5,47)	/	1,33 (0,11)	42,29 (1,12)	/	27,55 (0,12)	/	/
LIT	0,07 (0,01)	353,98 (12,69)	/	31,64 (0,27)	0,91 (0,21)	0,75 (0,04)	0,82 (0,01)	5,35 (0,09)	1885,02 (54,12)	8,79 (0,43)	38,16 (8,36)	/	1,02 (0,09)	52,89 (0,87)	/	12,06 (0,11)	/	0,57 (0,00)
ČAT	0,07 (0,00)	44,29 (8,96)	/	16,77 (1,14)	0,35 (0,05)	0,02 (0,04)	0,06 (0,00)	0,69 (0,04)	658,88 (21,06)	5,18 (0,12)	88,66 (8,11)	/	0,56 (0,09)	39,62 (1,11)	/	23,55 (0,00)	/	/
ZAG	0,08 (0,00)	34,47 (7,12)	/	10,09 (0,08)	0,25 (0,11)	0,01 (0,01)	0,01 (0,00)	0,55 (0,11)	274,17 (21,74)	3,59 (0,09)	139,20 (4,66)	/	0,37 (0,15)	42,44 (0,54)	/	18,81 (0,56)	/	/
SLB	0,13 (0,02)	1796,95 (25,97)	1,12 (0,01)	56,12 (0,04)	1,42 (0,11)	7,75 (0,12)	4,70 (0,11)	9,64 (0,09)	4981,48 (18,69)	22,01 (0,12)	426,31 (4,21)	0,14 (0,01)	16,80 (1,28)	15,16 (0,39)	/	13,79 (1,12)	0,67 (0,04)	17,95 (0,04)
SRM	0,07 (0,01)	1675,85 (21,03)	1,32 (0,00)	48,31 (0,12)	1,19 (0,06)	6,50 (0,11)	7,79 (0,11)	10,92 (0,12)	4960,05 (77,35)	20,00 (0,11)	223,84 (1,12)	0,14 (0,01)	27,97 (0,63)	24,14 (2,95)	/	11,31 (0,33)	/	24,68 (0,11)
BEO	0,09 (0,01)	3340,15 (57,65)	2,18 (0,01)	54,12 (0,11)	1,36 (0,01)	8,19 (0,09)	8,41 (0,25)	40,54 (0,11)	5603,02 (18,39)	24,04 (0,27)	280,73 (21,09)	0,14 (0,01)	31,62 (1,54)	27,32 (9,21)	/	13,98 (0,47)	0,70 (0,08)	35,10 (0,12)

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

Tabela 40. Sadržaj ispitivanih elemenata u sedimentu/nanosu u 2014. godini– Faza 3 (oksidabilna faza)

Lokalitet	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
	Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
RAD	0,04 (0,01)	360,94 (5,65)	2,42 (0,22)	2,81 (0,05)	0,75 (0,12)	1,57 (0,12)	7,09 (0,12)	11,41 (0,87)	2963,58 (32,56)	14,67 (1,14)	29,32 (1,55)	/	3,03 (0,05)	38,86 (2,10)	/	17,55 (0,28)	/	/
LIT	0,05 (0,00)	370,82 (7,58)	1,19 (0,09)	21,91 (0,11)	0,19 (0,09)	0,62 (0,30)	4,91 (0,08)	8,73 (1,15)	1092,56 (12,03)	4,25 (0,98)	11,70 (2,33)	/	1,56 (0,04)	4,37 (0,87)	/	1,51 (0,11)	/	14,60 (0,09)
ČAT	0,05 (0,00)	593,09 (11,62)	2,34 (0,12)	7,45 (0,25)	0,40 (0,21)	1,55 (0,07)	3,99 (0,63)	8,00 (0,77)	2415,56 (14,98)	10,09 (0,55)	27,66 (2,14)	/	2,46 (0,11)	17,06 (0,49)	/	7,54 (0,44)	/	5,38 (0,11)
ZAG	0,05 (0,01)	375,62 (4,45)	2,05 (0,07)	4,18 (0,86)	0,18 (0,06)	0,71 (0,04)	2,49 (0,04)	3,29 (0,52)	1026,25 (11,02)	6,87 (0,78)	19,33 (0,57)	/	1,32 (0,74)	31,68 (1,56)	/	12,44 (0,15)	/	/
SLB	0,01 (0,00)	2012,36 (15,26)	2,02 (0,06)	8,02 (0,14)	0,43 (0,22)	2,77 (0,11)	18,60 (0,15)	8,24 (0,14)	2231,02 (36,41)	12,15 (1,38)	46,26 (0,24)	/	23,37 (1,59)	3,56 (0,37)	0,57 (0,07)	2,95 (0,09)	/	14,01 (0,08)
SRM	/	1200,99 (10,05)	2,78 (0,11)	7,34 (0,21)	0,29 (0,14)	2,75 (0,09)	23,34 (1,68)	6,02 (0,08)	2347,03 (22,74)	11,14 (0,97)	54,81 (1,38)	/	37,78 (8,34)	6,41 (0,66)	/	2,23 (0,07)	/	31,60 (1,12)
BEO	/	1849,13 (3,22)	1,90 (0,08)	8,19 (0,47)	0,18 (0,05)	3,36 (0,14)	26,43 (2,03)	13,25 (2,66)	1714,07 (8,25)	10,24 (0,44)	66,36 (5,26)	/	39,64 (5,07)	7,22 (0,11)	/	2,39 (0,07)	/	15,43 (3,05)

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

Tabela 41. Ukupan sadržaj (Total) ispitivanih elemenata u sedimentu/nanosu u 2014. godini

Lokalitet	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
	Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
RAD	0,66 (0,11)	4035,93 (154,37)	5,68 (0,00)	21,96 (0,30)	5,89 (0,00)	5,09 (0,00)	19,94 (0,11)	21,04 (0,11)	10863,98 (39,96)	58,12 (0,20)	267,19 (0,72)	0,38 (0,00)	20,18 (0,11)	85,44 (1,75)	0,88 (0,61)	143,88 (0,50)	0,69 (0,90)	36,29 (0,11)
LIT	0,40 (0,12)	4894,63 (253,05)	4,72 (0,92)	169,58 (0,58)	3,43 (0,00)	4,82 (0,12)	13,17 (0,31)	23,49 (0,12)	11779,01 (39,71)	63,68 (0,42)	221,75 (2,20)	0,48 (0,00)	12,78 (0,20)	91,39 (0,46)	0,62 (0,72)	57,15 (0,40)	23,78 (0,95)	44,06 (0,31)
ČAT	0,37 (0,20)	5355,25 (513,60)	6,02 (0,42)	55,70 (0,12)	3,23 (0,00)	5,60 (0,00)	12,81 (0,00)	17,13 (0,12)	13711,97 (189,89)	71,92 (0,00)	348,91 (0,42)	0,54 (0,00)	17,06 (0,12)	72,50 (2,28)	1,19 (2,08)	125,80 (1,22)	0,41 (1,10)	41,96 (0,35)
ZAG	0,34 (0,00)	3668,32 (121,56)	5,79 (1,50)	36,23 (1,40)	2,54 (0,00)	3,60 (0,00)	8,51 (0,20)	10,25 (0,23)	9980,03 (81,86)	56,14 (0,40)	316,67 (1,86)	0,36 (0,00)	10,82 (0,00)	78,49 (0,42)	1,08 (1,30)	137,69 (0,53)	0,16 (0,35)	23,46 (0,42)
SLB	0,35 (0,20)	19733,51 (271,94)	14,08 (0,60)	110,79 (0,83)	6,28 (0,00)	18,58 (0,00)	72,43 (0,31)	42,07 (0,24)	32399,93 (126,70)	159,21 (0,72)	1043,48 (5,64)	0,97 (0,00)	101,58 (0,23)	36,75 (2,78)	4,82 (0,00)	106,43 (0,58)	2,21 (0,61)	72,06 (0,31)
SRM	0,36 (0,11)	16605,42 (578,31)	16,77 (0,61)	104,22 (0,00)	5,98 (0,00)	21,84 (0,00)	103,98 (0,35)	39,85 (0,21)	29435,89 (107,65)	153,09 (1,11)	1165,13 (4,47)	0,82 (0,00)	165,50 (0,20)	55,53 (2,00)	3,74 (0,00)	94,53 (0,61)	1,63 (1,83)	100,81 (0,20)
BEO	0,47 (0,11)	20371,07 (196,88)	21,70 (2,62)	118,62 (1,55)	6,85 (0,00)	23,53 (0,00)	116,32 (0,70)	94,84 (0,61)	34903,63 (220,72)	177,79 (0,58)	1233,4 (2,98)	1,01 (0,00)	177,86 (0,23)	66,06 (1,60)	4,51 (0,00)	89,94 (0,42)	2,61 (2,00)	101,48 (0,87)

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

5.6.2.2. Frakcije teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu uzorkovanom u periodu niskog vodostaja (2015. godina)

Rezultati sekvencijalne ekstrakcije uzoraka sedimenta/nanosa na odabranim lokalitetima duž toka reke Save prikazani su na Tabelama 42-45 i na graficima 55-71 (PRILOG 4). Molibden u sedimentu/nanosu uzorkovanom u 2015. godini nije ekstrahovan ni u jednoj frakciji ni na jednom od lokaliteta.

Na frakcionom profilu uočava se da je najveći sadržaj Ag ekstrahovan u rezidualnoj fazi i to u opsegu od 74,99 % do 93,75% (Grafik 55). Podjednake količine Ag ekstrahovane su u izmenljivoj (2,94 – 12,50 %) i reducibilnoj fazi (2,68 – 12,50 %) (Grafik 55). U oksidabilnoj fazi Ag nije detektovan na istraživanim lokalitetima sa izuzetkom lokaliteta BEO (2,34 %) (Grafik 55). Prostorno posmatrano sadržaj Ag u izmenljivoj fazi imao je vrlo neujednačenu distribuciju duž toka (Tabela 42) dok se u reducibilnoj fazi uočava trend povećanja sadržaja duž toka (Tabela 43). Ukupan sadržaj (Total) Ag u ispitivanom sedimentu/nanosu kretao se u opsegu od 0,20 mg kg⁻¹ na lokalitetu MOJ do 1,13 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu SRM (Tabela 45).

Najveći sadržaj Al u ispitivanim uzorcima ekstrahovan je u rezidualnoj fazi (99,94 – 99,99 %) (Grafik 56). Zanimljivo male količine Al ekstrahovane su u prve tri faze (izmenljivoj, reducibilnoj i oksidabilnoj) (Grafik 56). Prostorno posmatrano može se uočiti da sadržaj Al u prve tri faze opada idući od izvora ka ušću (Tabele 42, 43 i 44). Ukupan sadržaj (Total) Al kretao se u opsegu od 10768,98 mg kg⁻¹ na lokalitetu MOJ do 49261,53 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu BEO (Tabela 45) pri čemu se može uočiti trend povećanja sadržaja od izvora ka ušću.

Najveći sadržaj As u ispitivanim uzorcima ekstrahovan je u rezidualnoj fazi i kretao se u opsegu od 92,72 % do 96,35 % (Grafik 57). U prve tri faze ekstrahovane su male količine arsena. U izmenljivoj fazi sadržaj je bio u opsegu od 0,68 % do 1,91 %, u reducibilnoj je bio u opsegu od 1,69 % do 3,19 % dok je u oksidabilnoj fazi sadržaj As bio u opsegu od 1,23 % do 2,81 % (Grafik 57). Sadržaj As u izmenljivoj fazi varira u odnosu na lokalitet i nema ujednačenu prostornu distribuciju duž toka (Tabela 42). U reducibilnoj fazi može se uočiti rastući trend sadržaja As, pri čemu su najviši sadržaji izmereni na lokalitetima SRM i BEO (Tabela 43). U oksidabilnoj fazi As nema ujednačenu prostornu distribuciju, sadržaj raste do lokaliteta ŽUP gde je izmeren najviši sadržaj nakon čega dolazi do smanjenja sadržaja na lokalitetima donjeg dela toka (Tabela 44). Ukupan sadržaj (Total) As u sedimentu/nanosu kretao se od 15,30 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu MOJ do 33,13 mg kg⁻¹ na lokalitetu SRM (Tabela 45) pri čemu se vidi jasan trend povećanja sadržaja od izvora ka ušću.

Najmanje količine Ba ekstrahovane su u izmenljivoj (0,91 – 6,27 %) i oksidabilnoj fazi (2,33 – 8,90 %) (Grafik 58). Nešto veće količine Ba ekstrahovane su u reducibilnoj fazi (2,55 – 14,11 %). Najveće količine ekstrahovane su u rezidualnoj fazi i kretale su se u opsegu od 70,72 % do 93,48 % (Grafik 58). U izmenljivoj fazi Ba ima vrlo neujednačenu prostornu distribuciju pri čemu sadržaj dosta varira u zavisnosti od lokaliteta (Tabela 42). U reducibilnoj fazi sadržaj Ba takođe varira u zavisnosti od lokaliteta ali se uočava trend povećanja na lokalitetima donjeg dela toka (Tabela 43). U oksidabilnoj fazi, prostorno posmatramo uočava se porast sadržaja Ba od izvora ka ušću (Tabela 44). Ukupan sadržaj (Total) Ba u površinskim slojevima sedimenta/nanosa kretao se u opsegu od 37,10 mg kg⁻¹ na lokalitetu MOJ do 304,93 mg kg⁻¹ na lokalitetu VRH (Tabela 45), pri čemu je prostorna distribucija vrlo neujednačena duž toka.

Sadržaj Cd u prve tri faze nije ekstrahovan. Celokupna količina kadmijuma ekstrahovana je u rezidualnoj fazi, čvrsto vezana za kristalnu rešetku (Grafik 59). Ukupan sadržaj (Total) Cd duž celog toka varirao je u zavisnosti od lokaliteta bez jasno uočljivog prostornog trenda, pri čemu je najmanji sadržaj izmeren na lokalitetima ZAG i BEO (0,20 mg kg⁻¹) dok je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu MOJ (0,93 mg kg⁻¹) (Tabela 45).

Najveća količina Co ekstrahovana je u rezidualnoj fazi i bila je u opsegu od 90,47 % do 99,19 % (Grafik 60). U oksidabilnoj fazi, vezan za organsku materiju i sulfide, sadržaj Co se kretao u opsegu od 0,46 % do 7,25 %. Male količine ovog elementa su ekstrahovane i u izmenljivoj fazi (0,35 – 2,75 %) dok u reducibilnoj fazi Co uopšte nije ekstrahovan (Grafik 60). Sadržaj Co koji je ekstrahovan u izmenljivoj i oksidabilnoj fazi nije imao ujednačenu prostornu distribuciju već je varirao u zavisnosti od lokaliteta (Tabele 42 i 44). Ukupan sadržaj (Total) Co kretao se od minimalnih 2,73 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu MOJ do maksimalnih 17,05 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu BEO. Prostorno posmatrano može se uočiti trend povećanja sadržaja Co na lokalitetima donjeg dela toka (Tabela 45).

U prve dve faze (izmenljiva i reducibilna faza) Cr u ispitivanim uzorcima nije ekstrahovan (Grafik 61). U oksidabilnoj fazi ekstrahovane su male količine hroma koje su se kretale u opsegu od 0,41 % do 4,55 %. Najveća količina Cr ekstrahovana je u rezidualnoj fazi (95,45 – 99,59 %) (Grafik 61). Hrom koji je ekstrahovan u oksidabilnoj fazi ima vrlo neujednačenu distribuciju duž toka, sadržaji variraju u zavisnosti od lokaliteta (Tabela 44). Ukupan sadržaj (Total) Cr u površinskim slojevima sedimenta/nanosa kretao se u opsegu od 10,66 mg kg⁻¹ na lokalitetu MOJ do 150,83 mg kg⁻¹ na lokalitetu ŽUP. Prostorno posmatrano ukupan sadržaj Cr na lokalitetima gornjeg dela toka varira dok se na lokalitetima donjeg dela, od lokaliteta ŽUP, naglo povećava (Tabela 45).

Najveći sadržaj Cu u ispitivanim uzorcima ekstrahovan je, kao i kod Cr, u rezidualnoj fazi i kretao se u opsegu od 93,64 % do 99,66 % (Grafik 62). U reducibilnoj fazi sadržaj bakra je bio nizak i kretao se u opsegu od 0,67 % do 1,52 %, pri čemu na lokalitetima ČAT i ŽUP nije ekstrahovan. U oksidabilnoj fazi ekstrahovane su nešto veće količine bakra i to u opsegu od 0,34 % do 5,14 % (Grafik 62). U izmenljivoj fazi bakar uopšte nije ekstrahovan (Grafik 62, Tabela 42). U reducibilnoj fazi može se uočiti da postoji trend povećanja sadržaja Cu na lokalitetima donjeg dela toka (Tabela 43). U oksidabilnoj fazi Cu ima neujednačenu prostornu distribuciju duž toka, najviši sadržaji izmereni su na lokalitetu RAD, JAS i na lokalitetima donjeg dela toka ŠAB i BEO (Tabela 44). Ukupan sadržaj (Total) Cu u ispitivanom sedimentu/nanosu kretao se od 11,50 mg kg⁻¹ na lokalitetu MOJ do 37,86 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO. Prostorno posmatrano distribucija Cu duž toka nije u potpunosti ujednačena ali se uočava povećanje sadržaja Cu na lokalitetima donjeg dela toka (Tabela 45).

U izmenljivoj i oksidabilnoj fazi sadržaj Fe nije ekstrahovano (Grafik 63). U reducibilnoj fazi sadržaj ekstrahovanog Fe bio je zanemarljivo mali i kretao se u opsegu od 0,02 % do 0,16 %. Najveća količina gvožđa ekstrahovana je u rezidualnoj fazi, čvrsto vezana za kristalnu rešetku, i kretala se u opsegu od 99,84 % do 99,98 % (Grafik 63). Na prostornom gradijentu u reducibilnoj fazi može se uočiti da od lokaliteta JAS dolazi do povećanja sadržaja Fe sa najvišim sadržajem izmerenim na lokalitetu SRM (Tabela 43). Ukupan sadržaj (Total) Fe u sedimentu/nanosu kretao se od 6031,92 mg kg⁻¹ na lokalitetu MOJ do 35003,37 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO. Prostorno posmatrano uočava se da je sadržaj Fe na lokalitetima gornjeg i delimično srednjeg dela toka ujednačen dok na lokalitetima donjeg dela toka dolazi do povećanja sadržaja (Tabela 45).

Na frakcionom profilu može se uočiti da se najveća količina Li nalazi u rezidualnoj fazi, čvrsto vezana za kristalnu rešetku i to u opsegu od 91,40 % do 97,12 % (Grafik 64). Skoro podjednake količine Li ekstrahovane su u izmenljivoj (0,90 – 2,67 %) i reducibilnoj fazi (0,93 – 2,67 %). Nešto veće količine ekstrahovane su u oksidabilnoj fazi i kretale su se u opsegu od 1,05 % do 3,26 % (Grafik 64). U izmenljivoj, reducibilnoj i oksidabilnoj fazi može se uočiti da ne postoje značajna variranja u sadržaju Li duž toka (Tabele 42, 43 i 44). Ukupan sadržaj (Total) Li u sedimentu/nanosu kretao se u opsegu od 19,65 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu MOJ do 62,07 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu BEO pri čemu se uočava trend povećanja ukupnog sadržaja na lokalitetima donjeg dela toka (Tabela 45).

Najmanje količine Mn ekstrahovane su u oksidabilnoj (0,86 – 9,13 %) i u izmenljivoj fazi (7,19 – 16,52 %) (Grafik 65). Nešto veće količine mangana ekstrahovane su u reducibilnoj fazi i kretale su

se u opsegu od 12,42 % do 33,96 %. Najveće količine Mn izdvojene su u rezidualnoj fazi i bile su u opsegu od 53,32 % do 76,32 % (Grafik 65). Mangan koji se ekstrahovao u izmenljivoj i reducibilnoj fazi ima vrlo neujednačenu distribuciju duž toka ali se možde uočiti povećanje sadržaja na lokalitetima donjeg dela toka (Tabela 42 i 43). U odnosu na prve dve faze, u oksidabilnoj fazi ekstrahovane su vrlo male količine mangana međutim sa vrlo ujednačenom prostornom distribucijom gde se uočava povećanje sadržaja na lokalitetima donjeg dela toka (Tabela 44). Ukupan sadržaj (Total) Mn kretao se od 142,24 mg kg⁻¹ na lokalitetu MOJ do 949,24 mg kg⁻¹ na lokalitetu BEO uz trend povećanja sadržaja idući od izvora ka ušću (Tabela 45).

U izmenljivoj i reducibilnoj fazi ekstrahovane količine Ni bile su zanemarljivo male. U oksidabilnoj fazi, vezan za organsku materiju i sulfide, sadržaj Ni se kretao u opsegu od 0,10 % do 26,16 %, pri čemu su najviši sadržaji ekstrahovani u uzorcima iz gornjeg dela toka (Grafik 66). Na frakcionom profilu uočljivo je da je najveći deo sadržaja nikla iz ispitivanih uzoraka izdvojen u rezidualnoj fazi (73,84 – 99,90 %) (Grafik 66). U izmenljivoj fazi sadržaj Ni raste na lokalitetima donjeg dela toka (Tabela 42) dok je u reducibilnoj fazi izmeren samo na tri lokaliteta i to na donjem delu toka pri čemu se svakako uočava trend povećanja sadržaja (Tabela 43). Ukupan sadržaj (Total) Ni kretao se u opsegu od 5,13 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu MOJ do 188,73 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu BEO (Tabela 45). Na prostornom gradijentu se jasno uočava trend povećanja sadržaja Ni na nizvodnim lokalitetima.

Na frakcionom profilu uočava se da Pb u reducibilnoj i oksidabilnoj fazi nije ekstrahovano ni na jednom od lokaliteta (Grafik 67). U izmenljivoj fazi ekstrahovane su generalno male količine olova koje su se kretale u opsegu od 0,38 % do 3,64 % dok su najveće količine olova izdvojene u rezidualnoj fazi i to u opsegu od 96,36 % do 99,62 % (Grafik 67). Na prostornom gradijentu, u izmenljivoj fazi, može se uočiti da dolazi do smanjenja sadržaja Pb idući od izvora ka ušću (Tabela 42). Ukupan sadržaj (Total) Pb u sedimentu/nanosu kretao se od 8,93 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu MOJ do 48,06 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu ŠAB (Tabela 45) pri čemu se može uočiti da na lokalitetima donjeg dela toka dolazi do povećanja sadržaja Pb.

Približno jednake količine Se ekstrahovane su u oksidabilnoj (24,82 – 47,33 %) i rezidualnoj fazi (11,82 – 55,24 %). Nešto manje količine ekstrahovane su u izmenljivoj (8,97 – 18,62 %) i reducibilnoj fazi (9,77 – 24,05 %) (Grafik 68). U izmenljivoj, reducibilnoj i oksidabilnoj fazi Se ima vrlo ujednačenu prostornu distribuciju a takođe i sadržaj Se ne varira mnogo od lokaliteta do lokaliteta (Tabele 42, 43 i 44). Ukupan sadržaj (Total) Se kretao se od 5,41 mg kg⁻¹ na lokalitetu SRM do 11,61 mg kg⁻¹ na lokalitetu RAD, pri čemu se jasno uočava trend smanjenja sadržaja idući od izvora ka ušću (Tabela 45).

Na frakcionom profilu jasno se uočava da je najveća količina Sr izdvojena u rezidualnoj fazi (55,75 – 87,73 %) (Grafik 69). Značajna količina Sr je izdvojena i u izmenljivoj fazi i kretala se u opsegu od 6,33 % do 23,30 %. U reducibilnoj fazi sadržaj Sr bio je u opsegu od 3,86 % do 14,04 % dok je u oksidabilnoj fazi bio u opsegu od 2,09 % do 9,59 % (Grafik 69). U izmenljivoj fazi može se uočiti da dolazi do povećanja sadržaja Sr idući ka donjem delu toka (Tabela 42) što se takođe može uočiti i kod reducibilne faze (Tabela 43). U oksidabilnoj fazi sadržaj Sr dosta varira pri čemu na lokalitetima gornjeg dela toka dolazi do smanjenja sadržaja Sr sa izuzetkom lokaliteta VRH gde dolazi do naglog povećanja Sr, nakon toga opet dolazi do blagog smanjenja i od lokaliteta SLB pa sve do ušća uočava se trend povećanja sadržaja (Tabela 44). Ukupan sadržaj (Total) Sr kretao se u opsegu od 70,68 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu LIT do 184,53 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu MOJ pri čemu se jasno uočava da Sr ima vrlo neujednačenu distribuciju duž toka (Tabela 45).

U izmenljivoj fazi Tl nije ekstrahovan ni na jednom lokalitetu. U reducibilnoj fazi na najvećem broju lokaliteta sadržaj Tl bio je ispod granice detekcije (Tabela 42), sa izuzetkom lokaliteta SRM, ŠAB i BEO (Tabela 43). Nešto veće količine talijuma ekstrahovane su u oksidabilnoj fazi (0,81 – 6,27 %) dok su najveće količine izdvojene u rezidualnoj fazi (93,73 – 99,09 %) (Grafik 70). U

oksidabilnoj fazi se može uočiti trend povećanja sadržaja Tl na lokalitetima donjeg dela toka (Tabela 44). Ukupan sadržaj (Total) Tl u ispitivanom sedimentu/nanosu kretao se u opsegu od 3,06 mg kg⁻¹ na lokalitetu JAS do 26,60 mg kg⁻¹ koliko je izmereno na lokalitetu BEO, uz jasno uočljiv trend povećanja sadržaja Tl duž donjeg dela toka (Tabela 45).

Na frakcionom profilu Zn jasno se uočava da je najveća količina izdvojena u rezidualnoj fazi, u opsegu od 88,20 % do 97,59 % (Grafik 71). Približno jednake količine ekstrahovane su u prve tri faze. U izmenljivoj fazi sadržaj Zn se kretao u opsegu od 0,36 % do 4,30 %, u reducibilnoj fazi sadržaj se kretao u opsegu od 1,16 % do 3,68 % dok je u oksidabilnoj fazi sadržaj bio u opsegu od 0,68 % do 5,29 % (Grafik 71). Sadržaj Zn koji je ekstrahovan u izmenljivoj fazi ima vrlo neujednačenu prostornu distribuciju duž toka (Tabela 42). Sadržaj Zn koji se ekstrahovao u reducibilnoj i oksidabilnoj fazi takođe ima neujednačenu prostornu distribuciju ali se može uočiti da dolazi do povećanja sadržaja na lokalitetima donjeg dela toka (Tabele 43 i 44). Ukupan sadržaj (Total) Zn kretao se u opsegu od 24,58 mg kg⁻¹ na lokalitetu MOJ do 157,02 mg kg⁻¹ na lokalitetu ŠAB, pri čemu se može uočiti da na donjem delu toka dolazi do povećanja sadržaja Zn (Tabela 45).

Tabela 42. Sadržaj ispitivanih elemenata u sedimentu/nanosu u 2015. godini – Faza 1 (izmenljiva faza)

Lokalitet	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
	Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
MOJ	0,02 (0,00)	3,61 (0,57)	0,24 (0,01)	2,10 (0,00)	/	0,07 (0,00)	/	/	/	0,52 (0,00)	17,17 (0,02)	/	/	0,32 (0,09)	1,14 (0,04)	11,68 (0,06)	/	0,40 (0,00)
RAD	0,02 (0,00)	3,09 (0,88)	0,03 (0,09)	1,34 (0,01)	/	0,14 (0,01)	/	/	/	0,60 (0,00)	29,73 (0,03)	/	0,42 (0,02)	0,33 (0,12)	1,04 (0,23)	13,80 (0,02)	/	4,44 (0,01)
LIT	0,03 (0,01)	3,17 (0,28)	0,26 (0,09)	3,1 (0,02)	/	0,09 (0,01)	/	/	/	0,52 (0,00)	50,14 (0,16)	/	0,12 (0,01)	0,34 (0,01)	1,02 (0,18)	11,73 (0,11)	/	1,17 (0,01)
VRH	0,03 (0,00)	3,62 (1,04)	0,26 (0,10)	5,83 (0,03)	/	0,05 (0,00)	/	/	/	0,55 (0,00)	61,48 (0,10)	/	0,02 (0,01)	0,30 (0,05)	1,22 (0,20)	19,12 (0,14)	/	1,37 (0,00)
ČAT	0,02 (0,01)	3,84 (0,53)	0,27 (0,13)	2,57 (0,00)	/	0,02 (0,01)	/	/	/	0,55 (0,00)	34,69 (0,05)	/	/	0,29 (0,05)	1,41 (0,18)	16,04 (0,03)	/	0,85 (0,00)
ZAG	0,03 (0,01)	3,27 (0,09)	0,27 (0,04)	4,21 (0,01)	/	0,05 (0,00)	/	/	/	0,55 (0,00)	37,09 (0,05)	/	/	0,23 (0,09)	0,93 (0,15)	19,61 (0,10)	/	0,28 (0,00)
JAS	0,04 (0,01)	3,20 (0,89)	0,34 (0,15)	3,06 (0,01)	/	0,04 (0,01)	/	/	/	0,54 (0,00)	74,25 (0,34)	/	0,02 (0,01)	0,22 (0,04)	1,08 (0,03)	17,14 (0,06)	/	1,30 (0,00)
SLB	0,04 (0,01)	4,41 (0,36)	0,22 (0,24)	3,47 (0,01)	/	0,05 (0,00)	/	/	/	0,55 (0,00)	67,67 (0,25)	/	0,03 (0,01)	0,27 (0,06)	1,16 (0,12)	18,91 (0,12)	/	0,23 (0,00)
ŽUP	0,03 (0,01)	3,25 (0,68)	0,33 (0,05)	2,51 (0,01)	/	0,07 (0,01)	/	/	/	0,55 (0,00)	66,00 (0,09)	/	0,38 (0,01)	0,28 (0,05)	1,17 (0,06)	15,06 (0,25)	/	0,33 (0,00)
SRM	0,03 (0,01)	3,52 (0,78)	0,23 (0,21)	4,39 (0,01)	/	0,06 (0,01)	/	/	/	0,56 (0,01)	72,46 (0,23)	/	0,51 (0,01)	0,29 (0,08)	0,91 (0,17)	18,70 (0,10)	/	0,98 (0,00)
ŠAB	0,03 (0,01)	3,86 (0,46)	0,40 (0,14)	2,88 (0,01)	/	0,05 (0,00)	/	/	/	0,55 (0,00)	46,70 (0,22)	/	0,37 (0,01)	0,18 (0,07)	1,05 (0,26)	16,46 (0,09)	/	1,07 (0,00)
BEO	0,04 (0,01)	3,33 (0,43)	0,30 (0,15)	1,97 (0,01)	/	0,08 (0,00)	/	/	/	0,60 (0,00)	68,23 (0,22)	/	0,77 (0,01)	0,24 (0,08)	1,19 (0,09)	19,73 (0,03)	/	5,20 (0,09)

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

Tabela 43. Sadržaj ispitivanih elemenata sedimentu/nanosu u 2015. godini – Faza 2 (reducibilna faza)

Lokalitet	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
	Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
MOJ	0,02 (0,00)	2,74 (0,67)	0,45 (0,05)	2,85 (0,00)	/	/	/	0,17 (0,00)	8,40 (0,02)	0,52 (0,00)	22,02 (0,12)	/	/	/	1,10 (0,11)	7,11 (0,08)	/	0,85 (0,02)
RAD	0,02 (0,00)	2,16 (0,53)	0,48 (0,12)	4,56 (0,01)	/	/	/	0,35 (0,00)	8,61 (0,09)	0,55 (0,00)	41,65 (0,17)	/	/	/	1,27 (0,15)	8,31 (0,03)	/	3,80 (0,00)
LIT	0,02 (0,00)	1,82 (0,54)	0,55 (0,07)	4,87 (0,04)	/	/	/	0,17 (0,00)	13,70 (0,07)	0,52 (0,00)	58,62 (0,13)	/	/	/	1,09 (0,12)	7,56 (0,09)	/	1,37 (0,00)
VRH	0,04 (0,01)	2,02 (0,55)	0,44 (0,08)	11,14 (0,00)	/	/	/	0,15 (0,00)	11,52 (0,02)	0,55 (0,00)	100,42 (0,37)	/	/	/	1,17 (0,08)	13,02 (0,09)	/	1,93 (0,01)
ČAT	0,02 (0,00)	1,58 (0,33)	0,42 (0,07)	4,17 (0,01)	/	/	/	/	6,02 (0,00)	0,55 (0,00)	56,39 (0,25)	/	/	/	1,25 (0,11)	10,14 (0,08)	/	0,95 (0,00)
ZAG	0,05 (0,00)	1,88 (0,69)	0,53 (0,06)	7,75 (0,00)	/	/	/	0,13 (0,00)	3,53 (0,00)	0,55 (0,00)	81,05 (0,58)	/	/	/	1,22 (0,14)	13,79 (0,04)	/	0,68 (0,00)
JAS	0,05 (0,00)	2,61 (0,33)	0,54 (0,12)	6,88 (0,01)	/	/	/	0,19 (0,01)	23,76 (0,13)	0,54 (0,01)	135,60 (0,49)	/	/	/	1,15 (0,15)	9,78 (0,13)	/	2,24 (0,01)
SLB	0,05 (0,00)	2,37 (0,92)	0,45 (0,18)	8,83 (0,00)	/	/	/	0,33 (0,00)	24,47 (0,08)	0,55 (0,00)	160,44 (1,15)	/	/	/	1,33 (0,10)	13,35 (0,13)	/	0,99 (0,01)
ŽUP	0,03 (0,01)	2,07 (0,69)	0,48 (0,04)	4,99 (0,01)	/	/	/	/	19,80 (0,04)	0,53 (0,00)	89,07 (0,39)	/	0,05 (0,00)	/	1,14 (0,06)	9,87 (0,08)	/	0,73 (0,00)
SRM	0,05 (0,00)	2,02 (0,00)	0,58 (0,11)	10,17 (0,06)	/	/	0,06 (0,01)	0,30 (0,00)	32,21 (0,10)	0,58 (0,00)	193,96 (1,08)	/	0,07 (0,01)	/	1,30 (0,15)	11,44 (0,07)	0,16 (0,04)	2,15 (0,00)
ŠAB	0,05 (0,00)	1,42 (0,00)	0,56 (0,09)	8,01 (0,01)	/	/	/	0,32 (0,00)	14,24 (0,07)	0,55 (0,00)	179,30 (0,63)	/	/	/	1,27 (0,06)	11,34 (0,02)	0,11 (0,01)	2,20 (0,00)
BEO	0,08 (0,00)	2,43 (0,00)	0,58 (0,23)	12,40 (0,03)	/	/	/	0,45 (0,00)	22,07 (0,06)	0,60 (0,00)	226,53 (0,58)	/	0,13 (0,00)	/	1,40 (0,22)	14,24 (0,05)	0,27 (0,04)	3,18 (0,16)

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

Tabela 44. Sadržaj ispitivanih elemenata u sedimentu/nanosu u 2015. godini – Faza 3 (oksidabilna faza)

Lokalitet	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
	Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
MOJ	/	0,52 (0,18)	0,30 (0,04)	1,04 (0,01)	/	0,07 (0,01)	0,08 (0,01)	0,50 (0,00)	/	0,64 (0,01)	4,13 (0,01)	/	1,34 (0,01)	/	2,81 (0,08)	3,85 (0,04)	0,16 (0,03)	1,30 (0,00)
RAD	/	0,68 (0,15)	0,29 (0,06)	2,07 (0,00)	/	0,45 (0,00)	1,77 (0,00)	1,47 (0,01)	/	0,72 (0,00)	8,06 (0,04)	/	1,17 (0,00)	/	2,88 (0,19)	5,28 (0,01)	0,17 (0,04)	3,94 (0,01)
LIT	/	/	0,36 (0,10)	4,48 (0,01)	/	0,18 (0,01)	0,92 (0,01)	0,40 (0,00)	/	0,62 (0,00)	4,18 (0,01)	/	0,26 (0,01)	/	2,65 (0,07)	2,72 (0,02)	0,12 (0,10)	0,99 (0,01)
VRH	/	0,30 (0,09)	0,25 (0,04)	9,36 (0,04)	/	0,06 (0,01)	0,57 (0,01)	0,52 (0,00)	/	0,67 (0,00)	9,43 (0,01)	/	0,22 (0,00)	/	2,84 (0,09)	8,89 (0,05)	0,21 (0,03)	1,21 (0,01)
ČAT	/	/	0,30 (0,04)	3,15 (0,00)	/	0,07 (0,00)	0,79 (0,00)	0,05 (0,00)	/	0,62 (0,00)	2,32 (0,00)	/	0,02 (0,01)	/	2,70 (0,05)	4,72 (0,02)	0,15 (0,02)	0,40 (0,00)
ZAG	/	/	0,34 (0,06)	4,70 (0,00)	/	0,18 (0,01)	1,35 (0,00)	0,38 (0,01)	/	0,63 (0,00)	4,63 (0,01)	/	0,08 (0,03)	/	2,69 (0,03)	7,57 (0,01)	0,17 (0,06)	0,45 (0,00)
JAS	/	/	0,42 (0,06)	4,34 (0,01)	/	0,08 (0,00)	0,78 (0,00)	0,68 (0,01)	/	0,63 (0,00)	18,13 (0,11)	/	0,05 (0,00)	/	2,78 (0,14)	4,32 (0,01)	0,19 (0,07)	0,98 (0,00)
SLB	/	/	0,45 (0,04)	5,36 (0,03)	/	0,08 (0,01)	1,28 (0,00)	0,65 (0,00)	/	0,63 (0,00)	18,32 (0,01)	/	0,14 (0,01)	/	2,72 (0,10)	6,23 (0,04)	0,19 (0,05)	0,43 (0,00)
ŽUP	/	/	0,55 (0,05)	2,15 (0,00)	/	0,10 (0,00)	1,20 (0,00)	0,05 (0,00)	/	0,63 (0,00)	16,27 (0,01)	/	0,29 (0,01)	/	2,65 (0,07)	3,33 (0,03)	0,20 (0,04)	0,35 (0,00)
SRM	/	/	0,41 (0,15)	6,21 (0,01)	/	0,08 (0,03)	5,47 (0,00)	0,34 (0,01)	/	0,65 (0,00)	14,79 (0,12)	/	0,42 (0,01)	/	2,56 (0,18)	5,17 (0,01)	0,19 (0,06)	1,20 (0,00)
ŠAB	/	/	0,52 (0,15)	5,38 (0,01)	/	0,08 (0,00)	1,44 (0,00)	0,80 (0,01)	/	0,65 (0,00)	20,49 (0,06)	/	0,33 (0,01)	/	2,73 (0,23)	6,29 (0,06)	0,25 (0,05)	1,35 (0,00)
BEO	0,03 (0,00)	/	0,43 (0,14)	10,37 (0,01)	/	0,24 (0,03)	0,55 (0,00)	0,76 (0,00)	/	0,68 (0,00)	86,70 (0,08)	/	0,94 (0,01)	/	2,89 (0,09)	7,37 (0,03)	0,29 (0,04)	2,79 (0,14)

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

Tabela 45. Ukupan sadržaj (Total) ispitivanih elemenata u sedimentu/nanosu u 2015. godini

Lokalitet	Elementi (mg kg ⁻¹)																	
	Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	Tl	Zn
MOJ	0,20 (0,00)	10768,98 (129,99)	15,30 (1,06)	37,10 (0,30)	0,93 (0,00)	2,73 (0,11)	10,66 (0,11)	11,50 (0,11)	6031,9 (5,20)	19,65 (0,11)	142,24 (0,64)	/	5,13 (0,20)	8,93 (1,25)	11,26 (0,00)	184,53 (0,72)	4,60 (0,61)	24,58 (0,00)
RAD	0,60 (0,20)	23356,69 (269,13)	18,03 (1,44)	76,96 (0,46)	0,40 (0,00)	6,20 (0,00)	55,07 (0,53)	28,54 (0,12)	17112,25 (91,76)	37,24 (0,20)	335,38 (1,22)	/	50,45 (0,31)	26,43 (1,03)	11,61 (0,00)	178,39 (1,01)	12,55 (1,03)	103,19 (0,95)
LIT	0,93 (0,11)	31483,21 (350,60)	20,12 (1,66)	191,05 (0,35)	0,24 (0,00)	5,08 (0,11)	25,91 (0,11)	17,45 (0,11)	17526,70 (104,77)	46,10 (0,31)	318,30 (0,35)	/	14,84 (0,11)	20,78 (1,14)	10,06 (0,00)	70,68 (0,61)	12,52 (0,42)	58,82 (0,23)
VRH	1,00 (0,00)	34386,2 (32,83)	19,26 (0,72)	304,93 (3,36)	0,65 (0,11)	6,03 (0,00)	30,80 (0,00)	19,97 (0,31)	18741,46 (7,46)	46,40 (0,20)	372,10 (1,20)	/	16,52 (0,11)	27,20 (1,10)	7,93 (0,00)	92,73 (0,11)	16,47 (0,53)	82,27 (0,50)
ČAT	0,80 (0,00)	23414,31 (220,82)	16,73 (0,87)	132,66 (0,70)	0,33 (0,11)	4,42 (0,00)	20,73 (0,00)	14,52 (0,15)	13676,59 (101,81)	33,01 (0,11)	271,53 (0,87)	/	15,99 (0,11)	14,95 (1,12)	9,30 (0,00)	90,54 (0,75)	11,43 (1,11)	45,37 (0,23)
ZAG	0,80 (0,00)	29659,02 (355,95)	16,73 (0,23)	143,31 (0,35)	0,20 (0,00)	5,79 (0,00)	29,67 (0,00)	18,64 (0,15)	15615,51 (144,76)	41,92 (0,60)	330,07 (2,31)	/	14,82 (0,14)	18,70 (0,53)	9,45 (0,00)	175,39 (1,25)	14,44 (0,60)	58,02 (0,42)
JAS	0,93 (0,11)	12260,07 (17,55)	17,87 (1,20)	48,80 (4,44)	0,41 (0,00)	5,64 (0,20)	20,81 (0,20)	17,34 (0,11)	15294,33 (32,36)	24,20 (0,11)	503,30 (0,72)	/	24,02 (0,12)	24,29 (0,53)	8,44 (0,00)	73,56 (0,11)	3,06 (0,00)	64,02 (0,35)
SLB	0,93 (0,12)	36483,71 (390,09)	18,94 (1,86)	152,18 (1,97)	0,40 (0,00)	9,64 (0,12)	65,75 (0,12)	23,25 (0,12)	21050,91 (128,59)	47,52 (0,31)	582,02 (2,01)	/	46,77 (0,20)	23,56 (1,31)	7,54 (0,00)	105,46 (0,90)	20,96 (0,81)	62,68 (0,20)
ŽUP	1,00 (0,00)	22363,67 (73,61)	19,56 (1,50)	92,22 (1,21)	0,27 (0,11)	10,03 (0,11)	150,83 (0,15)	14,51 (0,11)	15458,55 (89,29)	27,35 (0,35)	498,80 (3,36)	/	113,11 (0,11)	16,10 (0,35)	7,92 (0,00)	88,62 (0,35)	15,10 (0,23)	38,92 (0,40)
SRM	1,13 (0,12)	44711,25 (519,84)	33,13 (1,42)	182,29 (1,33)	0,56 (0,12)	16,46 (0,00)	130,49 (0,00)	30,65 (0,32)	31586,61 (234,87)	62,01 (0,61)	716,19 (4,51)	/	177,90 (0,20)	16,10 (2,73)	5,41 (0,00)	91,58 (1,14)	23,63 (0,23)	95,78 (0,81)
ŠAB	1,00 (0,00)	35558,24 (469,27)	33,04 (2,31)	149,69 (0,64)	0,80 (0,00)	12,90 (0,11)	115,08 (0,15)	32,39 (0,35)	26581,25 (131,67)	45,86 (0,30)	528,05 (2,83)	/	115,64 (0,16)	48,06 (1,21)	5,79 (0,00)	92,98 (1,10)	20,37 (0,50)	157,02 (1,42)
BEO	1,07 (0,11)	49261,53 (311,89)	32,37 (1,93)	217,00 (0,35)	0,20 (0,00)	17,05 (0,11)	132,60 (0,11)	37,86 (0,20)	35003,37 (172,11)	62,07 (0,31)	949,24 (2,91)	/	188,73 (0,46)	35,67 (0,46)	6,40 (0,00)	107,47 (0,83)	26,60 (0,50)	133,87 (0,46)

n=3; srednja vrednost (standardna devijacija)

5.6.3. Poreklo teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu

5.6.3.1. Poreklo teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu uzorkovanom u periodu visokog vodostaja (2014. godina)

Rezultati PCA analize sadržaja ispitivanih elemenata u sedimentu/nanosu uzorkovanom 2014. godine prikazani su u Tabelama 46 i 47. Analizom je izdvojena samo jedna komponenta koja objašnjava 85,38% ukupne varijabilnosti (Tabela 46) i iz tog razloga, MLR analiza nije mogla biti urađena za sadržaj teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu uzorkovanom 2014. godine.

Tabela 46. Parametri PCA analize

Faktor	Karakteristična vrednost (Eigenvalue)	Varijansa	Ukupna varijansa
			%
1	6,831	85,385	85,385
2	0,652	8,145	93,530
3	0,318	3,981	97,511
4	0,158	1,969	99,480
5	0,033	0,416	99,896
6	0,008	0,104	100,000
7	2,854E ⁻¹⁶	3,567E ⁻¹⁵	100,000
8	-5,121E ⁻¹⁷	-6,401E ⁻¹⁶	100,000

Izdvojena komponenta određena je visokom pozitivnom korelacijom sa As, Cd, Cr, Cu, Ni, Mn i Zn ali i visokom negativnom korelacijom sa Pb (Tabela 47). Izdvojena komponenta definisana je kao prirodni faktor tj. uticaj geološke podloge kao i uticaj poplavnog talasa, međutim visoka negativna korelisanost Pb sa ostalim varijablama ukazuje na njegovo drugačije, antropogeno, poreklo. Komunalitet varijabli se kreće od 0,602 (Pb) do 0,974 (Ni) (Tabela 47).

Tabela 47. Faktorsko opterećenje i komunalitet

Varijabla	Jednokomponentna	Varijabla	Početna vrednost	Komunalitet
	matrica			
	PC1			
Ni	0,987	As	1,000	0,960
Mn	0,980	Cd	1,000	0,691
As	0,980	Cr	1,000	0,941
Cr	0,970	Cu	1,000	0,770
Zn	0,965	Mn	1,000	0,961
Cu	0,877	Ni	1,000	0,974
Cd	0,831	Pb	1,000	0,602
Pb	-0,776	Zn	1,000	0,931

5.6.3.2. *Poreklo teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu uzorkovanom u periodu niskog vodostaja (2015. god)*

Rezultati PCA analize sadržaja ispitivanih elemenata u površinskim slojevima sedimenta/nanosa uzorkovanog 2015. godine prikazani su u Tabelama 48, 49 i 50 kao i na Slici 16. Analizom su izdvojene dve glavne komponente koje objašnjavaju 82,87% ukupne varijabilnosti (Tabela 48).

Tabela 48. Parametri PCA analize

Faktor	Karakteristična vrednost (Eigenvalue)	Varijansa	Ukupna varijansa
		%	
1	5,312	66,402	66,402
2	1,317	16,464	82,867
3	0,854	10,675	93,542
4	0,247	3,093	96,635
5	0,154	1,920	98,555
6	0,099	1,233	99,788
7	0,013	0,159	99,947
8	0,004	0,053	100,000

Prva komponenta (PC1) objašnjava 66,40% ukupne varijabilnosti i određena je visokom pozitivnom korelacijom sa As, Cr, Cu, Ni, Cd, Mn i Zn (Tabele 48 i 49). Druga komponenta (PC2) objašnjava 16,46% ukupne varijabilnosti i određena je pozitivnom korelacijom sa Cd, Pb i Zn (Tabele 48 i 49).

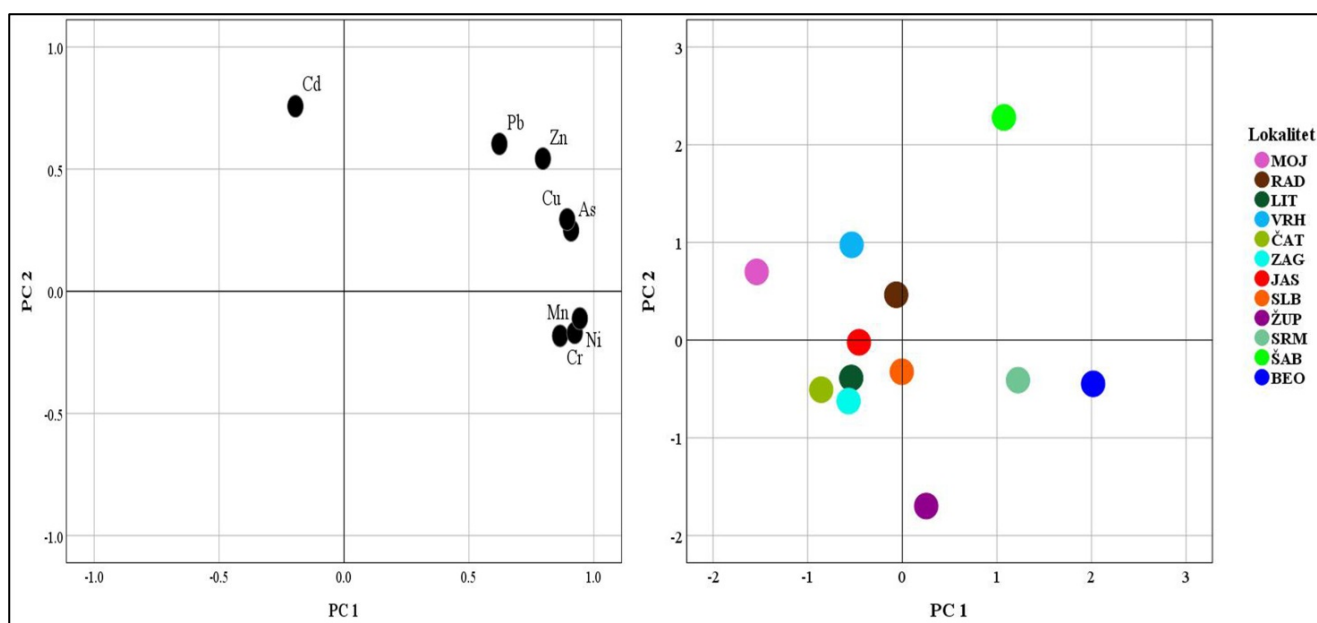
Tabela 49. Faktorsko opterećenje pre i posle Varimax rotacije

Varijabla	Matrica pre rotacije		Varijabla	Matrica posle Varimax rotacije	
	PC1	PC2		PC1	PC2
As	0,939	0,076	Ni	0,944	-0,111
Cu	0,932	0,123	Mn	0,924	-0,170
Ni	0,907	-0,285	As	0,909	0,249
Zn	0,883	0,385	Cu	0,893	0,294
Mn	0,876	-0,339	Cr	0,865	-0,182
Cr	0,816	-0,340	Zn	0,796	0,543
Pb	0,723	0,477	Pb	0,622	0,603
Cd	-0,050	0,780	Cd	-0,194	0,757

Prva komponenta je definisana kao prirodni faktor sa dominantnim uticajem geološke podloge i izdvaja lokalitete gornjeg dela toka i delimično lokalitete srednjeg dela toka. Druga komponenta je definisana kao mešoviti faktor, uticaj geološke podloge i antropogenih aktivnosti i izdvaja lokalitete srednjeg i donjeg dela toka (Slika 16). Vrednost KMO testa za uzorke sedimenta/nanosa iz 2015. godine je 0,594. Komunalitet varijabli se kreće od 0,612 (Cd) do 0,928 (Zn) (Tabela 50).

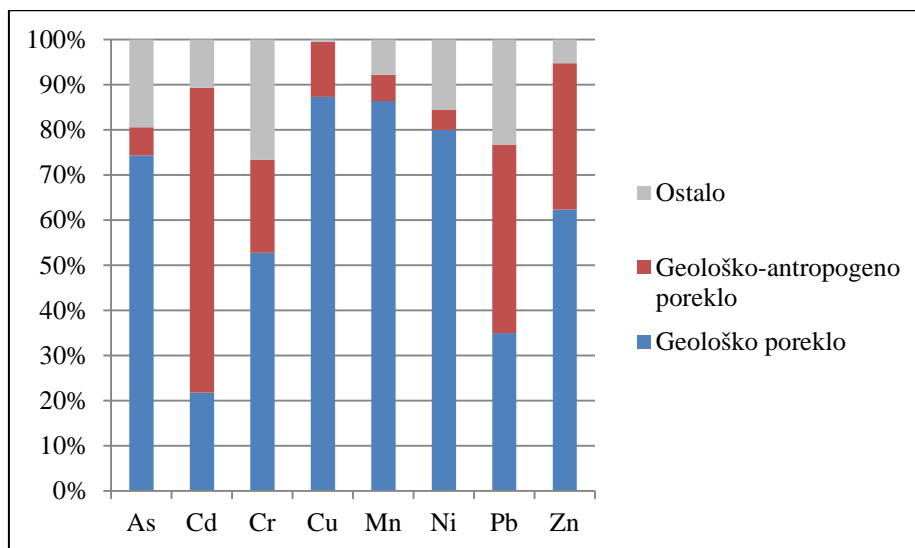
Tabela 50. Komunalitet

Varijabla	Početna vrednost	Komunalitet
As	1,000	0,888
Cd	1,000	0,612
Cr	1,000	0,781
Cu	1,000	0,884
Ni	1,000	0,882
Mn	1,000	0,903
Pb	1,000	0,750
Zn	1,000	0,928



Slika 16. Analiza porekla ispitivanih elemenata u sedimentu/nanosu iz 2015. godine: a) grupisanje elemenata u sedimentu/nanosu; b) grupisanje elemenata u sedimentu/nanosu u odnosu na lokalitete

Rezultati MLR analize za ispitivane teške metale i metaloide u sedimentu/nanosu uzorkovanog 2015. godine prikazani su na Slici 17.



Slika 17. Procentualno učešće komponenti koje određuju poreklo metala i metaloida u sedimentu/nanosu (2015. godina)

Na sadržaj arsena u površinskim slojevima sedimenta/nanosa najveći uticaj ima prva komponenta, okarakterisana kao prirodni faktor, sa učešćem od 74,32%. S druge strane geološko-antropogeni faktor utiče sa 6,22% a ostali faktori utiču sa 19,46% (Slika 17). Na sadržaj Cd u ispitivanom sedimentu/nanosu najveći uticaj ima druga komponenta tj. geološko-antropogeni faktor koji utiče sa 67,44% dok prva komponenta odnosno prirodni faktor utiče sa 21,79%. Ostali faktori utiču sa oko 10%. Sadržaj Cr u ispitivanim uzorcima je pod najvećim uticajem prirodnog faktora (52,77%) dok je uticaj druge komponente nešto manji (20,57%). Ostali faktori utiču sa oko 26%.

Na sadržaj Cu u sedimentu/nanosu najveći uticaj ima prirodni faktor (87,28%) dok geološko-antropogeni faktor utiče sa oko 12%. Ostali faktori nemaju uticaj na sadržaj Cu (samo 0,53%). Od definisanih faktora, najveći uticaj na mangan ima prirodni faktor sa učešćem od 86,37%. Vrlo mali uticaj na Mn u sedimentu/nanosu ima druga komponenta (geološko-antropogeni faktor - 5,83%) kao i ostali faktori koji učestvuju sa oko 7% (Slika 17).

Sadržaj Ni u sedimentu/nanosu pod najvećim je uticajem prve komponente (79,96%) dok druga komponenta generalno ima veoma mali uticaj na poreklo nikla (4,43%). Ostali faktori učestvuju sa oko 15%. Skoro podjednak uticaj na sadržaj olova u sedimentu/nanosu imaju prva i druga komponenta. Prva komponenta učestvuje sa 34,93% dok je uticaj druge komponente 41,76%. Ostali faktori utiču sa oko 23%. Kao i kod As, Cr, Cu, Mn i Ni tako i kod Zn najveći uticaj na sadržaj u sedimentu/nanosu ima prva komponenta tj. prirodni faktor (62,32%). S druge strane, druga komponenta tj. geološko-antropogeni faktor utiče sa oko 32%. Ostali faktori imaju mali uticaj na sadržaj Zn od oko 5% (Slika 17).

5.7. Korelacije između sadržaja teških metala i metaloida u zemljištu i sedimentu/nanosu

5.7.1. Razlike u ukupnom sadržaju teških metala i metaloida u zemljištu i sedimentu/nanosu na odabranim lokalitetima između 2014 i 2015. godine

Razlike u sadržaju 18 ispitivanih elemenata (Ag, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Tl, Zn) u površinskim slojevima zemljišta od 0-30 cm i površinskog sedimenta/nanosa na dubini od 0-30 cm, uzorkovanog duž toka reke Save, analizirane su jednofaktorskom analizom varijansi (One-way ANOVA). Dobijeni rezultati su pokazali da lokalitet značajno utiče na razlike u ukupnom sadržaju ispitivanih elemenata u zemljištu i sedimentu/nanosu (stepen značajnosti: *** za $p < 0,001$; ** za $p < 0,01$; * za $p < 0,5$; ns- nema značaja). Izuzetak su Se u uzorcima zemljišta uzorkovanog 2015. godine i Mo u uzorcima sedimenta/nanosa uzorkovanih 2014. i 2015. godine, s obzirom da su njihovi sadržaji bili ispod nivoa detekcije pa nisu uključeni u analizu.

Tabela 51. Uticaj lokaliteta na razlike u sadržaju ispitivanih elemenata u zemljištu uzorkovanom 2014. i 2015. godine na odabranim lokalitetima duž toka reke Save

Elementi	2014		2015	
	F	p	F	p
Ag	37,39	***	3,29	***
Al	4416,45	***	33,53	***
As	1140,93	***	215,30	***
Ba	18,58	***	75,71	***
Cd	338,69	***	96,03	***
Co	5546,99	***	242,64	***
Cr	5948,71	***	407,37	***
Cu	382,60	***	20,28	***
Fe	1961,37	***	56,80	***
Li	2987,52	***	107,50	***
Mn	2115,44	***	148,17	***
Mo	1,85	ns	13,28	***
Ni	13510,40	***	757,05	***
Pb	69,89	***	87,10	***
Se	2,19	*	/	/
Sr	190,12	***	23,77	***
Tl	130,69	***	74,55	***
Zn	286,65	***	122,94	***

ANOVA; *** za $p < 0,001$; ** za $p < 0,01$; * za $p < 0,5$; ns- nema značaja

Dominantan uticaj lokaliteta, u smislu razlika u ukupnom sadržaju ispitivanih elemenata u uzorcima površinskog zemljišta u sloju od 0-30 cm uzorkovanog 2014. godine po lokalitetima je utvrđen za sve elemente osim za Ba, Mo, Pb i Se (Tabela 51). Takođe, u uzorcima površinskog zemljišta u sloju od 0-30 cm uzorkovanog 2015. godine lokalitet je kao dominantan faktor varijabilnosti utvrđen samo za Ba (Tabela 51).

Tabela 52. Uticaj lokaliteta na razlike u sadržaju ispitivanih elemenata u sedimentu/nanosu uzorkovanom 2014. i 2015. godine na odabranim lokalitetima duž toka reke Save

Elementi	2014		2015	
	F	p	F	p
Ag	53,50	***	111,01	***
Al	15490,44	***	10319,17	***
As	865,78	***	235,94	***
Ba	49234,94	***	29204,36	***
Cd	345,32	***	898,92	***
Co	63748,91	***	1337,41	***
Cr	75833,15	***	28797,68	***
Cu	31601,26	***	13666,03	***
Fe	25840,71	***	7594,05	***
Li	6668,24	***	5,34	***
Mn	51913,50	***	9880,40	***
Mo	/	/	/	/
Ni	128519,16	***	36890,16	***
Pb	1290,90	***	80,28	***
Se	55,12	***	35,86	***
Sr	3350,32	***	14165,35	***
Tl	49,11	***	4,02	***
Zn	67225,52	***	15035,02	***

ANOVA; *** za $p < 0,001$; ** za $p < 0,01$; * za $p < 0,5$; ns- nema značaja

Za uzorke površinskog sedimenta/nanosa uzorkovanog 2014. godine lokalitet takođe ima dominantan uticaj kao faktor varijabilnosti na sadržaj svih ispitivanih elemenata osim za Ag, Cd, Se i Sr (Tabela 52). S druge strane za uzorke površinskog sedimenta/nanosa uzorkovanog 2015. godine lokalitet ima dominantan uticaj samo na sadržaj Ag, Cd i Sr (Tabela 52).

Takođe, urađen je i t-test kako bi se utvrdile razlike u sadržaju 7 odabranih elemenata (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn) između dve ispitivane godine (2014. i 2015. godine). Ovaj test je pokazao da postoji statistički značajna razlika (na nivou $p < 0,001$) za Cd, Cr, Cu i Zn. Značajna razlika u sadržaju Cd između dve ispitivane godine određena je njegovom visokom rastvorljivošću, te su usled visokog vodostaja sadržaji Cd viši u odnosu na period niskog vodostaja gde je došlo do ispiranja Cd iz površinskih slojeva zemljišta. Na razlike u sadržaju Cr, Cu i Zn u najvećoj meri uticao je poplavni talas te je u periodu niskog vodostaja došlo do taloženja ovih elemenata i povećanja njihovog sadržaja.

Tabela 53. Razlike u sadržaju ispitivanih elemenata između dve godine (2014. i 2015. godina)

T-test									
	Srednja vrednost Gupa 1	Srednje vrednost Grupa 2	t-vrednost	df	p	Std.Dev. Grupa 1	Std.Dev. Grupa 2	F-ratio – vrednost	p – vrednost
As 2014 / As 2015	9,30	13,82	-1,99	20	0,061	3,74	6,31	2,845	0,127
Cd 2014 / Cd 2015	3,10	0,73	5,40	20	0,000	1,16	0,90	1,660	0,423
Cr 2014 / Cr 2015	26,36	128,06	-3,21	20	0,004	21,78	97,81	20,169	0,000
Cu 2014 / Cu 2015	19,21	52,35	-3,00	20	0,007	7,21	34,19	22,517	0,000
Ni 2014 / Ni 2015	38,09	72,78	-1,55	20	0,136	36,15	62,27	2,967	0,113
Pb 2014 / Pb 2015	84,04	44,39	1,94	20	0,067	67,46	20,77	10,551	0,001
Zn 2014 / Zn 2015	36,59	164,92	-5,74	20	0,000	24,17	66,96	7,671	0,005

Statistički značajne razlike na nivou $p < 0,001$ su u bold formatu

5.7.2. Odnos teških metala i metaloida u površinskim slojevima zemljišta i sedimenta/nanosa na osnovu Spirmanovog koeficijenta korelacije

Odnosi ispitivanih elemenata (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn i Mn), u uzorcima površinskih slojeva zemljišta u sloju od 0-30 cm i površinskog sedimenta/nanosa u sloju od 0-30 cm uzorkovanih u 2014. godini, utvrđeni su analizom Spirmanovog koeficijenta korelacije (stepen značajnosti: *** za $p < 0,001$; ** za $p < 0,01$; * za $p < 0,5$; ns- nema značaja). Rezultati korelacione analize predstavljeni su u Tabeli 52. Sadržaji ispitivanih elemenata u površinskim slojevima zemljišta korelisani su sa ispitivanim elementima u površinskim slojevima sedimenta/nanosa, kao deo ukupne analize njihovog porekla. U isto vreme, korelisani su međusobni odnosi u sadržaju ispitivanih elemenata u zemljištu i u sedimentu/nanosu.

Generalno posmatrano, u analizi uzoraka iz 2014. godine nisu utvrđene značajne korelacije između sadržaja ispitivanih elemenata u zemljištu sa njihovim sadržajem u sedimentu/nanosu, uz izuzetak Pb kod koga je utvrđena značajna pozitivna korelacija između sadržaja u zemljištu i sedimentu/nanosu (Tabela 54).

Sadržaj As u zemljištu je značajno pozitivno korelisano sa sadržajem Cd, Cr, Cu, Mn, Ni i Zn u zemljištu dok je sadržaj As u sedimentu/nanosu značajno pozitivno korelisano sa sadržajima Cd, Cr, Cu, Ni i Zn u sedimentu/nanosu (Tabela 54).

Sadržaj Cd u zemljištu je značajno pozitivno korelisano sa sadržajem As, Cu, Mn i Zn u zemljištu, dok je u sedimentu/nanosu sadržaj Cd značajno pozitivno korelisano sa svim ispitivanim elementima u sedimentu/nanosu osim sa olovom (Tabela 54).

Značajna pozitivna korelacija ustanovljena je između sadržaja Cr i sadržaja As, Cu, Mn i Ni, dok je značajna negativna korelacija ustanovljena između Cr i Pb u zemljištu. S druge strane, što se tiče sedimenta/nanosa, ustanovljena je značajna pozitivna korelacija između sadržaja Cr i sadržaja svih ispitivanih elemenata osim Pb (Tabela 54).

Sadržaj Cu u zemljištu je značajno pozitivno korelisano sa sadržajem svih ispitivanih elemenata izuzev sa Pb. Ista situacija je kod Cu u sedimentu/nanosu gde je ovaj element takođe značajno pozitivno korelisano sa svim ostalim elementima osim sa Pb (Tabela 54).

Sadržaj Mn u zemljištu je značajno pozitivno korelisano sa sadržajem As, Cd, Cr, Cu i Ni dok sa Pb i Zn korelacija nije ustanovljena. U sedimentu/nanosu Mn je značajno pozitivno korelisano sa sadržajima Cd, Cr, Cu, Ni i Zn a nije korelisano sa As i Pb (Tabela 54).

Značajna pozitivna korelacija ustanovljena je između sadržaja Ni u zemljištu sa sadržajem As, Cr, Cu i Mn u zemljištu, dok je značajna negativna korelacija ustanovljena između nikla i olova. Što se tiče sedimenta/nanosa sadržaj Ni je značajno pozitivno korelisano sa svim ispitivanim elementima osim sa Pb (Tabela 54).

Olovo je pokazalo specifične odnose sa drugim elementima, u zemljištu je sadržaj ovog elementa značajno negativno korelisano samo sa sadržajem Cr i Ni. S druge strane u sedimentu/nanosu nisu utvrđene korelacije sa drugim elementima (Tabela 54).

Sadržaj Zn u zemljištu je značajno pozitivno korelisano sa sadržajem As, Cd i Cu u zemljištu, dok je sadržaj Zn u sedimentu/nanosu značajno pozitivno korelisano sa svim ispitivanim elementima osim sa Pb (Tabela 54).

Tabela 54. Korelacije između ispitivanih elemenata u površinskim slojevima zemljišta i sedimenta/nanosa u 2014. godini

	As z	Cd z	Cr z	Cu z	Mn z	Ni z	Pb z	Zn z	As s	Cd s	Cr s	Cu s	Mn s	Ni s	Pb s
Cd z	0,709 *														
Cr z	0,697 *	0,479													
Cu z	0,806 **	0,891 ***	0,648 *												
Mn z	0,673 *	0,661 *	0,903 ***	0,818 **											
Ni z	0,794 **	0,430	0,915 ***	0,685 *	0,842 **										
Pb z	-0,285	0,079	-0,648 *	-0,224	-0,612	-0,745 *									
Zn z	0,794 **	0,867 **	0,479	0,879 ***	0,564	0,491	0,139								
As s	0,620	0,337	0,215	0,436	0,264	0,325	-0,178	0,448							
Cd s	0,350	0,485	0,018	0,362	0,166	0,006	0,092	0,423	0,801 **						
Cr s	0,571	0,485	0,227	0,472	0,313	0,239	-0,031	0,534	0,925 **	0,901 ***					
Cu s	0,497	0,374	0,178	0,301	0,190	0,202	-0,080	0,387	0,876 **	0,925 ***	0,925 ***				
Mn s	0,620	0,337	0,215	0,436	0,264	0,325	-0,178	0,448	1,000	0,801 **	0,925 ***	0,876 ***			
Ni s	0,546	0,472	0,215	0,460	0,301	0,227	-0,055	0,509	0,938 **	0,938 ***	0,988 ***	0,95 ***	0,938 ***		
Pb s	-0,043	0,117	-0,620	-0,055	-0,546	-0,485	0,632 *	0,227	0,354	0,553	0,404	0,453	0,354	0,416	
Zn s	0,595	0,362	0,264	0,387	0,239	0,301	-0,104	0,472	0,950 ***	0,851 **	0,950 ***	0,950 ***	0,950 ***	0,963 ***	0,404

Spirmanov koeficijent korelacije; *** za p<0,001; ** za p<0,01; * za p<0,5; ns- nema značaja

Odnosi ispitivanih elemenata (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn i Mn), u uzorcima površinskih slojeva zemljišta i sedimenta/nanosa uzorkovanih u 2015. godini, utvrđeni su analizom Spirmanovog koeficijenta korelacije (stepen značajnosti: *** za $p < 0,001$; ** za $p < 0,01$; * za $p < 0,5$; ns- nema značaja). Rezultati korelacione analize predstavljeni su u Tabeli 55. Sadržaji ispitivanih elemenata u površinskim slojevima zemljišta korelisani su sa elementima u sedimentu/nanosu, kao deo ukupne analize njihovog porekla. U isto vreme, korelisani su međusobni odnosi u sadržaju ispitivanih elemenata u zemljištu i u sedimentu/nanosu.

Sadržaj As u zemljištu bio je statistički značajno korelisan sa sadržajem Cd, Cr, Mn, Ni, Pb i Zn u zemljištu kao i sa sadržajem As, Cr, Mn i Ni u sedimentu/nanosu. S druge strane, sadržaj As u sedimentu/nanosu ima značajnu pozitivnu korelaciju sa sadržajem Cr, Cu, Mn, Ni i Zn u sedimentu/nanosu (Tabela 55).

Sadržaj Cd u zemljištu ima visoku korelisanost sa sadržajem As, Cr, Mn, Ni i Zn u zemljištu kao i sa sadržajem Cr, Mn i Ni u sedimentu/nanosu. S druge strane nije utvrđena korelacija sadržaja Cd u sedimentu/nanosu sa drugim ispitivanim elementima u sedimentu/nanosu (Tabela 55).

Sadržaj Cr u zemljištu je visoko pozitivno korelisan sa sadržajem As, Cd, Mn, Ni i Zn u zemljištu kao i sa sadržajem As, Cr, Mn i Ni u sedimentu/nanosu. Sadržaj hroma u sedimentu/nanosu je visoko pozitivno korelisan sa sadržajem As, Cu, Mn i Ni u sedimentu/nanosu (Tabela 55).

U uzorcima zemljišta nije utvrđena korelacija između sadržaja Cu i drugih ispitivanih elemenata kao ni korelacija sadržaja Cu u zemljištu sa ispitivanim elementima u sedimentu/nanosu. S druge strane sadržaj Cu u sedimentu/nanosu je visoko pozitivno korelisan sa sadržajem svih ispitivanih elemenata u sedimentu/nanosu sa izuzetkom Cd (Tabela 55).

Značajna pozitivna korelacija ustanovljena je između sadržaja Mn u zemljištu i As, Cd, Cr, Ni i Zn u zemljištu kao i Cr, Mn i Ni u sedimentu/nanosu. Statistički značajna pozitivna korelacija je utvrđena između sadržaja Mn i As, Cr, Cu, Ni i Zn u sedimentu/nanosu (Tabela 55).

U ispitivanom zemljištu utvrđena je značajna pozitivna korelacija između sadržaja Ni i As, Cd, Cr, Mn i Zn u zemljištu i As, Cr, Mn i Ni u sedimentu/nanosu. U ispitivanim uzorcima sedimentu/nanosa visoka pozitivna korelacija postoji između sadržaja Ni i As, Cr, Cu, Mn i Zn (Tabela 55).

Sadržaj Pb u zemljištu je visoko pozitivno korelisan sa sadržajem As i Zn u zemljištu dok između sadržaja Pb u zemljištu i ispitivanih elemenata u sedimentu/nanosu nije ustanovljena korelacija. S druge strane, sadržaj Pb je pokazao visoku pozitivnu korelaciju sa sadržajem Cu i Zn u sedimentu/nanosu (Tabela 55).

U ispitivanim uzorcima zemljišta i sedimenta/nanosa utvrđena je visoka pozitivna korelacija sadržaja Zn u zemljištu sa sadržajem svih elemenata u zemljištu sa izuzetkom Cu. Između sadržaja Zn u zemljištu i ispitivanih elemenata u sedimentu/nanosu nije utvrđena korelacija. U sedimentu/nanosu, utvrđena je visoka pozitivna korelacija sadržaja ovog elementa sa sadržajem As, Cu, Mn, Ni i Pb (Tabela 55).

Tabela 55. Korelacije između ispitivanih elemenata u površinskim slojevima zemljišta i sedimenta/nanosa u 2015. godini

	As z	Cd z	Cr z	Cu z	Mn z	Ni z	Pb z	Zn z	As s	Cd s	Cr s	Cu s	Mn s	Ni s	Pb s
Cd z	0,811 **														
Cr z	0,776 **	0,811 **													
Cu z	0,126	0,510	0,259												
Mn z	0,727 **	0,790 **	0,867 ***	0,469											
Ni z	0,825 ***	0,867 ***	0,951 ***	0,294	0,881 ***										
Pb z	0,657 *	0,497	0,392	-0,140	0,343	0,469									
Zn z	0,720 **	0,755 **	0,594 *	0,133	0,594 *	0,650 *	0,867 ***								
As s	0,650 *	0,497	0,671 *	-0,091	0,469	0,657 *	0,308	0,336							
Cd s	-0,004	-0,189	-0,140	-0,487	-0,119	-0,273	0,242	0,105	-0,053						
Cr s	0,664 *	0,657 *	0,874 ***	0,084	0,762 **	0,881 ***	0,273	0,490	0,776 **	-0,235					
Cu s	0,441	0,566	0,469	-0,007	0,364	0,566	0,231	0,378	0,685 *	-0,067	0,601 *				
Mn s	0,622 *	0,608 *	0,643 *	0,224	0,699 *	0,692 *	0,168	0,364	0,720 **	-0,060	0,783 **	0,734 **			
Ni s	0,664 *	0,706 *	0,818 **	0,217	0,797 **	0,853 ***	0,434	0,573	0,769 **	-0,067	0,867 ***	0,713 **	0,874 ***		
Pb s	0,154	0,224	0,154	-0,077	0,245	0,315	-0,021	0,007	0,462	-0,021	0,399	0,706 *	0,531	0,490	
Zn s	0,301	0,434	0,350	-0,014	0,315	0,441	0,217	0,280	0,650 *	0,105	0,490	0,923 ***	0,685 *	0,713 **	0,825 ***

Spirmanov koeficijent korelacije; *** za p<0,001; ** za p<0,01; * za p<0,5; ns- nema značaja

5.8. Ekološki rizici od zagađivanja teškim metalima i metaloidima površinskih slojeva zemljišta i sedimenta/nanosa

5.8.1. Određivanje Background vrednosti istraživanih elemenata za riparijalnu zonu reke Save

„Background“ vrednosti su izračunate za sedam elemenata (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn) kao prioriternih elemenata odnosno polutanata za sliv reke Dunav kao i za Mn koji je u analizama procene rizika korišćen kao referentni element. U proračun je uključeno 412 reprezentativnih uzoraka prikupljenih iz dostupnih baza podataka, što predstavlja dovoljan broj uzoraka da bi se u proračunu izbegla eventualna odstupanja u sadržaju Mn koji bi mogao biti antropogenog porekla. Dobijena background vrednost za Mn je 772,97 mg kg⁻¹. Background vrednosti za ispitivane teške metale iznose: As – 11,53 mg kg⁻¹, Cd – 0,68 mg kg⁻¹, Cr – 72,52 mg kg⁻¹, Cu – 24,12 mg kg⁻¹, Ni – 41,33 mg kg⁻¹, Pb – 44,03 mg kg⁻¹ i Zn – 91,64 mg kg⁻¹.

Tabela 56. Granične i „background“ vrednosti za ispitivana zemljišta i nanos/sediment riparijalne zone reke Save

	Elementi (mg kg ⁻¹)						
	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Background vrednosti za zemljište i sediment riparijalne zone reke Save	11,53	0,68	72,52	24,12	41,33	44,03	91,64
Background vrednosti za zemljišta Evrope ¹	/	1-3	50-100	50-140	30-75	50-300	150-300
Prosečne vrednosti za svetska zemljišta ²	4,4-8,4	0,34-0,45	47-51	13-23	13-26	22-28	45-60
TEL ³ za sediment/nanos	7,24	0,70	52,30	18,70	18	30,20	124
PEL ³ za sediment/nanos	41,60	4,20	160	108	36	112	274

¹ Gawlik and Bidoglio 2006; ² Kabata-Pendias and Mukherjee 2007; ³ CCME 2001

nivo graničnog efekta na životnu sredinu (TEL)

nivo verovatnog efekta na životnu sredinu (PEL)

5.8.2. Određivanje ekološkog rizika od zagađivanja teškim metalima i metaloidima u površinskim slojevima zemljišta i sedimenta/nanosa pomoću Indeksa ekološkog rizika (eng. Ecological Risk Index - Ei) i Indeksa ukupnog ekološkog rizika (eng. Risk Index - RI)

Indeks ekološkog rizika zagađenja Ei za sadržaj As u površinskim slojevima zemljišta uzorkovanih 2014. godine je u klasi niskog potencijalnog rizika duž celog toka, od 8,98 do 36,78. Samo je na lokalitetu SRM indeks Ei 43,70 što ga svrstava u klasu umerenog zagađenja. Indeks ekološkog rizika za Cd ukazuje na umereni rizik od zagađenja samo na lokalitetu ŽUP (55,81) dok je na ostalim lokalitetima Ei u klasi niskog potencijalnog rizika. Indeks ekološkog rizika od zagađenja Cr i Cu je duž toka reke Save na svim lokalitetima bio u klasi niskog potencijalnog rizika (Ei < 40) (Tabela 57). Indeks ekološkog rizika za Ni bio je u klasi umerenog potencijalnog rizika samo na lokalitetu ŽUP, dok je na ostalim lokalitetima bio u klasi niskog potencijalnog rizika. S druge strane, kao i u slučaju hroma i bakra, indeks ekološkog rizika za Pb i Zn na svim ispitivanim lokalitetima je bio u klasi niskog potencijalnog rizika (Ei < 40) (Tabela 57).

Ukupan ekološki indeks (RI) za sadržaj ispitivanih metala i metaloida u površinskim slojevima zemljišta duž toka reke Save, pokazao je da su lokaliteti u gornjem i srednjem delu toka u klasi niskog potencijalnog rizika (RI < 100). Lokaliteti u donjem delu toka (ŽUP, SRM i BEO) prema

ukupnom ekološkom indeksu pripadaju klasi umerenog potencijalnog rizika ($110 \leq RI \leq 220$) (Tabela 57).

Tabela 57. Indeksi ekološkog rizika za površinske slojeve zemljišta na dubini od 0-30 cm u 2014. godini

Lokalitet	Ei As	Ei Cd	Ei Cr	Ei Cu	Ei Ni	Ei Pb	Ei Zn	RI
BOH	8,98	0,00	1,20	9,95	9,12	2,91	0,67	32,83
RAD	11,11	0,00	0,75	13,01	4,10	26,76	2,68	58,41
LIT	9,26	0,00	0,82	9,87	4,20	11,94	1,62	37,71
ČAT	13,52	0,00	0,96	12,80	5,31	5,96	2,04	40,59
ZAG	13,88	0,00	0,78	10,22	4,33	4,78	1,86	35,85
JAS	11,32	0,00	0,89	7,05	4,93	5,98	1,30	31,46
SLB	16,57	0,00	2,29	13,65	13,99	4,44	1,55	52,48
ŽUP	36,78	55,81	6,87	27,39	49,16	10,62	3,23	189,87
SRM	43,70	30,88	5,34	20,93	33,97	16,07	4,19	155,08
BEO	32,35	27,20	4,27	19,11	28,42	13,09	3,15	127,59

U ispitivanim uzorcima zemljišta uzorkovanih 2015. god., indeks ekološkog rizika za sadržaj As je bio vrlo nizak ($Ei < 40$) na skoro svim ispitivanim lokalitetima ukazujući da nema zagađenja. Izuzetak je samo jedan lokalitet (BEO) u donjem delu toka gde je indeks ekološkog rizika bio 47,68 ukazujući da postoji umereno zagađenje (Tabela 58). Indeks ekološkog rizika zagađenja za Cd u ispitivanim uzorcima zemljišta pripada drugoj klasi ukazujući da postoji umereno zagađenje na lokalitetu ŠAB (41,38) dok je na lokalitetu BEO indeks ekološkog rizika 112,22 što ukazuje na značajno zagađenje (Tabela 58). S druge strane, indeks ekološkog rizika za Cr pokazuje da nema zagađenja u ispitivanim zemljištima duž toka reke Save ($Ei < 40$). Indeks ekološkog rizika za Cu je u drugoj klasi ukazujući na umeren potencijalni rizik samo na lokalitetu ČAT (45,05) (Tabela 58). Na ostalim lokalitetima Ei za bakar je u klasi niskog potencijalnog rizika, mada se može generalno uočiti trend povećanja vrednosti Ei idući od izvora ka ušću. Za sadržaj Ni u ispitivanim uzorcima uočava se da je na većini lokaliteta indeks ekološkog rizika bio u klasi niskog potencijalnog rizika ($Ei < 40$), sa izuzetkom lokaliteta ŽUP gde je Ei bio 42,51 ukazujući na moguće umereno zagađenje. Slično kao kod hroma, indeks ekološkog rizika za Pb i Zn takođe pokazuje da nema zagađenja u ispitivanim uzorcima zemljišta ($Ei < 40$) (Tabela 58).

Ukupan ekološki rizik (RI) za sadržaj teških metala u površinskim slojevima zemljišta duž toka reke Save, pokazuje da su lokaliteti u donjem delu toka (ŽUP, SRM i ŠAB) u klasi umerenog potencijalnog rizika dok je lokalitet BEO u klasi značajnog rizika. Ukupan ekološki indeks za lokalitete gornjeg i srednjeg dela toka je u klasi niskog potencijalnog rizika ($RI < 100$) (Tabela 58).

Tabela 58. Indeksi ekološkog rizika za površinske slojeve zemljišta na dubini od 0-30 cm u 2015. godini

Lokalitet	Ei As	Ei Cd	Ei Cr	Ei Cu	Ei Ni	Ei Pb	Ei Zn	RI
MOJ	8,72	0,00	0,33	3,25	0,81	5,86	1,02	19,99
RAD	10,05	0,00	1,03	9,27	4,91	7,33	1,91	34,50
LIT	10,65	0,00	0,93	8,36	4,07	4,95	1,47	30,44
VRH	17,66	0,00	1,00	10,91	4,87	7,11	1,96	43,52
ČAT	18,92	0,73	1,32	45,05	6,64	8,72	2,84	84,22
ZAG	13,84	0,00	0,94	10,33	4,61	3,64	1,66	35,02

Lokalitet	Ei As	Ei Cd	Ei Cr	Ei Cu	Ei Ni	Ei Pb	Ei Zn	RI
JAS	12,23	0,00	0,95	7,17	4,50	3,97	1,57	30,41
SLB	19,81	0,00	3,22	15,75	13,93	4,77	2,05	59,53
ŽUP	34,29	0,00	6,73	25,83	42,51	8,73	3,49	121,59
SRM	31,03	8,92	6,29	24,84	34,34	15,04	4,42	124,89
ŠAB	38,04	41,38	5,49	22,16	34,85	8,60	4,06	154,58
BEO	47,68	112,22	5,13	39,15	33,10	13,39	4,92	255,59

Indeks ekološkog rizika Ei za sve teške metale i metaloide, u ispitivanim površinskim slojevima sedimenta/nanosa uzorkovanog 2014. godine, bio je u klasi niskog potencijalnog rizika ($Ei < 40$) ukazujući da nema potencijalnog zagađenja (Tabela 59). Takođe, ukupan ekološki indeks RI za sve ispitivane lokalitete ukazuje da nema potencijalnog zagađenja ($RI < 100$) (Tabela 59).

Tabela 59. Indeksi ekološkog rizika za sediment/nanos u 2014. godini

Lokalitet	Ei As	Ei Cd	Ei Cr	Ei Cu	Ei Ni	Ei Pb	Ei Zn	RI
RAD	3,69	26,03	0,45	3,58	2,06	1,35	0,62	37,77
LIT	3,20	15,00	0,31	4,86	1,42	4,27	0,70	29,75
ČAT	4,23	14,12	0,35	4,56	1,95	1,94	0,70	27,85
ZAG	3,11	11,03	0,22	2,53	1,26	1,08	0,39	19,63
SLB	9,43	27,79	1,68	10,18	11,63	1,77	0,93	63,41
SRM	12,66	26,47	2,26	8,89	16,57	3,08	1,13	71,06
BEO	16,42	30,00	2,32	14,57	15,61	3,95	1,53	84,40

Indeks ekološkog rizika Ei za sve elemente osim Cd, u ispitivanim površinskim slojevima sedimenta/nanosa uzorkovanog 2015. godine, takođe je bio u klasi niskog potencijalnog rizika ($Ei < 40$) ukazujući da nema potencijalnog zagađenja (Tabela 60). Ei za Cd ukazuje da postoji umereno zagađenje na donjem delu toka (Tabela 60). Isto tako, ukupan ekološki indeks RI za sve istraživane lokalitete pripada klasi niskog potencijalnog rizika ($RI < 110$) (Tabela 60).

Tabela 60. Indeksi ekološkog rizika za površinske slojeve sediment/nanosa u 2015. godini

Lokalitet	Ei As	Ei Cd	Ei Cr	Ei Cu	Ei Ni	Ei Pb	Ei Zn	RI
MOJ	2,86	6,62	0,13	1,54	0,57	0,98	0,25	12,95
RAD	4,18	8,38	0,77	4,88	3,81	2,83	1,09	25,94
LIT	5,08	3,09	0,26	3,35	1,59	1,73	0,57	15,67
VRH	4,74	9,71	0,31	3,87	1,62	1,82	0,80	22,86
ČAT	3,24	30,44	0,23	2,12	1,18	1,39	0,46	39,06
ZAG	3,87	8,82	0,33	3,59	1,74	1,72	0,62	20,71
JAS	3,48	7,94	0,42	3,33	1,74	1,69	0,68	19,28
SLB	4,16	13,24	0,75	4,55	3,91	1,83	0,66	29,10
ŽUP	5,92	16,76	1,28	1,91	7,99	0,69	0,37	34,92
SRM	10,28	42,79	1,93	6,08	12,22	2,53	1,03	76,87
ŠAB	10,52	49,41	1,56	6,45	8,47	4,93	1,66	83,00
BEO	11,08	60,00	2,33	7,58	12,90	3,05	1,38	98,32

5.8.3. Određivanje ekološkog rizika od zagađivanja teškim metalima i metaloidima u površinskim slojevima zemljišta i sedimenta/nanosa pomoću Indeksa geoakumulacije (Geoaccumulation index – Igeo)

Indeks geoakumulacije (Igeo) za As, Cd, Cr i Zn u uzorcima površinskih slojeva zemljišta uzorkovanih 2014. godine pokazuje da ispitivana zemljišta na svim lokalitetima duž toka reke Save pripadaju prvoj klasi odnosno klasi niskog potencijalnog rizika ($I_{geo} \leq 0$) (Tabela 61). Igeo za Cu u površinskim slojevima zemljišta je generalno na većini lokaliteta u prvoj klasi, sa izuzetkom lokaliteta ŽUP gde je Igeo u drugoj klasi (0,28), ukazujući na umeren potencijalni rizik (Tabela 61).

Indeks geoakumulacije za Ni ukazuje da su lokaliteti gornjeg i srednjeg dela toka u klasi niskog potencijalnog rizika dok su lokaliteti donjeg dela toka (od ŽUP do BEO) u drugoj i trećoj klasi, ukazujući da postoji umeren do značajan potencijalni rizik (Tabela 61). Igeo za Pb u ispitivanim uzorcima ukazuje da je samo lokalitet RAD u drugoj klasi, ukazujući na potencijalno umeren rizik. S druge strane ostali lokaliteti pripadaju prvoj klasi tj. klasi niskog potencijalnog rizika ($I_{geo} \leq 0$) (Tabela 61).

Tabela 61. Indeks geoakumulacije - Igeo za površinske slojeve zemljišta na dubini od 0-30 cm u 2014. godini

Lokalitet	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
BOH	-2,32	/	-2,91	-1,18	-1,30	-2,95	-2,75
RAD	-2,02	/	-3,58	-0,79	-2,46	0,25	-0,75
LIT	-2,28	/	-3,45	-1,19	-2,42	-0,91	-1,48
ČAT	-1,73	/	-3,24	-0,81	-2,08	-1,92	-1,14
ZAG	-1,70	/	-3,53	-1,14	-2,38	-2,23	-1,27
JAS	-1,99	/	-3,34	-1,67	-2,19	-1,91	-1,79
SLB	-1,44	/	-1,97	-0,72	-0,69	-2,34	-1,54
ŽUP	-0,29	-1,27	-0,39	0,28	1,13	-1,08	-0,48
SRM	-0,04	-2,13	-0,75	-0,10	0,59	-0,49	-0,10
BEO	-0,48	-2,31	-1,08	-0,24	0,34	-0,78	-0,51

Indeks geoakumulacije za As u uzorcima površinskih slojeva zemljišta uzorkovanih 2015. godine pokazuje da ispitivano zemljište na skoro svim lokalitetima pripada prvoj klasi tj. klasi niskog potencijalnog rizika ($I_{geo} \leq 0$), sa izuzetkom lokaliteta BEO (0,08) gde se može uočiti da postoji vrlo nizak nivo kontaminacije (Tabela 62). Indeks geoakumulacije za Cd i Cr pokazuju da ispitivani uzorci zemljišta na svim lokalitetima duž toka reke Save pripadaju prvoj klasi odnosno klasi niskog potencijalnog rizika s obzirom da su vrednosti Igeo bile < 0 . Igeo za Cu u površinskim slojevima zemljišta na lokalitetima donjeg dela toka ukazuje na postojanje umerenog potencijalnog ekološkog rizika ($I_{geo} 0,14 - 0,80$) sa izuzetkom lokaliteta ČAT gde vrednost Igeo ukazuje na postojanje značajnog rizika (1,00) (Tabela 62).

Indeks geoakumulacije za Ni ukazuje da na lokalitetima donjeg dela postoji umeren potencijalni rizik s obzirom da se vrednost ovog indeksa kretala od 0,56 do 0,92. Lokaliteti gornjeg i srednjeg dela toka pripadaju klasi niskog potencijalnog rizika. Igeo za Pb u površinskim slojevima zemljišta isti je kao i kod Cd i Cr tj. ukazuje da nema kontaminacije a zemljište pripada prvoj klasi tj. klasi niskog potencijalnog rizika ($I_{geo} \leq 0$) (Tabela 62). Indeks geoakumulacije za Zn u ispitivanim uzorcima zemljišta na većini lokaliteta pokazuje da nema kontaminacije, sa izuzetkom lokaliteta BEO (0,13) gde Igeo ukazuje na umeren rizik od zagađenja ovim elementom (Tabela 62).

Tabela 62. Indeks geoakumulacije - Igeo za površinske slojeve zemljišta na dubini od 0-30 cm u 2015. godini

Lokalitet	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
MOJ	-0,78	/	-3,18	-1,21	-3,22	-0,36	-0,56
RAD	-2,16	/	-3,13	-1,28	-2,20	-1,62	-1,24
LIT	-2,08	/	-3,27	-1,43	-2,47	-2,18	-1,61
VRH	-1,35	/	-3,17	-1,04	-2,21	-1,66	-1,20
ČAT	-1,25	-7,52	-2,77	1,00	-1,76	-1,37	-0,67
ZAG	-1,70	/	-3,26	-1,12	-2,29	-2,63	-1,44
JAS	-1,88	/	-3,24	-1,65	-2,32	-2,50	-1,52
SLB	-1,18	/	-1,48	-0,51	-0,69	-2,24	-1,14
ŽUP	-0,39	/	-0,42	0,20	0,92	-1,37	-0,37
SRM	-0,54	-3,92	-0,52	0,14	0,61	-0,58	-0,03
ŠAB	-0,24	-1,71	-0,71	-0,02	0,63	-1,39	-0,15
BEO	0,08	-0,27	-0,81	0,80	0,56	-0,75	0,13

Indeks geoakumulacije za Cd, Cr i Pb u ispitivanim uzorcima sedimenta/nanosa uzorkovanog 2014. godine ukazuje da svi ispitivani lokaliteti duž toka reke Save pripadaju prvoj klasi odnosno klasi niskog potencijalnog rizika ($I_{geo} \leq 0$) (Tabela 63).

Igeo za As u površinskim slojevima sedimenta/nanosa ukazuje da postoji umeren stepen potencijalnog ekološkog rizika u donjem delu toka, na lokalitetu BEO (0,13) dok na ostalim lokalitetima mahom u gornjem i srednjem delu toka nema kontaminacije a sediment/nanos pripada prvoj klasi (Tabela 63). Indeks geoakumulacije za Cu ukazuje na postojanje umerenog potencijalnog rizika u srednjem i donjem delu toka (0,24 – 0,96) dok u gornjem delu toka Igeo pokazuje da nema kontaminacije s obzirom da su vrednosti ispod 0. Slično kao i kod bakra, indeks geoakumulacije za Ni pokazuje da u srednjem i donjem delu toka postoji umeren do značajan potencijalni ekološki rizik od zagađenja niklom (0,63 – 1,14), s obzirom da Igeo vrednosti pripadaju drugoj i trećoj klasi (Tabela 63). Na gornjem delu toka nema kontaminacije ($I_{geo} \leq 0$). Indeks geoakumulacije za Zn pokazuje da na većini lokaliteta duž toka reke Save nema kontaminacije, međutim izuzetak predstavlja lokalitet BEO gde Igeo pripada drugoj klasi (0,03) ukazujući na umeren potencijalni rizik od zagađenja cinkom (Tabela 63).

Tabela 63. Indeks geoakumulacije - Igeo za sediment/nanos u 2014. godini

Lokalitet	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
RAD	-2,02	-0,79	-2,75	-1,06	-1,86	-2,48	-1,28
LIT	-2,23	-1,58	-3,30	-0,63	-2,40	-0,81	-1,11
ČAT	-1,83	-1,67	-3,11	-0,72	-1,94	-1,95	-1,10
ZAG	-2,27	-2,03	-3,78	-1,57	-2,57	-2,79	-1,93
SLB	-0,67	-0,70	-0,83	0,44	0,63	-2,09	-0,69
SRM	-0,24	-0,77	-0,41	0,24	1,14	-1,29	-0,41
BEO	0,13	-0,58	-0,37	0,96	1,06	-0,92	0,03

Indeks geoakumulacije za As, Cr i Pb u uzorcima sedimenta/nanosa uzorkovanog 2015. godine ukazuje da na svim ispitivanim lokalitetima duž toka nema kontaminacije a ispitivani sediment/nanos pripada prvoj klasi ($I_{geo} \leq 0$). Igeo za Cd ukazuje da se lokaliteti gornjeg i srednjeg dela toka nalaze u prvoj klasi ukazujući na vrlo nizak potencijalni rizik dok lokaliteti na donjem delu toka (ŠAB i BEO) pripadaju klasi umerenog potencijalnog rizika (Tabela 64).

Igeo za Cu u sedimentu/nanosu ukazuje da na većini lokaliteta nema kontaminacije s obzirom da su se vrednosti Igeo kretale od -0,22 do -2,28. Izuzetak je lokalitet BEO gde indeks geoakumulacije pokazuje da postoji vrlo nizak stepen potencijalnog rizika (Tabela 64). Indeks geoakumulacije za Ni

ukazuje da u donjem delu toka, od lokaliteta ŽUP do BEO, postoji umeren potencijalni rizik dok s druge strane u gornjem delu toka vrednosti Igeo ukazuju da nema kontaminacije. Igeo za Zn u ispitivanim uzorcima sedimenta/nanosa ukazuje da postoji vrlo slaba kontaminacija na lokalitetu ŠAB (0,15). Na ostalim lokalitetima vrednosti Igeo su se kretale u rasponu od -0,12 do -2,59 ukazujući da nema kontaminacije (Tabela 64).

Tabela 64. Indeks geoakumulacije - Igeo za sediment/nanos u 2015. godini

Lokalitet	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
MOJ	-2,39	-2,77	-4,50	-2,28	-3,71	-2,94	-2,59
RAD	-1,84	-2,42	-1,95	-0,62	-0,98	-1,41	-0,47
LIT	-1,56	-3,87	-3,52	-1,16	-2,24	-2,11	-1,39
VRH	-1,66	-2,21	-3,27	-0,95	-2,21	-2,04	-0,91
ČAT	-2,21	-0,56	-3,71	-1,82	-2,67	-2,43	-1,72
ZAG	-1,95	-2,35	-3,17	-1,06	-2,11	-2,12	-1,27
JAS	-2,11	-2,50	-2,83	-1,17	-2,11	-2,15	-1,14
SLB	-1,85	-1,77	-2,00	-0,72	-0,94	-2,03	-1,18
ŽUP	-1,34	-1,42	-1,23	-1,97	0,09	-3,44	-2,02
SRM	-0,55	-0,07	-0,63	-0,30	0,70	-1,57	-0,54
ŠAB	-0,51	0,13	-0,95	-0,22	0,18	-0,60	0,15
BEO	-0,44	0,42	-0,37	0,02	0,78	-1,30	-0,12

6. Diskusija

6.1. Fizičko-hemijske karakteristike zemljišta

6.1.1. Fizičke karakteristike zemljišta

Jedna od najvažnijih osobina zemljišta je granulometrijski sastav tj. tekstura, s obzirom da od same teksture dalje zavise mnogobrojne druge fizičke i hemijske osobine zemljišta i sedimenta/nanosa (Knežević i Košanin, 2007). Tekstura može uticati na adsorpciju i zadržavanje hranljivih materija kao i na dostupnost i mobilnost različitih polutanata. Posmatrajući rezultate mehaničke analize zemljišta uočava se da je na većini ispitivanih lokaliteta, i u profilima i u zemljištima na dubini od 0-10, 10-20 i 20-30 cm, najdominantnija frakcija peska i to sa udelom većim od 49%, što je generalno karakteristično za zemljišta riparijalne zone (Tabele 6 i 7). Često se u aluvijalnim zemljištima može uočiti da frakcija peska prelazi i 50% u ukupnom mehaničkom sastavu, karakterišući ova zemljišta kao izrazito peskovita (Xia et al., 2018). U uzorcima iz profila i u uzorcima uzetim po fiksnim dubinama uočava se da zemljišta gornjeg dela toka reke Save teksturno pripadaju kategoriji peskova, peskovitih ilovača i ilovastog peska. Idući ka ušću reke Save, na lokalitetima donjeg dela toka primetno je, u određenoj meri, povećanje udela frakcije praha i gline, čime se tekstura menja ka kategoriji ilovača, praškastih ilovača kao i praškasto glinovitih ilovača (Tabele 6 i 7; Slike 7 i 8).

Zemljišta bogata krupnijim frakcijama, tačnije peskovita zemljišta često su dobro aerisana i sa dobrim termodinamičkim svojstvima, međutim usled padavina i poplava dolazi do spiranja čestica što rezultuje gubitkom organske materije i nutrijenata čineći da ova zemljišta nemaju povoljna hemijska svojstva. Takođe, karakteristično je za zemljišta bogata krupnijim frakcijama da imaju slabiju sposobnost vezivanja teških metala. S druge strane, zemljišta bogata glinom odnosno sitnijim frakcijama, imaju veću ukupnu reaktivnu površinu čineći da imaju veću sposobnost vezivanja kako nutrijenata, esencijalnih tako i neesencijalnih elemenata uključujući teške metale i metaloide (Bradl, 2004; Knežević i Košanin, 2007). Rezultati istraživanja ovo potvrđuju s obzirom da se može uočiti da na donjem delu toka, sa porastom sadržaja čestica gline raste i sadržaj ispitivanih teških metala.

Riparijalna zemljišta odnosno fluvisoli koji su najdominantniji tip zemljišta na istraživanom području karakterišu česte promene vodnog režima, smene perioda visokog i niskog vodostaja kao i fluktuacija nivoa podzemnih voda, usled kojih dolazi do taloženja kao i do odnošenja čestica zemljišta i nutrijenata. U riparijalnoj zoni izražen je i uticaj erozionih procesa, u zavisnosti od dela toka kao i od brzine reke, što takođe ima uticaj na dinamiku taloženja zemljišnih čestica što dalje utiče na promene u teksturi. Na ispitivanim lokalitetima, u uzorcima zemljišta iz profila kao i po dubinama, uočava se promena u teksturi u uzorcima iz 2015. godine i perioda niskog vodostaja i u uzorcima iz 2014. godine i perioda visokog vodostaja, što ukazuje da najveći uticaj na promene u riparijalnom zemljištu ima voda.

Sadržaj higroskopne vlage predstavlja jednu od vrlo značajnih karakteristika s obzirom da utiče na veliki broj kompleksnih procesa koji se odvijaju u zemljištu. Vlaga može uticati na rast i razvoj biljaka, kapacitet zemljišta za poljoprivrednu proizvodnju, kao i na mobilnost, akumulaciju i ekstrakciju raznih organskih i neorganskih jedinjenja iz zemljišta (Lvova and Nadporozhskaya, 2017). Zemljišta na ispitivanim lokalitetima gornjeg dela toka su imala nizak sadržaj vlage, što je očekivano s obzirom na peskovitu teksturu. Procenat vlage se povećava na lokalitetima donjeg dela toka, što je takođe u saglasju sa teksturom ispitivanih zemljišta na tom delu toka.

6.1.2. Hemijske karakteristike zemljišta

Kiselost zemljišta – pH predstavlja jednu od najvažnijih hemijskih karakteristika zemljišta, od koje dalje zavise mnogobrojne druge fizičke, hemijske i biološke osobine. Vrednost pH u velikoj meri utiče na količinu, tip i sadržaj organske materije, okside Fe i Al, kao i na sorpciju katjona koja se povećava sa povećanjem pH. Takođe pH utiče i na procese rastvaranja i taloženja, na redoks potencijal a najvažnije predstavlja limitirajući faktor u smislu biodostupnosti i mobilnosti kako onih esencijalnih tako i onih potencijalno toksičnih elemenata (Adriano, 2001; Soil Survey Staff, 2011). Poznato je da u rasponu od neutralnih do niskih pH vrednosti većina elemenata postaje mobilnija a samim tim i biodostupna (Kabata-Pendias, 2011), međutim izuzeci se javljaju kod As, Mo, Se, V i Cr čija biodostupnost i mobilnost zapravo raste u slabo alkalnim uslovima (Adriano, 2001; Caporale and Violante, 2016). Limitirajući faktor takođe mogu biti i visoke vrednosti pH s obzirom da utiču na dostupnost nutrijenata u zemljištu, prvenstveno fosfora a zatim i esencijalnih mikronutrijenata kao što su Fe, Mn, Zn i Cu (Adriano, 2001).

Reakcija zemljišta u vodenom rastvoru, na ispitivanim lokalitetima duž toka reke Save, svrstava ispitivana zemljišta u grupu neutralnih do jako alkalnih prema US Soil Division Staff (2017) (Tabele 8 i 10). Ovakva reakcija zemljišta je uobičajena za riparijalne zone, te su do sličnih rezultata došli i Ye et al. (2020) u čijim se istraživanjima vrednost pH kretala u opsegu od 7,03 do 7,49. Pod supstitucionom kiselošću podrazumevamo onu količinu H jona, adsorbovanu na čvrstu fazu, koja se može istisnuti iz adsorptivnog kompleksa ukoliko se deluje sa neutralnom soli (Antić et al., 1982). Supstitucionna kiselost zemljišnog rastvora uvek je niža od one u vodenom rastvoru. U našem slučaju upotrebili smo KCl, te su rezultati bili niži u poređenju sa onim dobijenim nakon merenja u vodenom rastvoru. Reakcija zemljišta izmerena na ovaj način kategorisana je kao slabo do umereno alkalna prema američkoj klasifikaciji (US Soil Division Staff, 2017) (Tabele 8 i 10). Do sličnih rezultata, u svojim istraživanjima, došli su i drugi istraživači (Miljković et al., 2016; Qian et al., 2018) ispitujući priobalna zemljišta.

Salinitet tj. ukupna količina rastvorljivih soli (EC) predstavlja jednu od veoma bitnih karakteristika s obzirom da ima veliki uticaj na fizička svojstva i teksturu zemljišta a samim tim i na rast i razvoj biljaka (Lal, 2006; Belić et al., 2014). Vrednosti EC u zemljištu na ispitivanim lokalitetima, u oba preseka imaju rastući trend idući od izvora ka ušću (Tabele 8 i 10). Međutim izmerene vrednosti su dosta niske i prema US Soil Survey (2017) zemljišta na ispitivanim lokalitetima pripadaju kategoriji nezaslanjenih zemljišta.

Količina CaCO_3 u ispitivanim uzorcima zemljišta donekle varira, ali se uočava trend opadanja idući od izvora ka ušću (Tabele 8 i 10). Prema klasifikaciji Škorić et al. (1985) zemljišta gornjeg i srednjeg dela toka reke Save odnosno rendzine, euglejevi i delimično fluvisoli pripadaju grupi veoma karbonatnih dok su zemljišta donjeg dela toka umereno karbonatna. Smanjenje učešća krečnjaka kao dominantne geološke podloge u donjem delu toka odražava se i na količinu CaCO_3 u zemljištu.

Organska materija ili humus u zemljištu predstavlja veoma bitnu komponentu i nastaje transformacijom biljnih i životinjskih ostataka usled mikrobioloških aktivnosti. Količina i tip humusa u zemljištu zavisi od pedogenetskih procesa i matičnog supstrata na kome se zemljište formira (Jakovljević i Pantović, 1991). Količina humusa u zemljištu može se kretati u opsegu od <1% što zatičemo kod dominantno peskovitih zemljišta do >90% što zatičemo kod tresetišta (Alloway, 2013). Organska materija u zemljištu ima veoma značajnu ulogu s obzirom da utiče podjednako na biološke, fizičke i hemijske osobine zemljišta. Količina organske materije utiče na strukturu zemljišta, retenciju vode, vodopropustljivost i aerisanost. Što se tiče uticaja na hemijske osobine, tu se prevashodno misli na uticaj koji organska materija ima na kapacitet katjonske razmene (CEC), pufernu sposobnost kao i na biodostupnost metala (Mrvić et al., 2009). Godinama unazad primetan je drastičan pad sadržaja organske materije u zemljištu najčešće kao posledica

klimatskih promena, načina korišćenja zemljišta, erozionih procesa i drugih različitih degradacionih procesa (Rusco et al., 2001; Cerdan et al., 2010). Sadržaj organske materije na više od 50% od ukupne površine zemljišta u Jugoistočnoj Evropi je vrlo nizak i u proseku je ispod 3,4% (Rusco et al., 2001), što je slično rezultatima dobijenim u ovim istraživanjima (Tabele 8 i 10). Na ispitivanim lokalitetima u toku 2014. i 2015. godine sadržaj organske materije u zemljištu kretao se u opsegu od 0,31% do 7,63%, pri čemu se može uočiti da postoji trend opadanja sadržaja organske materije sa dubinom zemljišta (Tabele 8 i 10). U proseku slične vrednosti u sadržaju organske materije možemo videti i kod drugih istraživača koji su proučavali zemljišta riparijalne zone (Miljković et al., 2016; Ye et al., 2020).

U pogledu sadržaja organskog ugljenika dosadašnja istraživanja pokazuju da su zemljišta u Evropi mahom svrstana u kategoriju srednje bogatih organskim ugljenikom (OC), sa vrednostima u opsegu od 2 do 6% (Rusco et al., 2001). Međutim, podaci istih istraživača pokazuju da je u oko 74% zemljišta južne Evrope sadržaj organskog ugljenika manji od 2%. Nešto veće količine OC su dobijena u istraživanjima na lokalitetima duž toka reke Save, gde se ta količina kretala u opsegu od 0,78 do 7,89% u oba preseka (Tabele 8 i 10). Količine organskog ugljenika su mogu značajno menjati usled različitih antropogenih aktivnosti (Bielińska and Mocek-Plóćiniak, 2009), a takođe on može imati i velikog uticaja na mobilnost teških metala i metaloida u zemljištu (Bielicka-Gieldoń et al., 2013). Količina azota u zemljištu direktno zavisi od količine organske materije, pa samim tim, ukoliko je sadržaj organske materije visok proporcionalno tome biće visok i sadržaj azota (Saint-Laurent et al., 2014). Količina azota u ispitivanim uzorcima zemljišta ukazuje na dobru obezbeđenost, pri čemu je taj opseg bio od 0,02% do 1,34% (Tabele 8 i 10). Ono što se može primetiti jeste da količina azota opada sa dubinom zemljišta, sa izuzetkom uzoraka sa lokaliteta ČAT iz 2015. godine, gde imamo obrnutu situaciju i gde su najveće količine izmerene u najdubljim slojevima, što može biti posledica spiranja nutrijenata u dublje slojeve usled promene fluktuacije podzemnih voda.

Odnos C/N je vrlo bitan pokazatelj kvaliteta zemljišta i promena u zemljištu, a takođe je jedan od glavnih faktora koji utiču na procese mineralizacije organske materije u zemljištu (Swift et al., 1979). Sadržaj C/N veći od 20 ukazuje na povećanu potrebu za azotom u zemljištu, kao i na usporavanje procesa dekompozicije organske materije (Esmaeilzadeh and Ahangar, 2014). U uzorcima zemljišta iz 2014. godine na lokalitetima gornjeg dela toka utvrđen je visok odnos C/N, verovatno kao posledica nakupljanja organske materije u površinskim slojevima i bioklimatskih uslova (Tabela 10). Idući ka donjem delu toka, primetan je trend sužavanja odnosa C/N što ukazuje na povoljnije uslove za razgradnju organske materije. U uzorcima zemljišta iz 2015. godine možemo uočiti da je odnos C/N vrlo povoljan (<20) na većini ispitivanih lokaliteta (Tabela 8). Međutim izuzetak su lokaliteti RAD, LIT i JAS koji se izdvajaju zbog činjenice da unutar samog profila postoje velika variranja, i dolazi do širenja odnosa C/N sa dubinom. Ovakav odnos C/N može biti posledica fizičkih karakteristika samog riparijalnog zemljišta, kao i čestih poplavnih talasa, usled čega dolazi do spiranja organske materije i nutrijenata i njihove neravnomerne raspoređenosti u profilu.

Sadržaj lakopristupačnog fosfora (P_2O_5) je varirao u zavisnosti od lokaliteta, pri čemu je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu SRM. Zemljišta na lokalitetima gornjeg i delimično srednjeg dela toka (RAD, VRH, LIT, ZAG i JAS) su vrlo slabo obezbeđena fosforom dok su zemljišta na lokalitetima donjeg dela toka kao i na lokalitetu MOJ srednje do dobro obezbeđena (Knežević i Košanin, 2007). Takođe na lokalitetima donjeg dela toka primetan je trend povećanja sadržaja P_2O_5 sa dubinom uglavnom zbog činjenice da su ova zemljišta veoma podložna promenama, lakšeg mehaničkog sastava, te dolazi do ispiranja nutrijenata u dublje slojeve (Tabela 8).

Sadržaj lakopristupačnog kalijuma (K_2O) u zemljištu se kretao u opsegu od 2,81 mg/100g⁻¹ na lokalitetu LIT do 41,50 mg/100g⁻¹ na lokalitetu MOJ. Slično sadržaju fosfora, zemljišta na lokalitetima RAD, VRH, LIT, ZAG i JAS pripadaju klasi slabo snabdevenih lakopristupačnim

kalijumom, dok su zemljišta na ostalim lokalitetima srednje do dobro snabdevena (Knežević i Košanin, 2007) (Tabela 8). Posmatrajući analizirane uzorke kod lakoprisupačnog kalijuma uočava se trend smanjenja sadržaja sa dubinom zemljišta. Do sličnih rezultata, u sadržaju lakopristupačnog fosfora i kalijuma, došli su i Saljnikov et al. (2019) vršeći istraživanja na uzorcima zemljišta iz okoline termoelektrane „Kostolac“.

Sposobnost zemljišta za katjonsku razmenu (CEC) predstavlja jednu od najbitnijih hemijskih karakteristika zemljišta i prvenstveno zavisi od tipa i količine gline u zemljištu, sadržaja organske materije kao i od oksida gvožđa, mangana i aluminijuma (Adriano, 2001; Kabata-Pendias and Pendias, 2001). CEC je važan faktor za kretanje elemenata, a pogotovo za teške metale u zemljištu, utiče na njihovu mobilnost, imobilizaciju kao i na biodostupnost. Tekstura zemljišta je vrlo bitan faktor koji utiče na vrednosti CEC, te zemljišta u kojima preovlađuje procenat gline imaju bolju sposobnost katjonske razmene (Farrah et al., 1980). U uzorcima zemljišta, u oba preseka i u profilima i u zemljištima uzetim po fiksni dubinama, izmerena pH vrednost ukazuje na slabu do umerenu alkalnu reakciju, što ukazuje na veći sadržaj baznih izmenljivih katjona (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} i Na^{+}), pri čemu je najzastupljeniji kalcijum (Tabele 9 i 11). Takođe, u oba preseka, na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka tekstura zemljišta je peskovita što za posledicu ima niske vrednosti CEC, pri čemu je u oba preseka najniža vrednost bila izmerena na lokalitetu LIT gde je tekstura zemljišta dominantno peskovita. Idući ka ušću procentualno učešće gline u sastavu zemljišta se povećava pa srazmerno tome rastu i vrednosti CEC. Međutim najviše vrednosti CEC su izmerene na lokalitetu MOJ što je posledica kako procentualnog učešća gline u sastavu zemljišta tako i visokog sadržaja organske materije (Tabela 9). Stepem zasićenosti bazama (V) je takođe usko povezan sa reakcijom zemljišta stoga ukoliko je reakcija zemljišta alkalna i zasićenost bazama je vrlo visoka. Ovo potvrđuju i rezultati istraživanja gde je stepen zasićenosti bazama visok uz slabu do umerenu alkalnu reakciju zemljišta (Tabele 8, 9, 10 i 11). Ovakva zasićenost bazama je karakteristična za aluvijalna zemljišta.

6.2. Fizičko-hemijske karakteristike sedimenta/nanosa

6.2.1. Fizičke karakteristike sedimenta/nanosa

Među važnijim osobinama sedimenta/nanosa je granulometrijski sastav odnosno tekstura, s obzirom da od same teksture zavise mnogobrojne druge fizičke i hemijske osobine (Chávez-Díaz et al., 2020). Kod mehaničkog sastava sedimenta/ nanosa uočava se slična situacija kao i kod ispitivanih zemljišta. Na svim ispitivanim lokalitetima duž toka reke Save najdominantnija je frakcija peska (Tabele 12 i 13; Slike 9 i 10). Promena u teksturi, od peskovite ka ilovastoj uočljiva je duž toka, idući od izvora ka ušću s obzirom da na donjem delu toka dolazi do usporavanja reke i taloženja sitnih čestica praha i gline. Za riparijalna zemljišta kao i za površinski sediment/nanos vrlo su karakteristične konstante promene, koje su najčešće posledica promene vodnog režima, erozionih procesa, fluktuacije podzemnih voda. Ovakva pojava vrlo je karakteristična za riparijalne zone tj. i za riparijalna zemljišta i sediment/ nanos (Jerolmack and Brzinski, 2010).

Takođe, kao i kod zemljišta veličina frakcije ima veoma bitnu ulogu u vezivanju kako nutrijenata tako i teških metala i metaloida, stoga se sa povećanjem udela frakcije gline duž toka povećava i sadržaj teških metala u sedimentu/nanosu (Evans, 2006).

Sadržaj vlage može uticati na mobilnost, akumulaciju i ekstrakciju raznih organskih i neorganskih jedinjenja zemljišta (Lvova and Nadporozhskaya, 2017). U površinskim slojevima sedimenta/nanosa uočava se da je sadržaj vlage nizak na lokalitetima gornjeg dela toka s obzirom na visok udeo frakcije peska dok se na lokalitetima donjeg dela toka sadržaj vlage povećava proporcionalno povećanju sadržaja frakcije praha i gline. Sličan trend se javlja i kod površinskih slojeva zemljišta (Tabele 12 i 13; Slike 9 i 10).

6.2.2. Hemijske karakteristike sedimenta/nanosa

Reakcija ispitivanog sedimenta/nanosa (pH) utiče na procese rastvaranja i taloženja, na redoks potencijal a što je najvažnije predstavlja limitirajući faktor u smislu biodostupnosti i mobilnosti kako onih esencijalnih tako i teških metala i drugih potencijalno opasnih mikroelemenata (Adriano, 2001). U rasponu od neutralnih do niskih pH vrednosti većina elemenata postaje mobilna (Kabata-Pendias, 2011), sa izuzetkom nekih elemenata kao što su As, Mo i Cr kod koji se povećava mobilnost u alkalnim uslovima (Caporale and Violante, 2016). Reakcija ispitivanog sedimenta/nanosa u vodenom rastvoru, na ispitivanim lokalitetima, se kretala u opsegu od slabo do umereno alkalne dok je reakcija u KCl bila u opsegu od neutralno do slabo alkalne (Tabele 16 i 16). Rezultati ovih istraživanja pokazuju da je reakcija ispitivanog sedimenta/nanosa slična rezultatima koji su dobili i drugi istraživači proučavajući hemizam površinskih sedimenata (Liu et al., 2018a; Liu et al., 2020; Chavez-Diaz et al., 2020).

Što se tiče izmerene elektroprovodljivosti (EC) u sedimentu/nanosu na ispitivanim lokalitetima, u oba preseka vrednosti su bile nešto veće od onih izmerenih u zemljištima (Tabele 14 i 16). Stoga se prema US Soil Survey (2007) proučavani sediment/nanos svrstava u kategoriju nezaslanjenih. Slične rezultate dobili su i drugi istraživači čiji su predmeti istraživanja bili površinski sedimenti (Chavez-Diaz et al., 2020; Liu et al., 2020).

Količina CaCO_3 u ispitivanim uzorcima sedimenta/nanosa donekle varira, ali se uočava trend smanjenja sadržaja karbonata u sedimentu/nanosu na donjem delu toka (Tabele 14 i 16). Ovakvi rezultati ukazuju da u najvećoj meri količina kalcijum karbonata zavisi od matičnog supstrata što je u slučaju reke Save krečnjak (Simić et al., 2015). Smanjenje učešća krečnjaka kao dominantne geološke podloge u donjem delu toka odražava se i na količinu CaCO_3 .

Sadržaj organske materije u sedimentu/nanosu na ispitivanim lokalitetima u toku 2014. i 2015. godine bio je nešto veći nego sadržaj u zemljištu (Tabele 14 i 16). Veći sadržaj organske materije se povezuje sa pojačanom dekompozicijom biljnih i životinjskih ostataka, pri čemu tome doprinosi i usporavanje toka s obzirom da na taj način lakše dolazi do taloženja (Liu et al., 2020). Takođe sadržaj organske materije u sedimentu/nanosu igra bitnu ulogu u mobilnosti i dostupnosti teških metala i metaloida (Hu et al., 2013). Sadržaj organske materije u ispitivanim uzorcima se kretao u opsegu od 1,54% do 10,28%, pri čemu su najveći sadržaji izmereni na lokalitetima srednjeg i donjeg dela toka reke (Tabele 14 i 16). Veći sadržaj u sedimentu/nanosu nego u zemljištu možemo povezati sa efektom spiranja usled erozionih procesa, pogotovo u gornjem delu toka usled manje erodibilnosti zemljišta (Dvořák and Novák, 1994) (Slika 11). Sadržaj organskog ugljenika u uzorcima ispitivanog sedimenta/nanosa je veoma varirao u zavisnosti od lokaliteta, ali je primetan trend smanjenja sadržaja idući od izvora ka ušću. Sadržaj organskog ugljenika na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka je dosta visok (Tabele 14 i 16) kao posledica nakupljanja organske materije usled erozionih procesa u gornjem delu sliva, dok se na lokalitetima donjeg dela toka smanjuju usled promene morfologije rečnog toka kao i samog usporavanja vodotoka (Bartram and Balance, 1996). Rezultati ovih istraživanja pokazuju da su dobijene značajno više vrednosti u odnosu na vrednosti izmerene u uzorcima površinskih sedimenata iz reke Jangce (Kina), gde se sadržaj organskog ugljenika kretao u proseku od 0,19 do 0,61 % (Liu et al., 2018a). Sadržaj azota u oba preseka je bio nešto niži, pri čemu je u proseku sadržaj azota u uzorcima bio 0,13% (Tabele 14 i 16), međutim bio je proporcionalan sadržaju organske materije. Odnos C/N na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka je uglavnom bio visok ukazujući na slabiju razgradnju organske materije (Brady and Weil, 2016), dok je na lokalitetima donjeg dela toka, u oba preseka, bio povoljan uglavnom se krećući ispod 20 (Tabele 14 i 16).

Posmatrajući uzorke sedimenta/nanosa iz oba preseka uviđamo da je situacija vrlo slična kao i sa zemljištem, i da su generalno vrednosti CEC dosta niže u odnosu na vrednosti zabeležene u uzorcima sedimenta iz reke Jangce (Kina) (Liu et al., 2018a). Niske vrednosti CEC su posledica

peskovite teksture proučavanog sedimenta/nanosa, pri čemu su najniže vrednosti izmerene na lokalitetima LIT, ČAT i ZAG (Farrah et al., 1980) (Tabele 15 i 17). Međutim, sličan trend kao i kod zemljišta, uviđamo kod sedimenta/nanosa a to je da se vrednosti CEC povećavaju idući ka ušću. Povećanju vrednosti CEC na nizvodnim lokalitetima doprinosi povećanje procentualnog učešća gline kao i nakupljanje organske materije. Step en zasićenosti bazama (V) je, kao i kod zemljišta, veoma visok i kretao se u opsegu od 77,97% do 99,92% (Tabele 15 i 17).

6.3. Teški metali i metaloidi u zemljištu

Zbog svog vrlo karakterističnog položaja, između akvatične i terestrične zone, riparijalne zone su vrlo osetljive na morfološke i hidrološke promene toka, na klimatske promene kao i na različite antropogene pritiske (Négre et al., 2014; Navarro-Ortega et al., 2015; Pavlović et al., 2016; Ye et al., 2020). Teški metali i metaloidi dospevaju u riparijalnu zonu na više načina, kao proizvod raspadanja matičnog supstrata, zbog različitih antropogenih aktivnosti ali i kao posledica poplava, te se u zemljištu i sedimentu javljaju kao polutanti (Xie et al., 2014; Milačić et al., 2017). Razvojem industrije i globalizacije tokom XIX i XX veka došlo je i do porasta sadržaja teških metala i drugih potencijalno toksičnih elemenata prvenstveno u rekama, što se dalje odražavalo na rečne sedimente i zemljište (Rinklebe et al., 2007; Schulz-Zunkel et al., 2013). Određivanje njihovog sadržaja u zemljištu, sedimentu i vodi je od velike važnosti, kako bi se dobila jasnija slika o stepenu ekološkog zagađenja riparijalne zone, zatim kako bi se detaljnije proučili načini kretanja i vezivanja teških metala, kao i njihova mobilnost i potencijalna biodostupnost (Pavlović et al., 2016, 2019; Pavlović et al., 2018; Čakmak et al., 2018; Marković et al., 2018; Halamić et al., 2003; Šajn and Gosar, 2014; Milačić et al., 2010, 2017; Vidmar et al., 2017; Ciesilczuk et al., 2014).

Za merenje i analizu efekata teških metala na životnu sredinu razvijen je veliki broj geohemijskih metoda i indeksa, koji se uglavnom baziraju na utvrđivanju povećanog sadržaja nekog elementa u odnosu na prirodni fon, kao i potencijalni ekološki rizik po životnu sredinu (Sakan and Đorđević, 2010; Sakan et al., 2015). U cilju smanjenja zagađenja reke i poboljšanja njenog ekološkog statusa, važno je u potpunosti razumeti karakteristike i način zagađivanja vode, zemljišta i sedimenta teških metala, i odrediti potencijalne izvore zagađenja (Chen et al., 2016; Saint-Laurent et al., 2010; Pavlović et al., 2016, 2019; Čakmak et al., 2018; Marković et al., 2018). Postoji veliki broj multivarijantnih statističkih analiza kojima se može utvrditi poreklo teških metala i metaloida u zemljištu i sedimentu, što takođe doprinosi stvaranju jasnije slike stanja riparijalne zone kao i potencijalne ugroženosti (Cui et al., 2014; García-Ordiales et al., 2016; Liao et al., 2017; Zhuang et al., 2018; Čakmak et al., 2018).

6.3.1. Ukupan sadržaj i frakcije teških metala i metaloida u zemljištu riparijalne zone reke Save

U okviru ove disertacije ispitan je sadržaj 18 potencijalno toksičnih elemenata u površinskim slojevima riparijalnog zemljišta i sedimenta/nanosa, međutim fokus diskusije je na 7 teških metala i metaloida i to As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn. Ovi elementi su odabrani za detaljniju diskusiju zbog toga što predstavljaju najveću opasnost po akvatičnu i riparijalnu zajednicu prema preporukama Evropske komisije i Međunarodne komisije za zaštitu Dunava (ICPDR, 2002; EU Directive 2000/60/EC).

Ukupan sadržaj, rastvorljivost i dostupnost ispitivanih elemenata (Ag, Al, Ba, Co, Fe, Li, Mn, Mo, Se, Sr i Tl) u velikoj meri zavise od sastava matičnog supstrata, teksture zemljišta kao i od sadržaja organske materije i pH.

Sadržaj **srebra (Ag)** u uzorcima zemljišta, u oba preseka ima trend povećanja duž toka. Prosečan sadržaj za svetska zemljišta iznosi $0,13 \text{ mg kg}^{-1}$ (Kabata-Pendias, 2011). Na većini lokaliteta u toku perioda visokog vodostaja sadržaj Ag je bio viši u odnosu na svetska zemljišta (Tabela 18), dok je u periodu niskog vodostaja na svim lokalitetima duž toka bio ispod svetskog proseka (Tabela 20). Takođe može se uočiti da je tokom visokog vodostaja sadržaj Ag bio višestruko viši u odnosu na period niskog vodostaja. Sadržaj **aluminijuma (Al)** u uzorcima zemljišta, u oba preseka ima izražen trend povećanja od lokaliteta SLB do ušća reke Save. Aluminijum je jedan od najzastupljenijih elemenata Zemljine kore i njegov prosečan sadržaj u zemljištu je oko 7% odnosno oko 70000 mg kg^{-1} (Kabata-Pendias and Mukherjee 2007). Sadržaj Al u uzorcima zemljišta, u oba preseka, ni na jednom istraživanom lokalitetu nije bio viši u odnosu na prosečan sadržaj za svetska zemljišta (Tabele 18 i 20). Sadržaj Al u uzorcima zemljišta uzorkovanog u periodu niskog vodostaja bio je viši u odnosu na sadržaj izmeren tokom perioda visokog vodostaja. Sadržaj **barijuma (Ba)** u ispitivanim uzorcima zemljišta u oba preseka se povećava na lokalitetima donjeg dela toka. Sadržaj Ba u zemljištima veoma varira i prvenstveno zavisi od matične podloge te ima vrlo širok opseg ($362 - 580 \text{ mg kg}^{-1}$, Kabata-Pendias, 2011). Sadržaj barijuma u ispitivanim zemljištima i u periodu visokog i u periodu niskog vodostaja bio je niži od prosečnog sadržaja za svetska zemljišta. Takođe uočava se i da je sadržaj Ba u zemljištima uzorkovanim u toku visokog vodostaja bio i do nekoliko puta viši u odnosu na sadržaj izmeren u toku perioda niskog vodostaja (Tabele 18 i 20). Sadržaj **kobalta (Co)** u ispitivanim uzorcima zemljišta ima rastući trend na lokalitetima na donjem delu toka reke Save. Prosečan sadržaj kobalta u svetskim zemljištima je 10 mg kg^{-1} (Kabata-Pendias, 2011) i uglavnom zavisi od matičnog supstrata. Na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka sadržaj Co u ispitivanim uzorcima, u oba preseka, je bio ispod prosečnog sadržaja za svetska zemljišta dok je na lokalitetima donjeg dela toka bio dosta viši u odnosu na svetski prosek (Tabele 18 i 20). U periodu visokog vodostaja sadržaj Co je bio niži u odnosu na sadržaj u uzorcima zemljišta uzorkovanog u periodu niskog vodostaja. Sadržaj **gvožđa (Fe)** u uzorcima zemljišta u oba preseka u gornjem i srednjem delu toka ima vrlo ujednačen trend dok u donjem delu toka dolazi do povećanja. Slično aluminijumu i Fe je jedan od najzastupljenijih elemenata u prirodi i njegov prosečan sadržaj iznosi oko 3,5% odnosno oko 30000 mg kg^{-1} (Kabata-Pendias and Mukherjee 2007). Sadržaj gvožđa u uzorcima zemljišta, u oba preseka, bio je viši u odnosu na prosečan sadržaj za svetska zemljišta samo na lokalitetima donjeg dela toka (Tabele 18 i 20). Nije bilo velikih razlika u sadržaju Fe posmatrajući period visokog i niskog vodostaja. Sadržaj **litijuma (Li)** u oba preseka (u periodu visokog i niskog vodostaja) ima vrlo ujednačen rastući trend duž toka. Litijum u zemljište dospeva kao rezultat raspadanja matičnog supstrata i prosečan sadržaj se kreće u opsegu od 13 do 28 mg kg^{-1} (Kabata-Pendias, 2011). U uzorcima zemljišta uzorkovanog tokom visokog vodostaja sadržaj Li bio je viši u odnosu na prosečan sadržaj za svetska zemljišta samo na lokalitetima donjeg dela toka (Tabela 17) dok je u uzorcima zemljišta uzorkovanog tokom niskog vodostaja sadržaj Li bio viši na skoro svim lokalitetima duž toka reke Save (Tabela 20). Takođe, sadržaj Li bio je viši u periodu niskog vodostaja u odnosu na sadržaj Li koji je izmeren u periodu visokog vodostaja. Sadržaj **mangana (Mn)** u uzorcima zemljišta u oba preseka ima rastući trend na lokalitetima donjeg dela toka. Mangan je pored Al i Fe jedan od najzastupljenijih elemenata u litosferi i njegov prosečan sadržaj u svetskim zemljištima kreće se u opsegu od od $411 - 550 \text{ mg kg}^{-1}$ (Kabata-Pendias and Mukherjee 2007). Na lokalitetima donjeg dela toka sadržaj Mn u uzorcima zemljišta, u oba preseka, bio je viši od prosečnog sadržaja za svetska zemljišta (Tabele 18 i 20). Takođe uočava se da je sadržaj Mn u zemljištu u periodu visokog vodostaja (2014. god.) bio viši u odnosu na period niskog vodostaja (2015. god.). Prosečan sadržaj **molibdena (Mo)** u svetskim zemljištima kreće se u opsegu od $0,9$ do $1,8 \text{ mg kg}^{-1}$ (Kabata-Pendias, 2011). Molibden je bio ispod granice detekcije na skoro svim lokalitetima u oba preseka. Izmeren je samo na lokalitetu ČAT u periodu visokog vodostaja i na lokalitetima MOJ i RAD u periodu niskog vodostaja. U oba preseka sadržaj Mo je bio ispod prosečne vrednosti za svetska zemljišta (Tabele 18 i 20). **Selen (Se)** je bio detektovan samo na lokalitetima donjeg dela toka u periodu visokog vodostaja dok je u toku niskog vodostaja Se bio ispod granice detekcije na svim lokalitetima (Tabele 18 i 20). Prosečan sadržaj za svetska zemljišta se kreće u opsegu od $0,10$ do $2,00 \text{ mg kg}^{-1}$ (Adriano, 2001) i u uzorcima

na kojim je detektovan bio je ispod tog opsega. Sadržaj **stroncijuma (Sr)** u zemljištu u periodu visokog vodostaja ima vrlo neujednačen trend duž toka dok u periodu niskog vodostaja ima izražen opadajući trend duž toka. Prosečan sadržaj Sr u zemljištima peskovito-ilovastog sastava kreće se u opsegu od 87 do 210 mg kg⁻¹ (Kabata Pendias and Pendias, 2001). Sadržaj Sr u zemljištu, u oba preseka, bio je ispod prosečnog sadržaja za svetska zemljišta na svim istraživanim lokalitetima. Sadržaj **talijuma (Ti)** u zemljištu uzorkovanom u periodu visokog vodostaja ima opadajući trend na lokalitetima donjeg dela toka dok sadržaj Ti u zemljištima u periodu niskog vodostaja ima rastući trend na lokalitetima donjeg dela toka. Prosečan sadržaj Ti u svetskim zemljištima iznosi 0,5 mg kg⁻¹ (Kabata-Pendias, 2001). Skoro na svim lokalitetima duž toka sadržaj Ti u ispitivanim uzorcima zemljišta je bio viši u odnosu na prosek za svetska zemljišta (Tabele 18 i 20). Sadržaj Ti u periodu visokog vodostaja bio je viši u proseku u odnosu na sadržaj Ti u periodu niskog vodostaja.

Arsen (As) predstavlja jedan od najzastupljenijih elemenata koji je poznat po svojoj toksičnosti na živi svet. Arsen se u prirodi najčešće javlja u petovalentnom i trovalentnom obliku pri čemu je trovalentni oblik mnogo toksičniji (Kabata-Pendias, 2011). Matična podloga predstavlja osnovni izvor As u zemljištu, stoga koncentracije u nekontaminiranim prirodnim zemljištima često ne prelaze 10 mg kg⁻¹ (Adriano, 2001). Prosečna koncentracija As u svetskim zemljištima kreće se u opsegu od 5 do 7,5 mg kg⁻¹ (Alloway, 2013), pri čemu različite antropogene aktivnosti mogu dovesti do povećanja sadržaja čak i do nekoliko puta. Rastvorljivost i dostupnost arsena u zemljištu najviše zavisi od različitih fizičko-hemijskih karakteristika kao što su tekstura zemljišta i veličina zemljišnih čestica, sadržaj organske materije, pH kao i oksido-redukциони procesi (Alloway, 2013).

Sadržaj As u uzorcima zemljišta iz 2014. godine kretao se u širokom opsegu u zavisnosti od lokaliteta (Tabela 18). Na lokalitetima gornjeg dela toka kroz Sloveniju (BOH, RAD i LIT) sadržaj As bio je ispod prosečnih vrednosti za svetska zemljišta i ispod prosečnih vrednosti za zemljišta Slovenije (Šajn, 2003). Na srednjem delu toka kroz Hrvatsku na lokalitetima ZAG, JAS i SLB sadržaj As se kretao u okviru prosečnih vrednosti za svetska zemljišta ali dosta ispod proseka za zemljišta Hrvatske tj. za region Posavine (9,9 mg kg⁻¹, Halamić et al., 2012) (Tabela 18), dok je na lokalitetima donjeg dela toka, kroz Srbiju, sadržaj As bio iznad proseka za svetska zemljišta ali ispod granične vrednosti propisane Uredbom Republike Srbije o zagađujućim materijama u zemljištu (29 mg kg⁻¹, SG RS 30/2018). Sadržaj As izmeren u uzorcima zemljišta gornjeg i srednjeg toka bio je ispod utvrđene background vrednosti za riparijalna zemljišta reke Save, dok je na lokalitetima ŽUP, SRM i BEO bio iznad utvrđenog backgrounda (11,53 mg kg⁻¹; Marković et al., 2018). Niže koncentracije As u zemljištu često se javljaju u rastresitim zemljištima peskovite teksture (Kabata-Pendias and Pendias, 2001), na šta ukazuju i podaci ovog istraživanja, s obzirom na dominantno peskovitu teksturu i nizak sadržaj As u gornjim delovima toka (Tabela 7). S druge strane, na povećanje sadržaja u donjim delovima toka najviše utiče transport i taloženje sitnih čestica gline za koje se As najviše vezuje (Lim et al., 2012).

Sadržaj As u uzorcima zemljišta iz 2015. godine se takođe kretao u vrlo širokom opsegu na čitavom toku reke Save, i pratio je sličnu geografsku distribuciju kao i sadržaj As iz uzoraka 2014. godine (Tabela 20). Na lokalitetima RAD, LIT i JAS sadržaj je bio ispod prosečnih vrednosti za svetska zemljišta (<5 mg kg⁻¹; Alloway, 2013) dok je na ostalim lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka bio u okviru tih vrednosti. Na lokalitetima MOJ, ŽUP, SRM, ŠAB i BEO sadržaj je bio iznad prosečnih svetskih vrednosti, što je rezultat povećanog sadržaja organske materije i afiniteta As da se za istu vezuje (Tabela 8) (Kabata-Pendias and Pendias, 2001). U ispitivanom zemljištu, na lokalitetima u delu toka kroz Sloveniju, sadržaj As je ispod prosečnih vrednosti za zemljišta Slovenije (Šajn, 2003), kao i na lokalitetima na delu toka kroz Hrvatsku gde je sadržaj As takođe bio ispod prosečnih vrednosti za zemljišta Hrvatske (Halamić et al., 2012). Na lokalitetima donjeg dela toka, kroz Srbiju, sadržaj As bio je ispod graničnih vrednosti propisanih Uredbom RS o zagađujućim materijama u zemljištu (SG RS 30/2018). Kao i kod uzoraka iz 2014. godine, i u ovim

uzorcima zemljišta primetno je da sadržaj As na lokalitetima donjeg dela toka prevazilazi utvrđene background vrednosti za riparijalnu zonu reke Save (11,53 mg kg⁻¹; Marković et al., 2018) (Tabela 56). Na osnovu dostupne baze podataka o sadržaju teških metala u priobalnom zemljištu reke Save može se uočiti da se sadržaj As kretao u opsegu od 0,5 do 92 mg kg⁻¹, pri čemu sadržaj As u ispitivanim uzorcima ni na jednom lokalitetu nije prevazilazio gornju vrednost opsega (Tabele 17 i 19). Na osnovu dostupne baze podataka najviši sadržaj As izmeren je u Posavini na teritoriji Republike Hrvatske, dok je u istraživanjima u okviru ove disertacije najviši sadržaj izmeren na lokalitetima donjeg dela toka, na teritoriji Republike Srbije.

U pređašnjim ispitivanjima riparijalnog zemljišta reke Save od strane Halamić et al. (2003) sadržaj As kretao se u opsegu od 5 do 18 mg kg⁻¹, što je vrlo slično sadržaju As dobijenom istraživanjima u okviru ove disertacije (Tabele 18 i 20). Što se tiče novijih istraživanja sprovedenih u riparijalnoj zoni reke Save (Mataruga et al., 2020; Pavlović et al. 2019) prosečan sadržaj As u površinskim slojevima zemljišta takođe je bio sličan prosečnim sadržajima u zemljištu u oba preseka (2014. i 2015. godine). Takođe, sprovedena su i slična istraživanja u riparijalnoj zoni reke Kolubare i Velike Morave. U poređenju sa sadržajem As dobijenim istraživanjima u okviru ove disertacije, u oba preseka (Tabele 18 i 20), sadržaj As u zemljištima riparijalne zone reke Kolubare (1,5 – 10 mg kg⁻¹, Čakmak et al., 2018) i Velike Morave (13,2 mg kg⁻¹, Jakovljević et al., 1997) bio je vrlo sličan. Ukoliko poredimo sadržaj As u riparijalnim zemljištima drugih evropskih reka sličnog ekološkog statusa i stepena zagađenja sa sadržajem As u ispitivanim zemljištima riparijalne zone reke Save, primetićemo da postoji određena varijabilnost. U ispitivanjima sprovedenim u riparijalnoj zoni duž toka reke Dunav prosečan sadržaj arsena bio je u određenoj meri niži u odnosu na ispitivanja u okviru ove disertacije (2,78 mg kg⁻¹, Pavlović et al., 2016), dok se s druge strane sadržaj As u aluvijalnim zemljištima reke Elbe kretao u vrlo sličnom opsegu (3,9-18,3 mg kg⁻¹, Schulz-Zunkel et al., 2013).

Da bi se dobila potpunija slika o sadržaju i ponašanju As u zemljištu urađena je sekvencijalna ekstrakcija (BCR). Sekvencijalna ekstrakcija služi da se utvrdi na koji način i kako se As vezao, kako to utiče na celokupnu životnu sredinu, i da li predstavlja opasnost po nju. Frakcioni profil As iz 2014. godine je veoma varijabilan ukazujući da je poplavni talas imao veliki uticaj na hemijske procese u zemljištu i na taj način uticao na mobilnost i rastvorljivost arsena (Grafik 3). Na frakcionom profilu uočavamo da su se najveće količine As ekstrahovale u trećoj i drugoj fazi, i to najviše u uzorcima zemljišta sa lokaliteta gornjeg i srednjeg dela toka, ukazujući na njegov afinitet ka vezivanju za okside Fe i organsku materiju (Adriano, 2001). Povećanje učešća rezidualne faze u frakcionom profilu na lokalitetima donjeg dela toka može se tumačiti kao posledica spiranja finih čestica usled poplavnog talasa i vezivanja As u kristalnoj rešetci (Lombi et al., 2002) (Grafik 3).

S druge strane frakcioni profil As iz 2015. godine se veoma razlikuje od frakcionog profila iz 2014. godine. Na frakcionom profilu uviđamo da je skoro sav As ekstrahovan u rezidualnoj frakciji, dok su zanemarljivo male količine ekstrahovane u prve tri faze (Grafik 21). Bez obzira na generalno visoke sadržaje As u ispitivanim uzorcima, on je čvrsto vezan u kristalnoj rešetci i skoro nedostupan, što je moguće posledica promena u oksido-redukcionim uslovima, kao i smenama niskog i visokog vodostaja (Alloway, 2013).

Međutim, za procenu rizika po životnu sredinu od nekog elementa najveću ulogu ima prva, odnosno izmenljiva frakcija, s obzirom da su elementi u ovoj frakciji slabo vezani i u velikoj meri dostupni biljkama za usvajanje. U prvom preseku, 2014. godine, sadržaj As u izmenljivoj fazi bio je ispod limita detekcije, dok je u drugom preseku, 2015. godine, sadržaj ekstrahovanog As bio zanemarljivo mali, što nam ukazuje da su za biodostupnost i mobilnost As limitirajući faktori pH, sadržaj gline i organske materije (Mrvić et al., 2009).

Kadmijum (Cd) predstavlja element koji se u prirodi može pronaći u svim tipovima zemljišta. U zemljištu se najčešće javlja u dvovalentnom obliku kao Cd²⁺. Kadmijum se u zemljištu retko nalazi

u čistom obliku, češće se javlja kao pratilac cinka, bakra i olova. Njegov sadržaj u zemljištu u najvećoj meri zavisi od matične podloge na kojoj se određeno zemljište formira, ali i od antropogenih aktivnosti koje mogu povećati sadržaj Cd u zemljištu i do nekoliko puta (Lepp, 1981). Usled antropogenih aktivnosti dolazi do nakupljanja kadmijuma u površinskim slojevima zemljišta, što predstavlja rizik po životnu sredinu, s obzirom da je on označen kao jedan od najekotoksičnijih elemenata u prirodi (Kabata-Pendias and Pendias, 2001).

Prosečan sadržaj kadmijuma u zemljinoj kori je oko $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ (Kabata-Pendias et al., 2011) dok je prosečan sadržaj u zemljištima u opsegu od $0,1$ do 1 mg kg^{-1} (Alloway, 2013). Međutim, u aluvijalnim zemljištima mešovito-porekla i raznovrsne matične podloge, prosečan sadržaj Cd može biti i do $1,5 \text{ mg kg}^{-1}$ (Adriano, 2001). Najbitniji faktori koji utiču na mobilnost Cd u zemljištu su kiselost zemljišnog rastvora (pH), oksidacioni potencijal, sadržaj organske materije i tekstura zemljišta. Reakcija zemljišta (pH) je najdominantniji faktor koji utiče na mobilnost i vezivanje kadmijuma u zemljištu (Kabata-Pendias and Pendias, 2001), pri čemu je u rasponu od 4,5 do 5,5 najmobilniji. Sa povećanjem pH vrednosti Cd se vezuje za organsku materiju, a pri vrednostima pH većim od 7,5 vezuje se za okside Al i Fe gde je i najstabilniji (Kabata-Pendias, 2011). To je potvrđeno i rezultatima ovih istraživanja gde se na osnovu vrednosti pH zemljišta kao i sekvencijalne ekstrakcije može utvrditi da je Cd slabo mobilan i stabilan u uslovima slabo do umerene alkalne reakcije (Tabela 8 i 10).

Sadržaj Cd u uzorcima zemljišta iz 2014. godine na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka reke Save, bio je ispod nivoa detekcije (Tabela 18). Cd je izmeren na lokalitetima ŽUP, SRM i BEO gde je bio u okviru prosečnih vrednosti za svetska zemljišta (Alloway, 2013). Na svim lokalitetima, gde je izmeren, Cd je bio ispod background vrednosti za zemljišta Evrope ($1-3 \text{ mg kg}^{-1}$, Gawlik and Bidoglio, 2006), kao i ispod utvrđene background vrednosti za riparijalna zemljišta reke Save ($0,68 \text{ mg kg}^{-1}$; Marković et al., 2018) (Tabela 56).

Sadržaj Cd u uzorcima zemljišta iz 2015. godine prati sličan trend u distribuciji kao i 2014. godine, što znači da na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka reke Save nije bio detektovan (Tabela 20). S druge strane, na lokalitetima donjeg dela toka, tj. na lokalitetima SRM, ŠAB i BEO, izmeren sadržaj Cd se kretao u opsegu od $0,07$ do $0,85 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 20). Izmereni sadržaj Cd bio je u okviru prosečnih vrednosti za svetska zemljišta ali ispod background vrednosti određenih za evropska zemljišta. Sadržaj Cd u ispitivanim zemljištima bio je ispod background vrednosti za riparijalna zemljišta reke Save, na svim lokalitetima sa izuzetkom lokaliteta BEO gde je sadržaj Cd bio viši.

U odnosu na dozvoljene sadržaje Cd propisane lokalnim uredbama i background vrednosti, sadržaj Cd u ispitivanim uzorcima iz 2014. godine na lokalitetu ŽUP bio je viši od prosečne vrednosti za zemljišta Hrvatske ($0,35 \text{ mg kg}^{-1}$, Halamić et al., 2012). S druge strane, u ispitivanim uzorcima iz 2015. godine sadržaj Cd na lokalitetu BEO bio je viši od maksimalne granične vrednosti propisane Uredbom RS o zagađujućim materijama u zemljištu ($0,8 \text{ mg kg}^{-1}$, SG RS 30/2018). Na osnovu dostupne baze podataka o sadržaju teških metala u priobalnom zemljištu reke Save može se uočiti da se Cd kretao u opsegu od $0,1$ do 11 mg kg^{-1} , pri čemu sadržaj Cd u ispitivanim uzorcima u okviru ovog istraživanja ni na jednom lokalitetu nije prevazilazio gornju vrednost opsega (Tabele 18 i 20). Na osnovu dostupne baze podataka najviši sadržaj Cd je takođe izmeren u Posavini na teritoriji Republike Hrvatske, dok je u istraživanjima u okviru ove disertacije najviši sadržaj izmeren na lokalitetima donjeg dela toka, na teritoriji Republike Srbije.

Pređašnjim istraživanjima aluvijuma reke Save utvrđen je sadržaj Cd koji se kretao u opsegu od $0,2$ do $0,8 \text{ mg kg}^{-1}$ (Halamić et al., 2003), što je slično sadržaju dobijenom u oba preseka u istraživanjima u okviru ove disertacije. Takođe, istraživanja sprovedena na aluvijalnim zemljištima regionalnih reka pokazala su da je sadržaj Cd bio u sličnom opsegu kao i sadržaj Cd dobijen u okviru ovog istraživanja. Sadržaj Cd u aluvijumu reke Drave kretao se u opsegu od $0,10$ do $0,70 \text{ mg}$

kg⁻¹ sa prosečnim sadržajem od 0,38 mg kg⁻¹ (Šajn et al., 2011), dok je prosečan sadržaj kadmijuma u aluvijalnim zemljištima Kolubare (Čakmak et al., 2018) i Velike Morave (Jakovljević et al., 1997) bio 0,2 mg kg⁻¹. Naime, slične vrednosti Cd u zemljištima riparijalne zone reke Kolubare sa istraživanjima sprovedenim u okviru ove disertacije, mogu biti rezultat promena u oksido-redukcionim uslovima zbog poplava kao i zbog dominantnih izvora zagađenja. Vrlo opsežna studija sprovedena je u riparijalnoj zoni reke Dunav, gde je prosečan sadržaj kadmijuma bio 1,0 mg kg⁻¹ (Pavlović et al., 2016).

Na frakcionom profilu iz 2014. godine možemo videti da se najveći deo Cd nalazi u rezidualnoj frakciji, čvrsto vezan za kristalnu rešetku (Grafik 5). Ovakvo vezivanje Cd, s jedne strane ukazuje na njegovo delimično geološko poreklo u zemljištu (Chlopecka et al., 1996), a i na činjenicu da je on vrlo slabo mobilan u uslovima gde je pH veća od 7,5 (Kabata-Pendias and Pendias, 2001), kao što je slučaj sa ispitivanim zemljištima. Naime, na lokalitetima gde su u zemljištu izmerene vrednosti pH bile više od 7 kadmijum je u frakcionom profilu bio čvrsto vezan za organsku materiju (Grafik 5). Na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka udeo Cd u prvoj i trećoj, tj. izmenljivoj i oksidabilnoj fazi, je u proseku oko 15%, što se može javiti kao posledica veće rastvorljivosti kadmijuma u prisustvu karbonata, ali i poplavnog talasa (Mitchell et al., 2016). Na frakcionom profilu je uočljivo da se udeo reducibilne frakcije povećava idući ka ušću reke Save, takođe kao posledica poplavnog talasa i promena u redukcionim uslovima, ali i afiniteta kadmijuma za vezivanje sa amorfnim oblicima oksida Fe i Mn (Shaheen and Rinklebe, 2014) (Grafik 5).

Frakcioni profil kadmijuma iz 2015. godine pokazuje dosta sličnosti sa frakcionim profilom iz 2014. godine (Grafici 5 i 23). Naime, na lokalitetima srednjeg i donjeg dela toka uočavamo da je sadržaj Cd raspoređen u izmenljivoj, reducibilnoj i rezidualnoj fazi govoreći o mešovitom poreklu Cd što od matične podloge što usled antropogenih aktivnosti (Grafik 23). Takođe pojačana rastvorljivost kadmijuma u gornjem delu toka objašnjava se vrlo slično kao i za frakcioni profil iz 2014. godine, a to je da se rastvorljivost kadmijuma povećava u prisustvu karbonata (Mitchell et al., 2016). U donjem delu toka rastvorljivost kadmijuma je dosta manja kao rezultat povećanja pH i smanjenja njegove rastvorljivosti (Tabela 8) (Kabata-Pendias, 2011).

Hrom (Cr) predstavlja element koji je prisutan u svim tipovima matične podloge, i njegova količina može varirati od toga da se nalazi samo u tragovima do izuzetno visokih koncentracija (Alloway, 2013). U prirodi, a samim tim i u zemljištu, hrom se najčešće javlja u dva oksidaciona stanja kao trovalentni Cr(III) i kao šestovalentni Cr(VI). Ove dve forme hroma se razlikuju po mobilnosti, dostupnosti, kao i po ekotoksičnim efektima koje imaju na životnu sredinu. Karakteristika trovalentnog hroma jeste da je u kiseloj sredini vrlo mobilan, ali da se već pri pH 5,5 u potpunosti istaloži (Ghariani et al., 2010). Sa povećanjem pH vrednosti trovalentni hrom postaje sve stabilniji. S druge strane, šestovalentni hrom je izrazito toksičan za žive organizme i vrlo mobilan i u alkalnoj i u kiseloj sredini (Kabata-Pendias, 2011; Shahid et al., 2017).

Sadržaj Cr u zemljištu direktno zavisi od matične podloge na kojoj se zemljište formira, mada je negde opšteprihvaćen prosečan sadržaj u zemljištu 54 mg kg⁻¹ (Adriano, 2001). I pored toga što je najčešći izvor hroma u zemljištu matična podloga, povećani sadržaji mogu biti posledica atmosferske depozicije ili antropogenih aktivnosti, kao što su različiti hemijski i metalurški procesi, izlivanje otpadnih industrijskih i komunalnih voda, kao i izlivanje kanalizacionih muljeva (Peterson et al., 1981; Adriano, 2001; Shanker et al., 2005).

Ponašanje hroma u zemljištu prvenstveno je uslovljeno pH, zatim redoks potencijalom i oksidacionim stanjem, kao i teksturom zemljišta, zemljišnim mineralima (Adriano, 2001). U neutralnim i slabo alkalnim zemljištima Cr je vrlo malo mobilan, a samim tim i slabo dostupan (Kabata-Pendias, 2011). Ovo potvrđuju i rezultati istraživanja s obzirom da se na svim lokalitetima, u oba preseka, pH istraživanog zemljišta kretao u opsegu od neutralnog do umereno alkalnog (Tabele 8 i 10) dok je na frakcionom profilu na svim lokalitetima bio ispod limita detekcije u

izmenljivoj fazi sekvencijalne ekstrakcije (Grafici 7 i 26). Poslednjih decenija sadržaj hroma u zemljištu, ali i sedimentu/nanosu, povećao se i do nekoliko puta kao posledica intenzivne industrijalizacije i urbanizacije (Alloway, 2013). S obzirom na afinitet hroma da se vezuje za fine čestice zemljišta, njegov sadržaj je uglavnom viši u ilovastim i glinovitim zemljištima, dok je u peskovitim dosta niži (Kabata-Pendias, 2011). Ovo potvrđuju i naši rezultati gde se vidi porast sadržaja Cr u zemljištu idući ka ušću u odnosu na promenu u teksturi zemljišta od peskovite ka ilovasto-glinovitoj (Tabele 6 i 7).

Na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka sadržaj Cr u ispitivanim zemljištima 2014. godine bio je i do nekoliko puta niži u odnosu na prosečan sadržaj za svetska zemljišta (54 mg kg^{-1} , Adriano, 2001). Takođe, na tom delu toka reke sadržaj Cr u zemljištu bio je niži i od background vrednosti za evropska zemljišta ($50\text{-}100 \text{ mg kg}^{-1}$; Gawlik and Bidoglio, 2006) kao i od izračunate background vrednosti za zemljišta riparijalne zone reke Save ($72,52 \text{ mg kg}^{-1}$; Marković et al., 2018). Na delu toka kroz Sloveniju, na ispitivanim lokalitetima, sadržaj Cr u zemljištu bio je dosta niži u odnosu na granične vrednosti za zemljišta Slovenije (91 mg kg^{-1} , Šajn et al., 2003). Na delu toka kroz Hrvatsku sadržaj Cr bio je ispod granične vrednosti za Posavinu (82 mg kg^{-1} , Halamić et al., 2012). Izuzetak je lokalitet ŽUP, gde je sadržaj Cr bio nešto viši od granične vrednosti (Tabela 18). Na donjem delu toka, od lokaliteta ŽUP do BEO, sadržaj Cr bio je viši u odnosu na prosečan sadržaj za svetska zemljišta, što je moguće posledica intenzivnog uticaja geološke podloge (Grba et al., 2015; Čakmak et al., 2018). Upoređujući sa background vrednostima za evropska zemljišta, sadržaj Cr se kretao u propisanim okvirima. U poređenju sa izračunatim background vrednostima za riparijalnu zonu reke Save, viši sadržaj Cr izmeren je samo na lokalitetu ŽUP. Prema Uredbi RS o zagađujućim materijama u zemljištu, na delu toka kroz Srbiju, sadržaj Cr u ispitivanim zemljištima nije prelazio graničnu maksimalnu vrednost (100 mg kg^{-1} , SG RS 30/2018).

Sadržaj Cr u ispitivanim zemljištima 2015. godine pratio je sličan trend distribucije kao i u uzorcima iz 2014. godine. Na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka, sadržaj ovog elementa je bio niži u odnosu na prosečan sadržaj za svetska zemljišta i takođe niži u odnosu na background vrednosti propisane za evropska zemljišta. Dobijena background vrednost za riparijalna zemljišta reke Save bila je i do nekoliko puta veća u odnosu na izmeren sadržaj Cr na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka (Tabela 20). Kao i 2014. godine, na delu toka kroz Sloveniju i Hrvatsku, sadržaj Cr bio je ispod propisanih graničnih vrednosti za te zemlje. Na donjem delu toka, od lokaliteta ŽUP dolazi do naglog porasta u sadržaju Cr u zemljištu kao posledica uticaja geološke podloge (Grba et al., 2015; Čakmak et al., 2018). U odnosu na svetska zemljišta (54 mg kg^{-1} , Adriano, 2001), sadržaj Cr na ispitivanim lokalitetima bio je znatno viši (Tabela 20). Sadržaj Cr u ispitivanim uzorcima, nije prelazio propisane background vrednosti za evropska zemljišta, dok je izmereni sadržaj Cr na lokalitetima ŽUP i SRM bio viši od utvrđenih background vrednosti za riparijalnu zonu reke Save (Tabela 56). Na osnovu dostupne baze podataka o sadržaju teških metala u priobalnom zemljištu reke Save može se uočiti da se sadržaj Cr kretao u opsegu od 0,1 do 524 mg kg^{-1} , pri čemu sadržaj Cr u ispitivanim uzorcima ni na jednom lokalitetu nije prevazilazio gornju vrednost opsega (Tabele 18 i 20). Na osnovu dostupne baze podataka uočava se da je najviši sadržaj Cr izmeren na lokalitetima donjeg dela toka (teritorija Republike Hrvatske) što je slično dobijenim rezultatima u okviru ove disertacije gde su najviši sadržaji izereni na donjem delu toka, pri čemu se jasno uočava uticaj geološke podloge.

Sadržaj Cr u ispitivanim uzorcima zemljišta u okviru ovog istraživanja, bio je dosta niži (Tabele 18 i 20) u odnosu na novija istraživanja zemljišta u riparijalnoj zoni reke Save, gde je prosečan sadržaj hroma bio $63,60 \text{ mg kg}^{-1}$ (Mataruga et al., 2020). Takođe, prethodna istraživanja zemljišta u aluvijumu reke Kolubare pokazala su da je prosečan sadržaj hroma bio $53,90 \text{ mg kg}^{-1}$ (Čakmak et al., 2018) dok je prosečan sadržaj u zemljištu aluvijuma Velike Morave bio nešto viši i to $57,60 \text{ mg kg}^{-1}$ (Jakovljević et al., 1997). U oba istraživanja, sadržaj Cr bio je i do nekoliko puta viši u odnosu na sadržaj dobijen istraživanjima u okviru ove disertacije, što može biti zbog različitih metoda ekstrakcije kao i zbog sastava geološke podloge. S druge strane, približno slične vrednosti izmerene

su u okviru istraživanja zemljišta riparijalne zone reke Dunav, gde je prosečan sadržaj Cr bio 35,1 mg kg⁻¹ (Pavlović et al., 2016). Upoređujući sa drugim evropskim rekama sličnog ekološkog statusa i stepena zagađenja, izmereni sadržaj Cr generalno je bio viši u odnosu na zemljišta u riparijalnoj zoni reke Odre, gde se on kretao u opsegu od 0,66 do 13,72 mg kg⁻¹ (Ciesielczuk et al., 2014), dok je pokazivao sličnu varijabilnost u sadržaju i distribuciji kao i zemljišta riparijalne zone reke Elbe (10-49 mg kg⁻¹, Schulz-Zunkel et al., 2013).

U okviru ovih istraživanja nije urađena specijacija hroma kako bi se odredila njegova oksidaciona forma, ali pri alkalnim uslovima pretpostavka je da se u zemljištu javlja trovalentni Cr koji je dosta stabilan i uglavnom nedostupan (Kabata-Pendias, 2011; Pavlović et al., 2018). Ovu tvrdnju potkrepljuje sekvencijalna ekstrakcija Cr u uzorcima zemljišta iz 2014. godine, gde se Cr najvećim delom nalazi u rezidualnoj frakciji, čvrsto vezan za kristalnu rešetku (Grafik 7). Ostatak Cr u zemljištu, većim delom, bio je vezan za organsku materiju, a jednim manjim delom i za okside Fe i Mn. Visok sadržaj Cr u rezidualnoj i oksidabilnoj frakciji, odnosno njegov afinitet da se čvrsto veže za slabo rastvorne i nerastvorne frakcije, ukazuje da je Cr u alkalnim uslovima izrazito stabilan sa malom mobilnošću (Kabata-Pendias, 2011; Pavlović et al., 2019). Ovoj tvrdnji ide u prilog i činjenica da je u prvoj odnosno izmenljivoj fazi Cr bio ispod limita detekcije (Grafik 7).

Frakcioni profil Cr u uzorcima zemljišta iz 2015. godine, vrlo je sličan onom iz 2014. godine, te je najveći sadržaj Cr bio ekstrahovan u rezidualnoj frakciji, čvrsto vezan u kristalnoj rešetki (Grafik 25). Zanimljivo male količine Cr su ekstrahovane u izmenljivoj i reducibilnoj fazi, dok su nešto veće količine ekstrahovane u oksidabilnoj fazi (Grafik 25). Ovakvi rezultati potvrđuju da se Cr u zemljištu alkalne reakcije u najvećoj meri vezuje za teško rastvorljive frakcije, organsku materiju i minerale gline (Osakwe, 2013; Pavlović et al., 2018).

Bakar (Cu) je jedan od najvažnijih elemenata u zemljištu, međutim njegove povišene koncentracije mogu imati negativne efekte na čitav ekosistem. Prosečan sadržaj bakra u svetskim zemljištima kreće se u opsegu od 2 do 50 mg kg⁻¹ (Alloway, 2013). Ukupan sadržaj najčešće zavisi od matične podloge na kojoj se zemljište formira, mada prostorna distribucija najviše zavisi od lokalnih i regionalnih karakteristika.

U površinskim slojevima zemljišta bakar se najčešće nalazi u svojoj dvovalentnoj formi Cr(II), i kao takav je uglavnom vrlo toksičan i biodostupan (Kabata-Pendias and Pendias, 2001). Akumulacija u površinskim slojevima može biti posledica različitih faktora, mada veliku ulogu imaju antropogene aktivnosti (Adriano, 2001). Na ukupan sadržaj bakra u zemljištu uticaj imaju matična podloga i tekstura zemljišta. Najmanje količine bakra se nalaze u peskovitim zemljištima dok se znatno veće količine mogu naći u zemljištima težeg mehaničkog sastava (Kabata-Pendias, 2011). Međutim, najveći uticaj na mobilnost i rastvorljivost a samim tim i na dostupnost bakra u zemljištu ima pH, te se pri vrednostima pH većim od 7 mobilnost bakra značajno smanjuje (Kabata-Pendias, 2011). S obzirom na to njegovo svojstvo, povišeni sadržaji bakra akumulirani u zemljištu mogu se zadržati dugi niz godina (Hutchinson, 1979). U ispitivanim uzorcima zemljišta, na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka, javljaju se izrazito male količine bakra što je uslovljeno peskovitom teksturom i alkalnom reakcijom (Tabele 6, 7, 8 i 10).

Sadržaj Cu u ispitivanim zemljištima iz 2014. godine na svim lokalitetima duž toka reke Save bio je u okviru prosečnih vrednosti za svetska zemljišta (2-50 mg kg⁻¹, Alloway, 2013), ali ispod background vrednosti za evropska zemljišta (50-140 mg kg⁻¹, Gawlik and Bidoglio, 2006). S druge strane, sadržaj Cu na lokalitetima donjeg dela toka bio je veći od background vrednosti za riparijalnu zonu reke Save (24,12 mg kg⁻¹, Marković et al., 2018). Na delu toka kroz Sloveniju, u zemljištima na ispitivanim lokalitetima, sadržaj Cu je bio dosta niži u odnosu na graničnu vrednost za zemljišta Slovenije (31 mg kg⁻¹, Šajn et al., 2003). Na lokalitetima na teritoriji Hrvatske, izmereni sadržaj Cu je takođe bio ispod background vrednosti (23,3 mg kg⁻¹, Halamić et al., 2012),

sa izuzetkom lokaliteta ŽUP gde je izmeren dosta viši sadržaj ovog elementa. Na delu toka kroz Srbiju, sadržaj Cu u zemljištima bio je manji od granične maksimalne vrednosti koja je propisana Uredbom RS o zagađujućim materijama u zemljištu (36 mg kg⁻¹, SG RS 30/2018).

Sadržaj Cu u ispitivanim zemljištima 2015. godine imao je sličan obrazac varijabilnosti kao i sadržaj Cu iz 2014. godine. Uočava se da je u gornjem i delimično u srednjem delu toka sadržaj bakra dosta nizak, što možemo povezati sa teksturom zemljišta koja je dominantno peskovita, ali i sa alkalnom reakcijom zemljišta (Tabele 6, 7 i 20) (Alloway, 2013). Upoređujući sa prosečnim vrednostima za svetska zemljišta, izmereni sadržaj hroma je na većini lokaliteta bio u tom opsegu sa izuzetkom lokaliteta ČAT i BEO gde je bio veći (2-50 mg kg⁻¹, Alloway, 2013) (Tabela 20). Na lokalitetima gornjeg dela toka izmerene vrednosti Cu su bile ispod background vrednosti za zemljišta Slovenije sa izuzetkom lokaliteta ČAT gde je sadržaj bakra bio dvostruko veći, verovatno kao posledica intenzivnih poljoprivrednih aktivnosti (Romić et al., 2014). Na delu toka kroz Hrvatsku postoji porast u sadržaju idući nizvodno, te je izmeren sadržaj Cu na lokalitetima SLB i ŽUP viši od background vrednosti za Posavinu (Halamić et al., 2012). Uočava se povećan sadržaj Cu u zemljištu na lokalitetima donjeg dela toka (Tabela 20), pri čemu su te vrednosti veće i od background vrednosti za riparijalnu zonu reke Save. Uredbom RS o zagađujućim materijama u zemljištu propisana je granična maksimalna vrednost za Cu koja iznosi 36 mg kg⁻¹ (SG RS 30/2018), i u poređenju sa tim, sadržaj Cu u ispitivanim zemljištima bio je viši na svim lokalitetima donjeg dela toka reke Save. Na osnovu dostupne baze podataka o sadržaju teških metala u priobalnom zemljištu reke Save može se uočiti da se sadržaj Cu kretao u opsegu od 2,8 do 248 mg kg⁻¹, pri čemu sadržaj Cu u ispitivanim uzorcima ni na jednom lokalitetu nije prevazilazio gornju vrednost opsega (Tabele 18 i 20). Najviši sadržaj Cu, na osnovu baze podataka, izmeren je u Posavini na teritoriji Republike Hrvatske, dok je u istraživanjima u okviru ove disertacije najviši sadržaj izmeren na srednjem delu toka, na teritoriji Republike Slovenije.

Istraživanja vezana za utvrđivanje stepena zagađenosti riparijalnih zemljišta bila su predmet brojnih istraživanja. U aluvijumu reke Drave sadržaj bakra se kretao u opsegu od 13 do 51 mg kg⁻¹ (Šajn et al., 2011), što je dosta slično sadržajima dobijenim ispitivanjem zemljišta u okviru ovog istraživanja, delimično zbog načina ekstrakcije ali i zbog teksture zemljišta i tipova zagađenja na ispitivanim lokalitetima. Slične vrednosti za zemljište u aluvijumu reke Save dobili su i Halamić et al. (12-35 mg kg⁻¹, 2003). Značajnih odstupanja u sadržaju bakra nema ni u zemljištima drugih regionalnih reka kao što su Odra (0,44-75,29 mg kg⁻¹, Ciesielczuk et al., 2014), Elba (5-25,5 mg kg⁻¹, Schulz-Zunkel et al., 2013) i Dunav (35,1 mg kg⁻¹, Pavlović et al., 2016). Distribucija bakra na ispitivanim lokalitetima je slična prethodnim istraživanjima zemljišta riparijalne zone reke Save (Mataruga et al., 2020; Pavlović et al., 2019).

Sekvencijalna ekstrakcija je pokazala da se najveći deo sadržaja Cu u uzorcima zemljišta iz 2014. godine nalazi u rezidualnoj fazi, i to preko 65% (Grafik 8). Takođe veliki deo bakra se nalazi u trećoj fazi, tačnije vezan za organsku materiju i sulfide. Ovakav frakcioni profil potvrđuje da se bakar najčešće vezuje za organsku materiju u zemljištu, stvarajući vrlo stabilne i nedostupne komplekse (Adriano, 2001; Yutong et al., 2016). Međutim, na frakcionom profilu Cu uočava se da su vrlo male količine ekstrahovane u izmenljivoj odnosno biodostupnoj fazi, što još jednom govori o njegovoj stabilnosti i ne tako lakoj dostupnosti u alkalnim uslovima, bez obzira na povišene ukupne sadržaje i antropogene uticaje (Kabata-Pendias, 2011). S druge strane, na frakcionom profilu uzoraka iz 2015. godine najveći deo Cu se nalazi u rezidualnoj fazi (Grafik 26), sa procentualnim učešćem većim od 90%. Takođe i ovde uviđamo da se određena količina bakra ekstrahovala u oksidabilnoj frakciji, što je u skladu sa afinitetom bakra da se vezuje za organsku materiju u zemljištu i da gradi vrlo stabilne i nerastvorne komplekse (Kabata-Pendias, 2011). Takođe, u uzorcima iz 2015. godine količina bakra koja se ekstrahovala u izmenljivoj fazi bila je zanemarljivo mala. Što se tiče povećanja udela reducibilne frakcije, na frakcionom profilu u oba preseka, na lokalitetima donjeg dela toka, možemo zaključiti da postoji vrlo izražen antropogeni pritisak.

Nikl (Ni) se, slično kao i hrom, može naći u svim tipovima zemljišta varirajući od zanemarljivo malih do izrazito visokih koncentracija (Alloway, 2013). Sadržaj nikla u zemljištu u najvećoj meri zavisi od geološkog supstrata na kom se zemljište formira, i od lokalnih i regionalnih geoloških karakteristika (Kabata-Pendias and Pendias, 2001). Međutim, povišene koncentracije nikla u zemljištu, s jedne strane, mogu biti posledica tipa geološke podloge (npr. serpentiniti), a s druge strane posledica različitih antropogenih aktivnosti, kao što je oslobađanje otpadnih materija iz metaloprerađivačke industrije, usled procesa sagorevanja uglja i nafte (Adriano, 2001; Kabata-Pendias and Pendias, 2001; Kostić et al., 2018). Prosečan sadržaj nikla u svetskim zemljištima kreće se u opsegu od 13 do 37 mg kg⁻¹ (Kabata-Pendias, 2011).

Na sadržaj i mobilnost nikla u zemljištu najveći uticaj ima pH. U uslovima gde je pH < 6, nikl postaje veoma rastvorljiv, a samim tim i toksičan, dok se u neutralnim i slaboalkalnim zemljištima javlja u obliku hidroksida vrlo male mobilnosti i rastvorljivosti (Alloway, 2013). Takođe, faktori koji mogu značajno uticati na mobilnost i dostupnost Ni su organska materija, kapacitet katjonske razmene (CEC), kao i sadržaj čestica gline (Kabata-Pendias, 2011).

Sadržaj Ni u ispitivanim zemljištima iz 2014. godine pokazuje da postoji jasno izražen prostorni gradijent i da se sadržaj Ni povećava idući od izvora reke Save do ušća (Tabela 18). U poređenju sa prosečnim sadržajem Ni za svetska zemljišta, u ispitivanim zemljištima na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka sadržaj Ni je bio nešto niži, dok je od lokaliteta SLB do ušća pak bio viši u odnosu na svetski prosek. Kada uporedimo sa background vrednostima za evropska zemljišta (30-75 mg kg⁻¹, Gawlik and Bidoglio, 2006), kao i za riparijalnu zonu reke Save (43,33 mg kg⁻¹, Marković et al., 2018), sadržaj Ni u ispitivanim uzorcima bio je viši na lokalitetima donjeg dela toka, najvećim delom kao posledica intenzivnog uticaja regionalnih geoloških karakteristika (Grba et al., 2015; Čakmak et al., 2018), ali i jednim delom zbog intenzivnih industrijskih aktivnosti na donjem delu toka (Milačić et al., 2017). Poredeći sa lokalnim graničnim i background vrednostima, uviđamo da je sadržaj Ni u zemljištu na delu toka kroz Sloveniju i do nekoliko puta niži (50 mg kg⁻¹, Šajn, 2003), dok je na delu toka kroz Hrvatsku sadržaj Ni viši od background vrednosti samo na lokalitetu ŽUP (40,1 mg kg⁻¹, Halamić et al., 2012). Na svim lokalitetima, na delu toka kroz Srbiju, sadržaj Ni bio je nekoliko puta viši u odnosu na Uredbu RS o zagađujućim materijama u zemljištu (35 mg kg⁻¹, SG RS 30/2018).

Sadržaj Ni u ispitivanim uzorcima zemljišta na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka, kretao se u okviru prosečnih vrednosti za svetska zemljišta, međutim na lokalitetima donjeg dela toka, od SLB pa sve do ušća, taj sadržaj je bio i do nekoliko puta viši. Od lokaliteta SLB pa do lokaliteta BEO, sadržaj Ni bio je viši, kako od background vrednosti za evropska zemljišta, tako i od background vrednosti za riparijalnu zonu reke Save. Sadržaj Ni u ispitivanim zemljištima iz 2015. godine ima veoma sličan prostorni gradijent uzorcima iz 2014. godine, ukazujući da postoji jasno povećavanje sadržaja idući od izvora reke Save ka ušću (Tabela 20). Nagli skok u sadržaju Ni se uočava od lokaliteta SLB, slično uzorcima iz 2014. godine, što nedvosmisleno ukazuje da je dominantan faktor povećanja sadržaja ovog elementa u zemljištu lokalni uticaj geoloških karakteristika (Grba et al., 2015; Čakmak et al., 2018). Takođe, u odnosu na lokalne background vrednosti za Sloveniju (Šajn, 2003) sadržaj Ni na lokalitetima gornjeg dela toka je dosta niži, a isto važi i za lokalitete na delu toka kroz Hrvatsku, gde je sa izuzetkom lokaliteta ŽUP, sadržaj Ni bio niži u odnosu na background vrednosti (Halamić et al., 2012). Kao i 2014. godine, sadržaj Ni u zemljištu, na svim ispitivanim lokalitetima na delu toka kroz Srbiju bio je i do nekoliko puta viši u odnosu na Uredbu RS o zagađujućim materijama u zemljištu (35 mg kg⁻¹, SG RS 30/2018). Na osnovu dostupne baze podataka o sadržaju teških metala u priobalnom zemljištu reke Save može se uočiti da se sadržaj Ni kretao u opsegu od 3,8 do 427 mg kg⁻¹, pri čemu sadržaj Ni u ispitivanim uzorcima ni na jednom lokalitetu nije prevazilazio gornju vrednost opsega (Tabele 18 i 20). Slično kao i kod distribucije hroma najviši sadržaj Ni izmeren je na lokalitetima donjeg dela toka (teritorija Republike Hrvatske)

što je slično dobijenim rezultatima u okviru ove disertacije gde su najviši sadržaji izzereni na donjem delu toka, uz jasan uticaj geološke podloge.

Sadržaj Ni u zemljištu riparijalne zone reke Save bio je vrlo sličan u poređenju sa sadržajem Ni u zemljištima riparijalnih zona drugih regionalnih reka, kao što su Kolubara (6,9-146,2 mg kg⁻¹, Čakmak et al., 2018) i Velika Morava (114,20 mg kg⁻¹; Jakovljević et al., 1997). Takođe, sadržaj Ni u zemljištu bio je u sličnom opsegu kao i u našim novijim istraživanjima u riparijalnoj zoni reke Save (Pavlović et al., 2019). Opsežna istraživanja sprovedena u riparijalnoj zoni reke Dunav (Pavlović et al., 2016), kao i u riparijalnoj zoni reke Drave (Šajn et al., 2011) pokazuju da su sadržaji Ni dosta niži u proseku u poređenju sa rezultatima dobijenim u okviru ove disertacije. Takođe, i u aluvijumima reka Elbe (Schulz-Zunkel et al., 2013) i Odre (Ciesielczuk et al., 2014), sadržaj Ni bio je i do nekoliko puta niži u odnosu na sadržaj Ni dobijenog u okviru ovih istraživanja, ukazujući na dominantan uticaj geološke podloge na ovim prostorima a samim tim i na visok sadržaj Ni u zemljištu.

Sekvencijalna ekstrakcija Ni u zemljištu u uzorcima iz 2014. i 2015. godine pokazuje da se najveći deo nalazi u rezidualnoj fazi, čvrsto vezan za kristalnu rešetku, što nam govori da je u alkalnim uslovima on vrlo stabilan i najvećim delom geološkog porekla (Kabata-Pendias, 2011). Međutim, na frakcionom profilu iz 2014. godine, i nešto manje na frakcionom profilu iz 2015. godine, vidimo da se Ni delimično ekstrahovao u oksidabilnoj fazi, ukazujući na njegov afinitet da se vezuje za organsku materiju u zemljištu (Alloway, 2013) (Grafici 13 i 31). U prve dve faze, u oba preseka, ekstrahovani sadržaj Ni je bio zanemarljivo mali potvrđujući njegu slabu mobilnost i dostupnost.

Olovo (Pb) predstavlja jedan od najkorišćenijih elemenata u istoriji, te se danas ne može pouzdano utvrditi koje količine ovog elementa su zapravo prirodnog porekla, a koje količine su posledica antropogenog uticaja (Adriano, 2001). Osnovni izvor olova u zemljištu je, kao i kod većine drugih teških metala, proces razlaganja matične podloge, međutim, usled različitih antropogenih aktivnosti površinski slojevi zemljišta su dodatno obogaćeni olovom (Alloway, 2013). Prosečan sadržaj Pb u svetskim zemljištima se kreće oko 27 mg kg⁻¹ (Kabata-Pendias, 2011).

Na sadržaj olova u zemljištu veliki uticaj ima granulometrijski sastav, odnosno veličina čestica za koju Pb može da se veže, te se veće količine olova vezuju za finije čestice gline i koloida (Kabata-Pendias and Pendias, 2001). Dobijeni rezultati su u skladu sa tim, jer vidimo da postoji generalno povećanje ukupnog sadržaja Pb u zemljištu i istovremeno povećanje sadržaja gline idući od izvora ka ušću (Tabele 6, 7, 18 i 20). Veliki uticaj na mobilnost i rastvorljivost olova u zemljištu ima pH, s obzirom da pri jako niskim vrednostima dolazi do pojačane rastvorljivosti, dok se pri višim vrednostima pH (>8) Pb taloži u formi hidroksida, fosfata ili karbonata, čime postaje izrazito stabilan i nedostupan (Kabata-Pendias and Pendias, 2001). Ovo je takođe u skladu sa dobijenim rezultatima s obzirom na reakciju zemljišta i raspodelu Pb u frakcionom profilu (Tabele 8 i 10; Grafici 15 i 34).

Ukupan sadržaj olova na celom toku reke Save, u oba preseka, pokazuje veliki stepen varijabilnosti, od nekoliko puta nižih sadržaja od prosečnih svetskih vrednosti, do dosta viših sadržaja od background vrednosti za teritoriju Slovenije i Hrvatske. U ispitivanim uzorcima zemljišta iz 2014. godine ukupan sadržaj Pb u zemljištu ne pokazuje jasno izražen prostorni gradijent, s obzirom na veliku varijabilnost u sadržaju u zavisnosti od lokaliteta (Tabela 18). Na gornjem delu toka, na lokalitetima RAD i LIT, sadržaj Pb je bio nekoliko puta viši u odnosu na prosečan sadržaj za svetska zemljišta (27 mg kg⁻¹, Kabata-Pendias, 2011), dok je na ostalim lokalitetima gornjeg dela toka taj sadržaj bio dosta niži. Visok sadržaj olova na lokalitetima gornjeg dela toka ukazuje na njegovu sposobnost da se vrlo lako veže za čestice zemljišta u blizi izvora zagađenja (Milberg et al., 1980; Al-Chalabi and Hawker, 2000). Na donjem delu toka, nizvodno od lokaliteta SLB, primećuje se porast sadržaja Pb u zemljištu, koji prevazilazi prosečan sadržaj za svetska zemljišta. Ukoliko

sadržaj Pb u ispitivanim zemljištima na svim lokalitetima uporedimo sa background vrednostima za evropska zemljišta (50-300 mg kg⁻¹, Gawlik and Bidoglio, 2006), vidimo da je on sve vreme bio u propisanom opsegu. Međutim u odnosu na background vrednosti za riparijalna zemljišta reke Save (44,03 mg kg⁻¹, Marković et al., 2018) sadržaj Pb u ispitivanim uzorcima bio je viši na lokalitetu RAD i SRM. Na delu toka kroz Sloveniju, na lokalitetu RAD, sadržaj olova bio je skoro dvostruko viši u odnosu na background vrednost za zemljišta Slovenije (42 mg kg⁻¹, Šajn et al., 2003). Na delu toka kroz Hrvatsku i Srbiju, sadržaj Pb ni na jednom lokalitetu nije prelazio maksimalne granične vrednosti.

Sadržaj Pb u ispitivanim uzorcima zemljištima iz 2015. godine takođe je pokazao visok stepen varijabilnosti u zavisnosti od lokaliteta (Tabela 20). Generalno posmatrano, na većini lokaliteta sadržaj Pb bio je ispod proseka za svetska zemljišta, međutim, na lokalitetu MOJ u gornjem delu toka, i na lokalitetima SRM i BEO u donjem delu toka izmereni sadržaj je bio duplo viši. Međutim, ni u jednom uzorku zemljišta nije izmeren sadržaj Pb veći od background vrednosti za evropska zemljišta (Gawlik and Bidoglio, 2006), vrednosti su bile ili značajno manje ili tek nešto više od donje granice background vrednosti za evropska zemljišta (Tabele 20 i 56). Na lokalitetima MOJ i SRM je izmeren sadržaj iznad background vrednosti za zemljišta riparijalne zone reke Save. Što se tiče pojedinačnih regionalnih background vrednosti i maksimalnih graničnih vrednosti, samo na teritoriji Slovenije, na lokalitetu MOJ, izmereni sadržaj Pb je bio veći od background vrednosti za zemljišta Slovenije. Na ostalim lokalitetima na delu toka kroz Hrvatsku i Srbiju, sadržaj je bio ispod propisanih vrednosti (za Hrvatsku 32,1 mg kg⁻¹; Halamić et al., 2012; i za Srbiju 85 mg kg⁻¹; SG RS 30/2018). Na osnovu dostupne baze podataka o sadržaju teških metala u priobalnom zemljištu reke Save može se uočiti da se sadržaj Pb imao vrlo širok opseg i kretao se od 14 do 699 mg kg⁻¹, pri čemu sadržaj Pb u ispitivanim uzorcima ni na jednom lokalitetu nije prevazilazio gornju vrednost opsega (Tabele 18 i 20). Proučavajući dostupnu bazu podataka uočava se da je najviši sadržaj Pb izmeren na teritoriji Posavine u Republici Hrvatskoj dok je u okviru istraživanja za potrebe disertacije najviši sadržaj Pb izmeren na lokalitetima gornjeg dela toka.

Generalno posmatrano u oba preseka uviđamo da postoji velika varijabilnost u sadržaju Pb u ispitivanom zemljištu, ali da se ipak donekle javlja pravilnost u povećanju sadržaja Pb na donjem delu toka. Takva distribucija olova u zemljištu može biti posledica njegovog afiniteta da se vezuje za sitne čestice zemljišta ali i kao posledica antropogenih pritisaka na donjem delu toka (Adriano, 2001; Kabata-Pendias, 2011). Prethodna istraživanja sprovedena u aluvijumu reke Save od strane Halamić et al. (2003) pokazuju da se sadržaj olova u zemljištu kretao u opsegu od 18 do 58 mg kg⁻¹ što je vrlo slično rezultatima dobijenim u okviru ove disertacije (Tabele 18 i 20). Ukupan sadržaj Pb dobijen istraživanjima u okviru ove disertacije bio je vrlo sličan sadržaju Pb u novijim istraživanjima na reci Savi (11,26-56,75 mg kg⁻¹, Mataruga et al., 2020; 44,70 – 180,34 mg kg⁻¹, Pavlović et al. 2019) kao i istraživanjima sprovedenim u aluvijumu reke Drave (18 - 84 mg kg⁻¹; Šajn et al., 2011). Dobijeni rezultati su pokazali značajno viši sadržaj olova u poređenju sa izmerenim u okviru opsežnih istraživanja u riparijalnim zonama Elbe i Kolubare, koje su po stepenu zagađenja i ekološkom statusu vrlo slične reci Savi. U zemljištu u aluvijumu reke Kolubare sadržaj olova se kretao u opsegu od 8,8 do 24,5 mg kg⁻¹ (Čakmak et al., 2018) dok se u zemljištu aluvijuma reke Elbe sadržaj olova kretao u opsegu od 7 do 43,3 mg kg⁻¹ (Schulz-Zunkel et al., 2013).

Sekvencijalna ekstrakcija sadržaja olova u zemljištu nam pomaže da uvidimo na koji način i za koje delove zemljišta se Pb vezuje. Na frakcionom profilu zemljišta iz 2014. godine uviđamo da se najmanja količina olova nalazi u rezidualnoj fazi, dok se najveća količina ekstrahovala u oksidabilnoj i reducibilnoj fazi (Grafik 14). Na frakcionom profilu uočavamo da se na lokalitetima gornjeg dela toka olovo više ekstrahovalo u oksidabilnoj fazi ukazujući na njegov afinitet da se vezuje za organsku materiju i relativno ograničenu mobilnost i dostupnost u zemljištu (Adriano, 2001; Filgueiras et al., 2002). Idući ka ušću povećava se udeo reducibilne faze na frakcionom profilu, što može biti posledica antropogenih pritisaka na donjem delu toka reke (Al-Chalabi and Hawker, 2000). S druge strane na frakcionom profilu olova u zemljištu u uzorcima iz 2015. godine

vidimo da se Pb u potpunosti ekstrahovao u rezidualnoj frakciji čime se potvrđuje da ovaj element u alkalnim uslovima u zemljištu formira nerastvorne komplekse zbog čega je vrlo stabilan i nedostupan (Kabata-Pendias and Pendias, 2001) (Grafik 32).

Cink (Zn) je jedan od rasprostranjenijih elemenata i njegov sadržaj u zemljištu u velikoj meri zavisi od sastava matične podloge na kojoj se samo zemljište i formira (Adriano, 2001). U zemljištu je cink prisutan u rasponu od 10 do 100 mg kg⁻¹, dok je prosečna vrednost za svetska zemljišta 55 mg kg⁻¹ (Alloway, 2013). Različite antropogene aktivnosti, kao što su ispuštanje gasovitih polutanata iz industrijskih postrojenja, primena raznih poljoprivrednih mera, ispuštanje otpadnih industrijskih i komunalnih voda, kao i izlivanje kanalizacionih muljeva, dovele su do povećanja sadržaja Zn u površinskim slojevima zemljišta (Kabata-Pendias, 2011). Visoke koncentracije cinka u zemljištu, poreklom iz antropogenih izvora, mogu ostaviti veoma velike posledice po ekosisteme.

Postoji veliki broj faktora koji utiču na rastvorljivost, ali i na sposobnost i način vezivanja Zn u zemljištu, pri čemu se kao najznačajniji izdvajaju pH, tekstura zemljišta, CEC i sadržaj organske materije (Adriano, 2001). Rastvorljivost cinka je najveća u kiseloj sredini pri vrlo niskim vrednostima pH (Chlopecka et al., 1996), dok se sa porastom pH a naročito većim od 6,5 cink javlja u formama koje su vrlo stabilne i skoro pa nedostupne biljkama (Payne et al., 1988). S druge strane, ukoliko posmatramo teksturu kao limitirajući faktor za mobilnost i dostupnost Zn u zemljištu, onda se može zaključiti da Zn ima izražen afinitet za vezivanje za čestice gline stoga se u zemljištima težeg mehaničkog sastava mogu izmeriti povišeni sadržaji (Kabata-Pendias, 2011). Ukoliko su zemljišta lakšeg mehaničkog sastava, peskovita i dobro aerisana, veća je verovatnoća da će imati niže vrednosti što je slučaj i sa dobijenim rezultatima (Tabele 6, 7, 18 i 20). Cink se u zemljištu pretežno vezuje za organsku materiju, čime se stvaraju uslovi da u površinskim slojevima budu izrazito visoke koncentracije (Adriano, 2001).

Sadržaj Zn u zemljištu u uzorcima iz 2014. godine ukazuje da postoji velika varijabilnost u sadržaju u zavisnosti od lokaliteta. Na gornjem delu toka, na lokalitetima BOH i LIT sadržaj Zn bio je ispod prosečne vrednosti za svetska zemljišta, dok je na svim ostalim lokalitetima taj sadržaj bio generalno viši. Na ispitivanim lokalitetima primećujemo da postoji prostorni gradijent, te dolazi do porasta sadržaja cinka idući od izvora ka ušću, što se moguće javlja kao posledica porasta sadržaja gline u zemljištu a imajući u vidu afinitet Zn ka sitnim zemljišnim česticama (Kabata-Pendias, 2011). U odnosu na background vrednosti za evropska zemljišta koje se kreću u opsegu od 150 do 300 mg kg⁻¹ (Gawlik and Bidoglio, 2006), sadržaj Zn u ispitivanim zemljištima riparijalne zone reke Save bio je niži na svim lokalitetima, dok je u odnosu na background vrednosti izračunate za riparijalna zemljišta reke Save (91,64 mg kg⁻¹, Marković et al., 2018) sadržaj bio povišen samo na lokalitetima donjeg dela toka (Tabela 18). U odnosu na pojedinačne background i maksimalne granične vrednosti propisane pojedinačno za svaku od država na toku reke Save, jedino je na lokalitetu ŽUP sadržaj cinka bio veći od propisanih background vrednosti za region Posavine (89 mg kg⁻¹, Halamić et al., 2012).

Takođe postoji velika varijabilnost u sadržaju cinka u uzorcima zemljišta iz 2015. godine, gde dolazi do povećanja sadržaja ovog elementa na donjem delu toka (Tabela 20). Ukoliko poredimo sadržaj Zn na ispitivanim lokalitetima u odnosu na prosečan sadržaj u svetskim zemljištima videćemo da je samo na lokalitetima LIT, ZAG i JAS sadržaj niži. Niži sadržaj cinka na ovim lokalitetima se javlja kao posledica lakog mehaničkog sastava zemljišta, odnosno velikog udela frakcije peska (Kabata-Pendias, 2011). Kao i u uzorcima zemljišta iz 2014. godine, izmereni sadržaj Zn u zemljištima bio je niži u odnosu na background vrednosti, na svim lokalitetima osim BEO (150,38 mg kg⁻¹, Tabela 20), gde je bio na donjoj granici opsega. Međutim u poređenju sa background vrednostima koja su izračunata za riparijalnu zonu reke Save sadržaj Zn u zemljištu je bio veći na lokalitetima MOJ kao i na lokalitetima donjeg dela toka, od SLB do BEO (Tabela 20),

što kao posledica može biti uticaj antropogenih aktivnosti na donjem delu toka (Milačić et al., 2017). U odnosu na background vrednosti propisane za zemljišta u regionu Posavine samo je na lokalitetu ŽUP izmeren viši sadržaj ($106,71 \text{ mg kg}^{-1}$). Takođe je samo na jednom lokalitetu na delu toka reke Save kroz Srbiju izmeren sadržaj viši od propisane maksimalne granične vrednosti (140 mg kg^{-1} , SG RS 30/2018), i to na lokalitetu BEO ($150,38 \text{ mg kg}^{-1}$). Na osnovu dostupne baze podataka o sadržaju teških metala u priobalnom zemljištu reke Save može se uočiti da se sadržaj Zn imao vrlo širok opseg i kretao se od $11,48$ do 1432 mg kg^{-1} , pri čemu sadržaj Zn u ispitivanim uzorcima ni na jednom lokalitetu nije prevazilazio gornju vrednost opsega (Tabele 18 i 20). U okviru istraživanja za potrebe ove disertacije iz najviši sadržaj Zn izmeren je na lokalitetima donjeg dela toka (teritorija Republike Srbije) dok je najviši sadržaj Zn iz dostupne baze podataka izmeren na teritoriji Republike Hrvatske u regionu Posavine.

Sadržaj cinka u zemljištu riparijalne zone reke Save je uporediv sa sadržajima koje su utvrdili drugi istraživači kako na reci Savi tako i na drugim evropskim rekama, sličnog karaktera i stepena zagađenosti. Generalno posmatrano, u odnosu na pređašnja ispitivanja sprovedena u aluvijumu reke Save koja su utvrdila da se cink kreće u opsegu od 53 do 135 mg kg^{-1} (Halamić et al., 2003), sadržaji Zn u ispitivanim zemljištima u okviru ove disertacije kretali su se u sličnom opsegu u oba preseka. Takođe u odnosu na novija istraživanja koja su sprovedeli Mataruga et al. (2020) kao i Pavlović et al. (2019) vidimo da Zn ima veoma sličan prostorni gradijent gde se sadržaj povećava idući ka ušću reke Save u Dunav. U odnosu na slična ispitivanja sprovedena na drugim rekama u regionu, sadržaj cinka dobijen istraživanjima u okviru ove disertacije bio je vrlo sličan. Pa su tako Čakmak et al. (2018) utvrdili sadržaj Zn u riparijalnom zemljištu reke Kolubare u opsegu od 36 do 126 mg kg^{-1} , dok su istraživači u aluvijumu reke Velike Morave takođe dobili u proseku vrlo slične rezultate ($109,60 \text{ mg kg}^{-1}$, Jakovljević et al., 1997). S druge strane, sadržaj Zn izmeren u okviru ovih istraživanja bio je dosta niži u odnosu na istraživanja sprovedena u aluvijumu reke Drave (Šajn et al., 2011). Sadržaj Zn u ispitivanim zemljištima na lokalitetima duž toka reke Save bili su u vrlo sličnom opsegu kao i oni dobijeni u okviru istraživanja u riparijalnim zonama reke Elbe gde se Zn kretao u opsegu od 16 do 103 mg kg^{-1} (Schulz-Zunkel et al., 2013) i Dunava gde je prosečan sadržaj cinka bio $97,1 \text{ mg kg}^{-1}$ (Pavlović et al., 2016).

Na frakcionom profilu Zn iz 2014. godine, na skoro svim lokalitetima, uviđamo da se najveći deo ekstrahovao u rezidualnoj fazi (Grafik 18). Procentualno učešće reducibilne faze povećava se na lokalitetima donjeg dela toka, ukazujući na važnost oksida Fe i Mn za akumulaciju cinka u površinskim slojevima zemljišta (Li et al., 2001). Takođe, dolazi i do povećanja procentualnog učešća oksidabilne faze na frakcionom profilu, ukazujući na njegovu sposobnost da se vezuje za organsku materiju (Adriano, 2001). Iako je skoro zanemarljivo mala količina cinka ekstrahovana u izmenljivoj fazi, celokupna distribucija Zn, posmatrajući frakcioni profil, govori da pri određenim uslovima Zn može predstavljati potencijalnu opasnost po životnu sredinu (Jiang et al., 2013). Slično ponašanje cinka u frakcionom profilu utvrdili su i drugi istraživači (Yutong et al., 2016; Pavlović et al., 2018). Frakcioni profil iz 2015. godine jasno pokazuje da se najveći deo Zn ekstrahovao u rezidualnoj fazi, u opsegu od 88 do $98,52\%$ (Grafik 36). Male količine ekstrahovane u reducibilnoj i izmenljivoj fazi ipak ukazuju da postoje antropogeni izvori Zn u površinskim slojevima, i da on zbog količine sadržaja u zemljištu ipak može predstavljati potencijalnu opasnost po životnu sredinu (Jiang et al., 2013; Yutong et al., 2016).

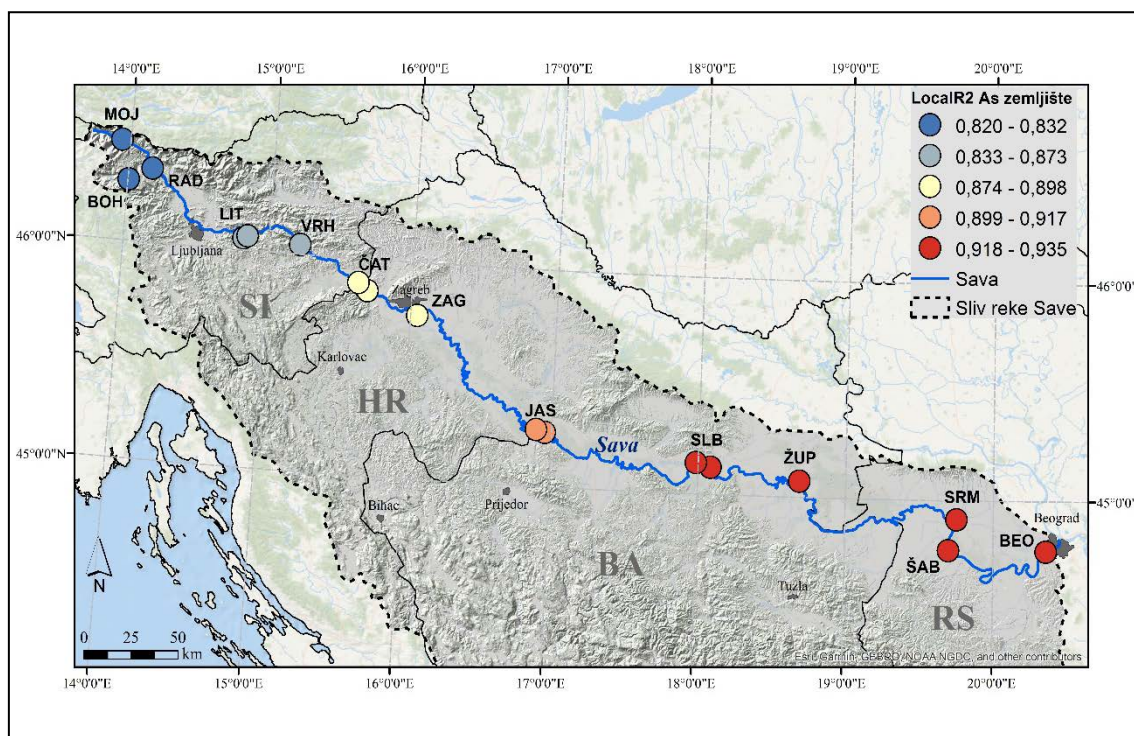
6.3.2. Poreklo teških metala i metaloida i procena ekološkog rizika od zagađivanja u zemljištu riparijalne zone reke Save

Za utvrđivanje porekla elemenata u zemljištu urađena je PCA analiza, kao i MLRA analiza, kako bi se ustanovilo koji faktor ima najdominantniji uticaj na sadržaj i distribuciju ispitivanih teških metala i metaloida. Fluktuacija vodostaja reke generalno ima veliki uticaj na strukturu i funkcionisanje akvatičnih ekosistema, stoga može imati i veliki uticaj na određivanje porekla teških metala u zemljištu (Zhao et al., 2014). Na istraživanim lokalitetima u prvom preseku, 2014. godine, vidimo da je prirodni faktor uključujući poplavu kao dominantan faktor imala najveći uticaj na utvrđivanje porekla ispitivanih teških metala, dok se u drugom preseku, 2015. godine, nakon poplava, jasnije može izdiferencirati i utvrditi poreklo ispitivanih elemenata u zemljištu. Pojedinačni i ukupni ekološki indeks korišćeni su kako bi se dobila jasnija slika o uticaju ispitivanih teških metala i metaloida na zemljište riparijalne zone reke Save, a samim tim i na životnu sredinu. Takođe, jedna od metoda za procenu rizika bila je i primena GWR metode, koju smo koristili kako bi smo dobili predstavu o tome koji delovi toka predstavljaju potencijalno opasne zone po životnu sredinu („hot spots“), u odnosu na sadržaj teških metala i metaloida, fizičko-hemijske karakteristike zemljišta, pojedinačan i ukupan ekološki rizik.

PCA analiza za 2014. godinu, za vreme poplavnog talasa i visokog vodostaja na reci Savi, izdvojila je samo dve komponente (Tabela 31). Prva komponenta je definisana kao geološko-antropogeni faktor koji ukazuje na geološko i antropogeno poreklo pod uticajem poplavnog talasa. S druge strane druga komponenta je određena pozitivnom korelacijom sa Pb uz prisustvo Cd i Zn te je definisana kao antropogeni faktor (Slika 12). PCA analiza uzoraka iz 2015. godine, u periodu niskog vodostaja, u uzorcima površinskog zemljišta izdvojila je tri komponente (Tabela 34). Prva komponenta je određena visokom korelacijom Mn, Cr, Ni i delimično As i definisana je kao geološki faktor. Druga komponenta je određena visokom korelacijom Cd, Pb, Zn i kao i kod prve komponente delimično As i definisana je kao geološko-antropogeni (mešoviti) faktor koji se odnosi na delimično geološko i antropogeno poreklo u zavisnosti od lokaliteta. Na kraju, treća komponenta izdvaja samo Cu kao poseban faktor, antropogeni faktor, koji se odnosi na antropogeno zagađenje (Slika 14).

PCA analiza pokazuje da je u oba preseka poreklo **arsena** u zemljištu mešovito (geološko-antropogeno) kao posledica raspada matične stene ali i delom od različitih antropogenih aktivnosti. Ovakvo poreklo arsena u oba slučaja potvrđuje i MLRA analiza (Slike 13 i 15), gde vidimo da dominantan uticaj geološko-antropogenog faktora na sadržaj As u zemljištu. Arsen je često pratilac olova, kadmijuma i cinka kao sastavni deo ruda (Kabata-Pendias, 2011), što govori o njegovom geološkom poreklu, međutim usled rudarskih i industrijskih aktivnosti koncentracije ovog elementa u zemljištu mogu biti i do nekoliko puta veće. Tokom 2014. godine za ispitivana zemljišta najznačajniji faktor bio je poplavni talas koji je uticao na transfer i depoziciju (Dennis et al., 2009), i u velikoj meri uticao na poreklo As u zemljištu. Iako PCA jasno izdvaja uticaj poplava na sadržaj As u zemljištu, na lokalitetima nizvodno od JAS, primetan je antropogeni uticaj koji se primećuje kroz intenzivne poljoprivredne aktivnosti, kao što je upotreba različitih herbicida i insekticida (Sarmani, 1989; Zulkifli et al., 2010) kao i upotreba đubriva koja sadrže jedinjenja As (Jayasumana et al., 2015). Ovo potvrđuje i naglo povećanje sadržaja u zemljištu, kao i ponašanje As na frakcionom profilu (Grafik 3) gde se vidi povećanje procentualnog učešća reducibilne frakcije. Antropogeni uticaj na lokalitetima nizvodno od JAS potvrđen je i kroz procenu ekološkog rizika, s obzirom da se vrednosti pojedinačnog ekološkog indeksa E_i povećavaju na lokalitetima donjeg dela toka (Tabela 57), svrstavajući zemljišta u kategoriju umereno kontaminiranih (Kuerban et al., 2020). Slično uzorcima iz prethodne godine, i 2015. godine PCA analiza je takođe ukazala na mešovito odnosno geološko-antropogeno poreklo arsena u zemljištu, međutim sa izraženijim antropogenim uticajem. PCA analiza izdvaja lokalitete nizvodno od SLB, gde dolazi do povećanja sadržaja As kao posledica intenzivnih poljoprivrednih aktivnosti, rada hemijske i metalurške

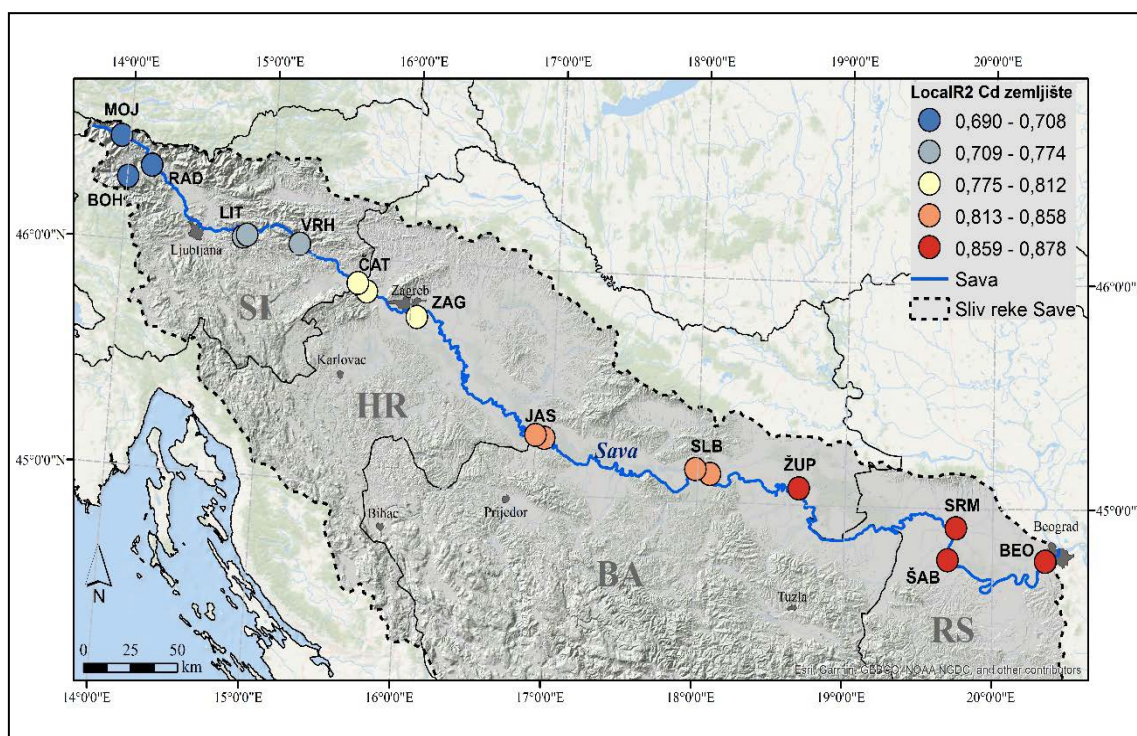
industrije (Vidmar et al., 2017; Milačić et al., 2017) kao i deponovanja zagađujućih čestica iz termoelektrana i deponija pepela (Kostić et al., 2018; Gajić et al., 2020) (Slika 14). Pojedinačni ekološki indeks pokazuje da su zemljišta gornjeg i srednjeg dela toka u kategoriji niskog rizika, dok na donjem delu toka dolazi do povećanja sa maksimalnom vrednošću od 47,68 na lokalitetu BEO (Tabela 58), što ukazuje na umeren rizik od zagađenja arsenom na ovom delu toka (Kuerban et al., 2020). Na osnovu geoprostorne analize u odnosu na izmeren sadržaj As u zemljištu, lokaliteti nizvodno od SLB označeni kao potencijalno opasni (Slika 18). Analiza ukupnog sadržaja i porekla As u površinskim slojevima zemljišta, određivanje ekološkog rizika kao i analiza „hot spot“ zona ukazuju da postoji potencijalni rizik po životnu sredinu na donjem delu toka reke Save.



Slika 18. Potencijalne zone rizika od zagađenja zemljišta arsenom u riparijalnoj zoni reke Save

PCA analiza uzoraka zemljišta iz oba preseka pokazala nam je da je poreklo **kadmijuma** mešovito (geološko-antropogeno poreklo), i da je ovaj element u zemljištu delimično poreklom iz matične podloge, a delimično kao posledica intenzivnih antropogenih aktivnosti. Poreklo Cd u zemljištu, u uzorcima iz 2014. godine, označeno je kao mešovito (geološko-antropogeno poreklo) ali pod uticajem poplavnog talasa, što nam potvrđuje i MLRA analiza (Slika 13). PCA analiza uzoraka zemljišta iz 2015. godine nam takođe pokazuje da je poreklo Cd geološko-antropogeno uz uočljiviji antropogeni uticaj, međutim MLRA analiza pokazuje da na poreklo Cd dominantno utiču ostali faktori za koje se pretpostavlja da su rezultat poplava iz prethodne godine (Slika 15). U gornjem delu sliva reke Save, uglavnom na teritoriji Slovenije, postoji veliki broj rudnika olova i cinka, a poznato je da se kadmijum javlja kao njihov pratilac (Adriano, 2001). Stoga možemo reći da je poreklo Cd na lokalitetima gornjeg dela toka reke Save uglavnom geološko, međutim postoji i određeni antropogeni uticaj, koji se ogleda kroz rudarske i industrijske aktivnosti koncentrisane pretežno oko čeličane u blizini Jasenica (Vidmar et al., 2017). Na lokalitetima srednjeg i donjeg dela toka reke Save, nizvodno od lokaliteta ŽUP, u oba preseka, možemo videti kako se povećava sadržaj Cd u zemljištu, ukazujući da je Cd na ovom delu toka upravo antropogenog porekla (Marković et al., 2018; Pavlović et al., 2019). Takvo poreklo kadmijuma je verovatno posledica mnogobrojnih industrijskih aktivnosti, pretežno hemijske i metalurške industrije na lokalitetima uzvodno od ČAT (Vidmar et al., 2017; Milačić et al., 2017), intenzivne poljoprivredne proizvodnje i upotrebe fosfatnih đubriva (Belanović et al., 2002; Halbach et al., 2017) na lokalitetima srednjeg

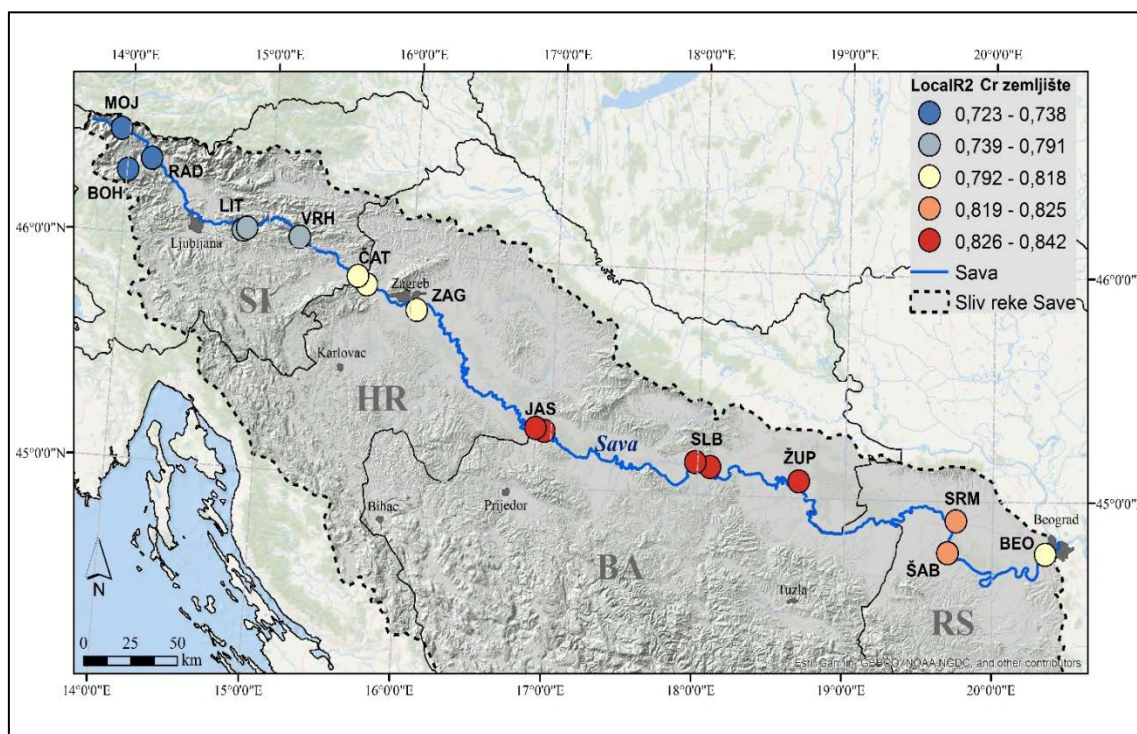
dela toka, kao i ispuštanja neprerađenih industrijskih i komunalnih voda (Milačić et al., 2017) i intenzivne atmosferske emisije na lokalitetima donjeg dela toka poreklom iz termoelektrana (Tanić et al., 2018; Gajić et al., 2020). Uticaj različitih antropogenih aktivnosti na sadržaj i distribuciju Cd u zemljištu uočava se i kroz procenu ekološkog rizika. Na ispitivanim lokalitetima gornjeg dela toka, u oba preseka, pojedinačni ekološki indeks proučavana zemljišta svrstava u kategoriju niskog stepena rizika od zagađenja kadmijumom (Kuerban et al., 2020) što potvrđuje geološko poreklo Cd na ovom delu toka. Na donjem delu toka, u prvom preseku 2014. godine, najveća vrednost pojedinačnog ekološkog indeksa utvrđena je na lokalitetu ŽUP i iznosila je 55,81 (Tabela 57). To ukazuje na postojanje antropogenog izvora zagađenja što zemljišta ovog dela toka svrstava u kategoriju umerenog stepena rizika od zagađenja kadmijumom, pri čemu se jasno uočava da dolazi do prenosa uticaja zagađenja na nizvodne lokalitete. U drugom preseku, 2015. godine, na lokalitetima ŠAB i BEO vrednosti pojedinačnog ekološkog indeksa su bile visoke, što zemljišta na ovom delu toka svrstava u kategoriju značajnog rizika (Kuerban et al., 2020), potvrđujući da postoje mnogobrojni antropogeni izvori zagađenja koji doprinose ukupnom riziku po životnu sredinu. Takođe, geoprostorna analiza (Slika 19) ukazuje da su lokaliteti nizvodno od ČAT okarakterisani kao potencijalno opasna zona odnosno „hot spots“ i vidimo kako progresivno dolazi do povećanja uticaja te su lokaliteti donjeg dela toka najugroženiji. Analiza ukupnog sadržaja Cd u zemljištu, njegovo intenzivno povećanje na donjem delu toka kao posledice antropogenih aktivnosti, kao i procena ekološkog rizika na osnovu pojedinačnog ekološkog indeksa i GWR metode, ukazuje da postoji potencijalni rizik po životnu sredinu na lokalitetima nizvodno od ŽUP.



Slika 19. – Potencijalne zone rizika od zagađenja zemljišta kadmijumom u riparijalnoj zoni reke Save

Posmatrajući PCA analizu uzorka zemljišta iz 2014. godine, vidimo da se **hrom** izdvojio u prvoj komponenti (Slika 12) koja je okarakterisana kao geološko-antropogeni faktor. Visoka korelacija sa Mn i Ni a delimično i sa As, kao i MLRA analiza (Slika 13) ukazuju da je najvećim delom poreklo Cr u zemljištu geološko. Slično je i sa uzorcima zemljišta iz 2015. godine, gde je PCA analiza izdvojila Cr u prvu komponentu označenu kao prirodni odnosno geološki faktor (Slika 14), što je potvrdila i MLRA analiza. Na grafiku vidimo da je udeo geološkog faktora oko 63%, što jasno ukazuje na geološko poreklo hroma u zemljištu (Slika 15). Na lokalitetima donjeg dela toka, tačnije nizvodno od lokaliteta ŽUP uočava se trend porasta sadržaja Cr u zemljištu (Tabele 18 i 20), što je

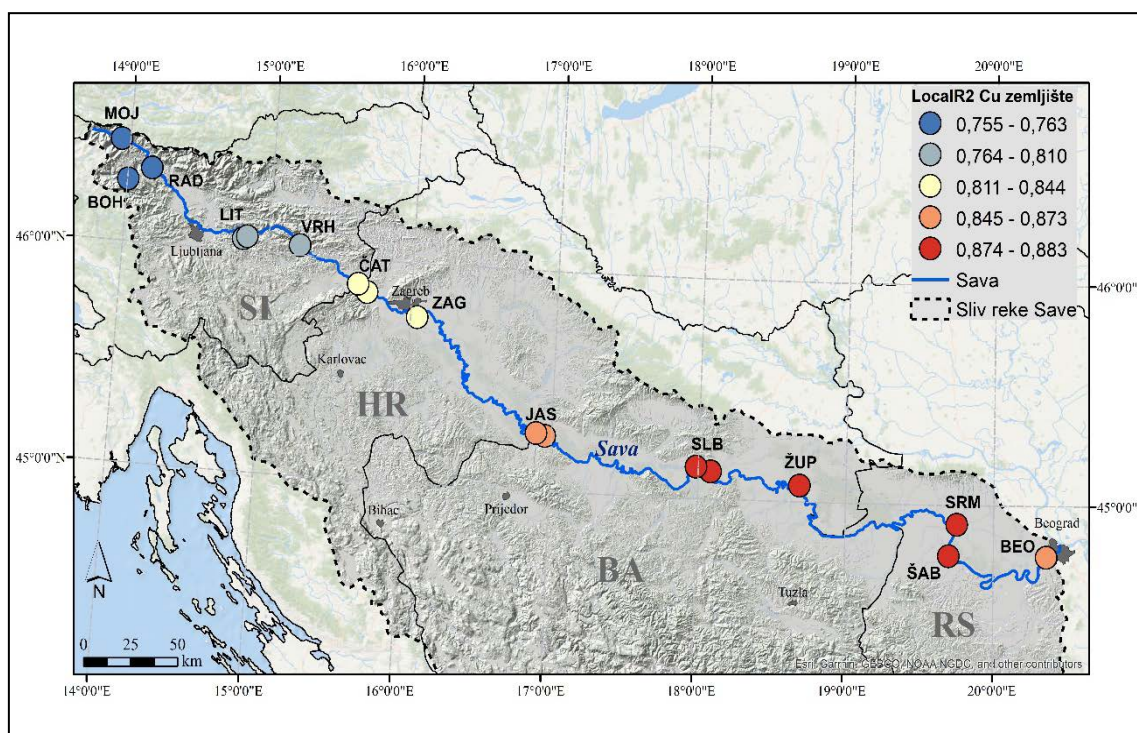
posledica sastava matične podloge u ovom delu sliva reke Save. U oba preseka, od lokaliteta ŽUP primetan je uticaj centralno-dinarskog ofiolitskog pojasa (Grba et al., 2015) gde imamo serpentinske stene izuzetno bogate hromom. Na ovom delu toka, povećan sadržaj hroma je posledica aluvijalnih i erozionih procesa u slivu reke Bosne (Grba et al., 2015), kao i aluvijalnih i erozionih procesa u slivu reke Kolubare (Mrvić et al., 2011; Belanović et al., 2013; Čakmak et al., 2018). Glavni razlog za ovakav trend porasta sadržaja Cr jeste njegovo nagomilvanje u površinskim slojevima zemljišta kao posledica razgradnje matične stene, a zatim i spiranja zemljišnih čestica erozionim procesima, što nesumnjivo dokazuje da je najvećim delom poreklo Cr u zemljištu geološko (Chrysochoou et al., 2016; Lightfoot, 2017). Mali udeo u porastu sadržaja Cr u zemljištu imaju antropogene aktivnosti na lokalitetima donjeg dela toka, prvenstveno usled ispuštanja neprerađenih ili delimično prerađenih otpadnih industrijskih voda i usled intenzivnih poljoprivrednih aktivnosti (Peterson et al., 1981; Alloway, 2013; Milačić et al., 2017). Na osnovu analize potencijalno opasnih zona, uočavamo da je povišen sadržaj uticao na to da su lokaliteti srednjeg dela toka, od ŽUP pa nizvodno, okarakterisani kao potencijalno ugroženi (Slika 20). Međutim, bez obzira na povišen sadržaj Cr u zemljištu, kao i označavanje srednjeg dela toka kao potencijalno opasnog odnosno „hot spot“ zonom, primenom pojedinačnog ekološkog indeksa dolazimo do zaključka da su u oba preseka, 2014. i 2015. godine, svi lokaliteti svrstani u kategoriju niskog rizika (<40, Kuerban et al., 2020), potvrđujući dominantno geološko poreklo Cr kao i da ne predstavlja opasnost po životnu sredinu i riparijalnu zonu reke Save.



Slika 20. – Potencijalne zone rizika od zagađenja zemljišta hromom u riparijalnoj zoni reke Save

Analiziranjem uzoraka zemljišta iz 2014. godine, PCA analiza izdvojila je **bakar** u prvoj komponenti koja ukazuje na geološko-antropogeno poreklo (Slika 12), što potvrđuje i MLRA analiza gde se vidi da je sadržaj Cu pod najvećim uticajem geološko-antropogenog faktora (Slika 13). Međutim, u odnosu na sadržaj koji se povećava na donjem delu toka, kao i povećanje procentualnog učešća oksidabilne faze na frakcionom profilu može se zaključiti da je Cu na lokalitetima srednjeg i donjeg dela toka pod određenim uticajem i antropogenih aktivnosti. U uzorcima iz 2015. godine, PCA analiza je izdvojila bakar u trećoj komponenti označenoj kao antropogeni faktor, a takođe činjenica da bakar nije korelisan ni sa jednim drugim elementom u zemljištu (Tabela 55) ukazuje da je njegovo poreklo specifično i posledica antropogenog zagađenja. Posmatrajući sadržaj bakra u zemljištu u oba preseka, uočavamo da se povišeni sadržaj javlja na

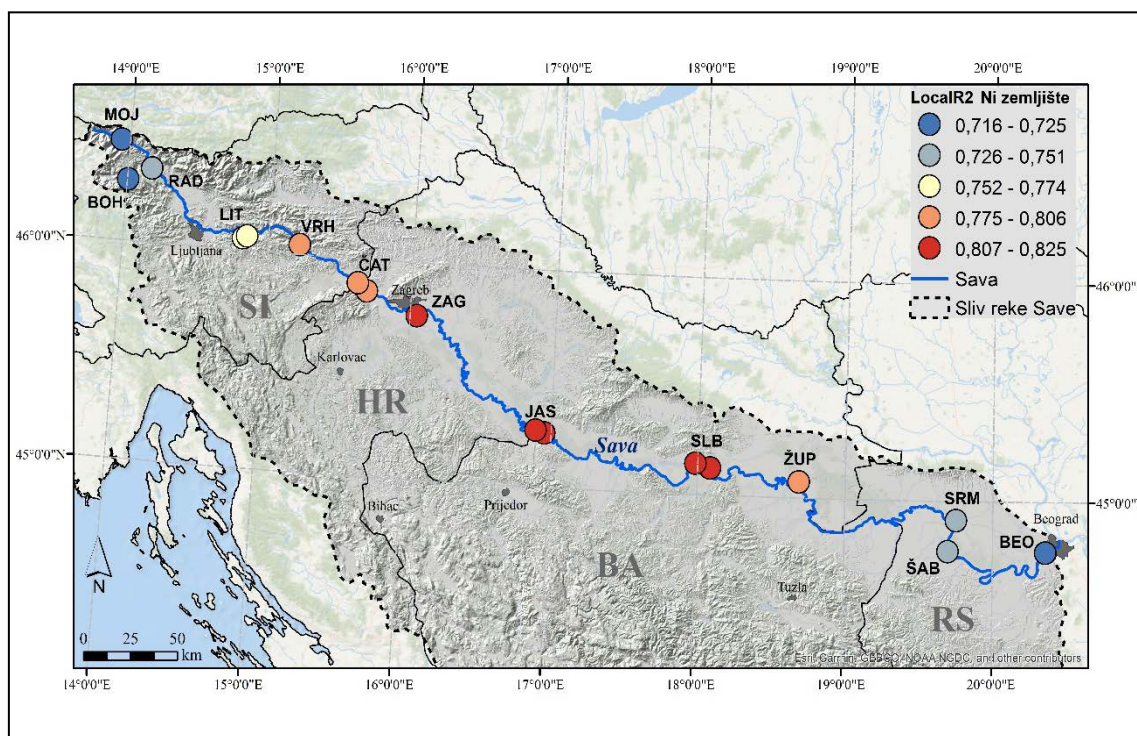
lokalitetima srednjeg i donjeg dela toka reke Save (Tabela 18 i 20). Imajući u vidu da lokaliteti srednjeg dela toka (ČAT, ZAG, SLB i JAS) pripadaju vinogradarskim regionima povišen sadržaj bakra u zemljištu ukazuje da je poreklo uglavnom posledica upotrebe različitih pesticida i herbicida u vinogradarstvu (Romić et al., 2014). Povišen sadržaj Cu na lokalitetima donjeg dela toka (ŽUP, SRM, ŠAB, BEO) delimično je posledica prenosa uticaja sa uzvodnih lokaliteta, ali i rezultat intenzivnih industrijskih i poljoprivrednih aktivnosti (ISRBC, 2016; Miotto et al., 2017; Pavlović et al., 2019). Takođe povišen sadržaj Cu na nizvodnim lokalitetima se javlja usled ispuštanja otpadnih industrijskih i komunalnih voda (Adriano, 2001; Alloway, 2013, Vidmar et al., 2017). Procena ekološkog rizika od zagađenja zemljišta bakrom urađena je na osnovu pojedinačnog i ukupnog ekološkog indeksa, kao i na osnovu geoakumulacionog indeksa. U odnosu na pojedinačan ekološki indeks (Ei) jedino se lokalitet ČAT izdvaja sa vrednošću od 45,05 što ga svrstava u kategoriju umereno zagađenog (Tabele 57 i 58). Slične rezultate dobijamo i primenom geoakumulacionog indeksa, gde uviđamo da se nizvodno od lokaliteta ČAT vrednosti Igeo povećavaju (Tabele 61 i 62). Ovo povećanje ukazuje da postoji obogaćenje bakrom u odnosu na background vrednosti što ukazuje da postoji umeren do značajan potencijalni ekološki rizik (Kurban et al., 2020). Usled povećanja sadržaja bakra na nizvodnim lokalitetima ukupan ekološki indeks je takođe visok ukazujući da postoji umereno zagađenje na ovom delu toka kao posledica intenzivnih antropogenih pritisaka. Analiza određivanja potencijalno opasnih zona ukazuje da upravo na lokalitetima nizvodno od ČAT postoji potencijalni rizik po životnu sredinu te su takvi lokaliteti označeni kao „hot spots“ (Slika 21).



Slika 21. – Potencijalne zone rizika od zagađenja zemljišta bakrom u riparijalnoj zoni reke Save

Slično sadržaju hroma u zemljištu, PCA analiza uzorka zemljišta iz 2014. godine je i **nikl** izdvojila u prvoj komponenti (Slika 12) koja je okarakterisana kao geološko-antropogeni faktor odnosno elementi izdvojeni u ovoj komponenti su delom geološkog a delom antropogenog porekla. Međutim, visoka korelacija sa Mn i Cr a delimično i sa As (Tabela 54), kao i MLRA analiza (Slika 13) ukazuju da je najvećim delom poreklo Ni u zemljištu dominantno geološko. U uzorcima zemljišta iz 2015. godine PCA analiza je izdvojila Ni u prvu komponentu označenu kao geološki faktor (Slika 14) s obzirom na visoku korelaciju sa Cr i Mn (Tabela 55). MLRA analiza pokazuje da je u ukupnom sadržaju Ni, udeo geološkog faktora oko 53%, što jasno ukazuje na njegovo geološko

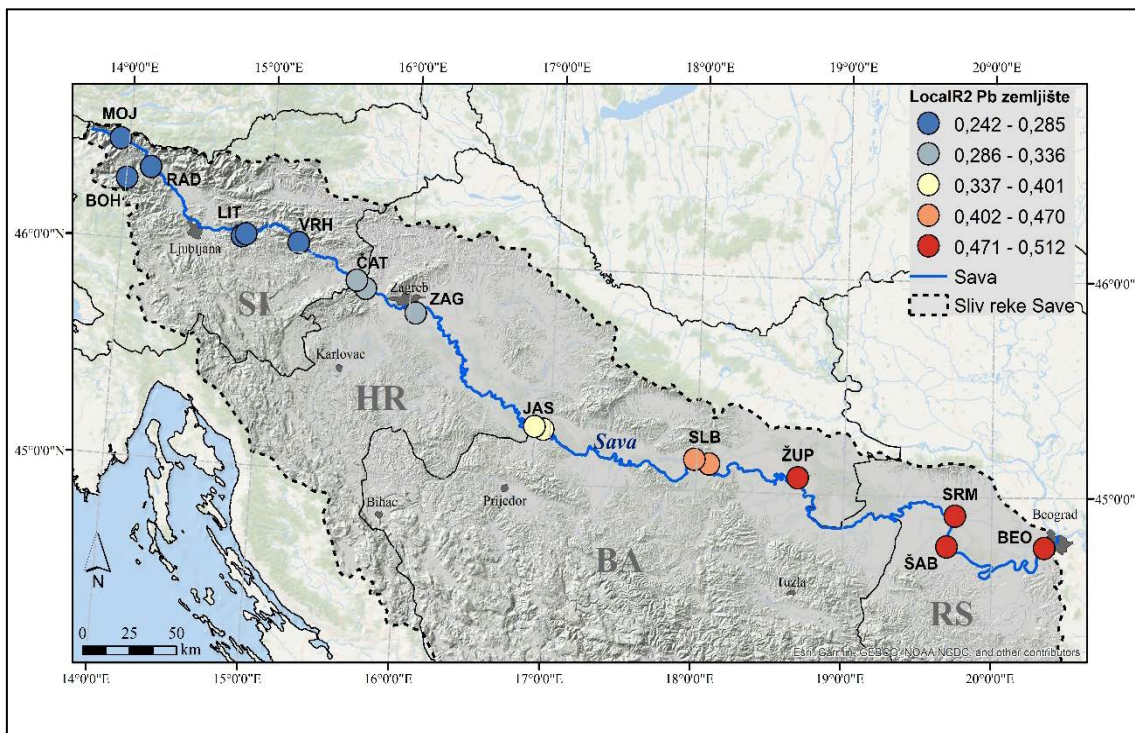
poreklo u zemljištu (Slika 15). Nizvodno od lokaliteta ŽUP uočava se povećanje sadržaja Ni u zemljištu u oba preseka. Ovakav porast je direktna posledica uticaja geološke podloge, primetan je uticaj centralno-dinarskog ofiolitskog pojasa, gde su dominantne serpentinske stene bogate hromom i niklom (Grba et al., 2015; Antić-Mladenović et al., 2016). Međutim, povišen sadržaj Ni na lokalitetima donjeg dela toka, u oba preseka, delimično je i posledica različitih antropogenih pritisaka kao što su industrijske aktivnosti i ispuštanje neprerađenih otpadnih voda (Milačić et al., 2017). Pojedinačan ekološki indeks (Ei) kao i geoakumulacioni indeks (Igeo) ukazuju da na lokalitetima gornjeg dela toka pa sve do lokaliteta ŽUP ne postoji ekološki rizik, što potvrđuje geološko poreklo Ni u zemljištu. Nizvodno od lokaliteta ŽUP, parametri ekološke procene rizika ukazuju da postoji umeren stepen zagađenja (Tabele 57, 58, 61 i 62) što, sa jedne strane, ukazuje na geološko poreklo ovog elementa na donjem delu toka, a sa druge strane ukazuje i na antropogeno poreklo kao posledica antropogenih pritisaka na donjim delovima sliva (ISRBC, 2016; Milačić et al., 2017; Marković et al., 2018; Pavlović et al., 2019). Analiza potencijalno opasnih zona označila je srednji deo toka reke Save kao potencijalno opasnu zonu u odnosu na sadržaj Ni. Takvu sliku dobijamo zbog povećanja sadržaja Ni u tom delu toka pod dejstvom uticaja geološke podloge kao i zbog erozionih procesa koji doprinose obogaćenju zemljišta niklom (Slika 11). Međutim, ovaj deo toka označen je kao potencijalno opasan delimično i zbog činjenice da se sadržaj Ni povećava ne samo usled antropogenih aktivnosti nego i zbog njegove rastvorljivosti i sposobnosti da se vezuje za organsku materiju predstavljajući potencijalnu opasnost po riparijalnu zonu reke Save (Slika 22).



Slika 22. – Potencijalne zone rizika od zagađenja zemljišta niklom u riparijalnoj zoni reke Save

Negativna korelacija sa ostalim ispitivanim elementima ukazuje da je poreklo **olova** u zemljištu, u ispitivanim uzorcima iz 2014. godine, drugačije u odnosu na ostale elemente, što nam potvrđuje PCA analiza (Tabela 31) kao i MLRA analiza (Slika 13). Olovo je izdvojeno u drugoj komponenti koja je označena kao antropogeni faktor, pri čemu su uticaji geološke podloge i poplavnog talasa minimalni. Povišen sadržaj Pb na lokalitetu RAD se javlja kao posledica blizine rudnika olova i cinka, rudarskih aktivnosti, kao i intenzivne industrijske aktivnosti, tj. metaloprerađivačke industrije, uzvodno od istraživanog lokaliteta (Vidmar et al., 2017). Na donjem delu toka uočava se povišen sadržaj Pb u površinskim slojevima zemljišta, s obzirom da je na donjem delu toka reke Save skoncentrisan veliki broj industrijskih centara (Milačić et al., 2017). S druge strane, PCA

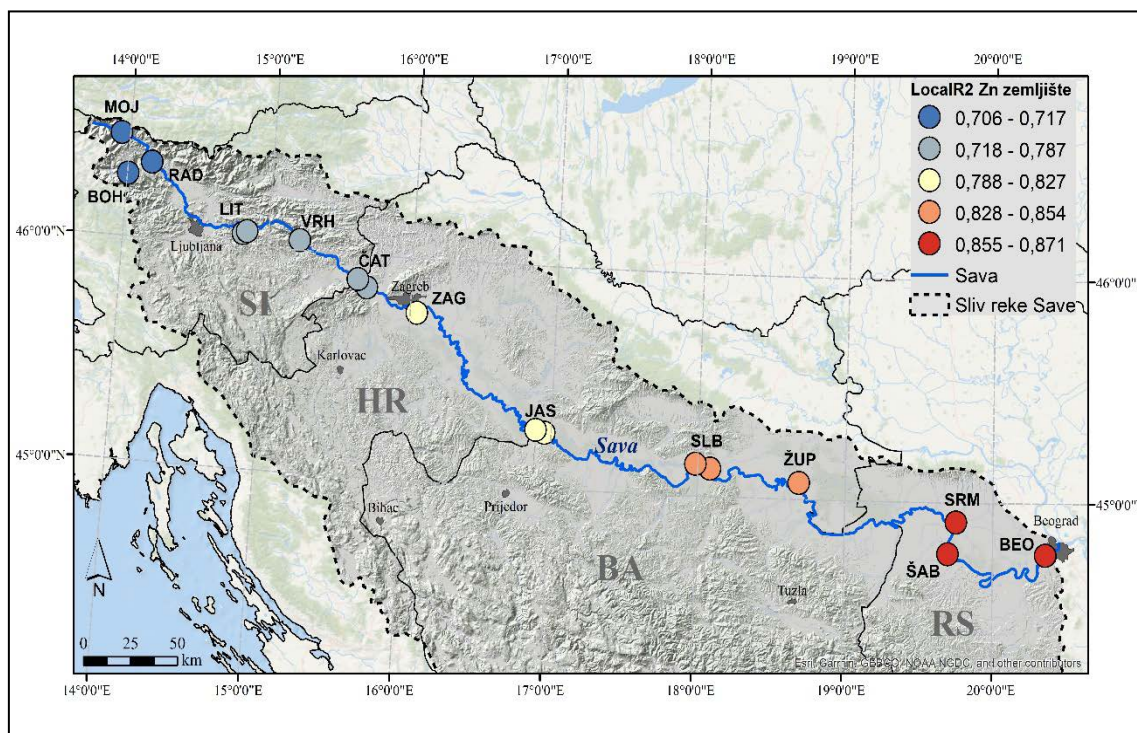
analiza uzoraka zemljišta iz 2015. godine izdvojila je Pb, zajedno sa As, Cd i Zn, u drugu komponentu ukazujući na delom prirodno i delom antropogenog poreklo ovog elementa (Slika 14). Slično uzorcima iz 2014. godine, visok sadržaj olova na lokalitetima gornjeg dela toka, prevashodno na lokalitetu MOJ (Tabela 20), ukazuje da je njegovo poreklo pod najvećim uticajem rudarskih aktivnosti iz obližnjih rudnika olova i cinka (Marković et al., 2018; Pavlović et al., 2019). Ovo takođe objašnjava i javljanje Zn, As i Cd u istom klasteru sa olovom, s obzirom da su ovi elementi česti pratioci ruda bogatih olovom. Sadržaj Pb se delimično povećava na lokalitetima donjeg dela toka zbog antropogenih pritisaka, najviše zbog industrijskih aktivnosti i zbog emisije štetnih gasova iz motornih vozila (Imperato et al., 2013; Zhao et al., 2014). Poreklo olova u zemljištu delimično može biti posledica upotrebe benzina na bazi olova, koja je zabranjena tek 2010. godine (Ghariani et al., 2010; Pavlović et al., 2018), ali i zbog sposobnosti olova da se taloži u površinskim slojevima zemljišta u blizini izvora zagađenja (Al-Chalabi and Hawker, 2000; Alloway, 2013). Niske vrednosti pojedinačnog ekološkog indeksa, i geoakumulacionog indeksa u oba preseka ukazuju da je potencijalni ekološki rizik od zagađenja nizak (Tabele 57, 58, 61 i 62). Olovo u vrlo malom procentu učestvuje u ukupnom ekološkom riziku po riparijalnu zonu reke Save. Međutim, povećanje sadržaja u nizvodnom delu toka, gde su izmerene vrednosti iznad proseka za svetska zemljišta, njegova rastvorljivost kao i sposobnost Pb da se u površinskim slojevima lako veže za organsku materiju, uslovlili su formiranje potencijalno opasne zone u srednjem i donjem delu toka (Slika 23).



Slika 23. – Potencijalne zone rizika od zagađenja zemljišta olovom u riparijalnoj zoni reke Save

PCA analiza uzoraka zemljišta iz 2014. godine izdvojila je **cink** u prvu komponentu, ukazujući da je njegovo poreklo geološko-antropogeno, odnosno da je izražen i uticaj geološke podloge kao i antropogeni uticaj, a sve pod velikim uticajem poplavnog talasa (Slika 12). S druge strane, PCA analiza uzoraka zemljišta iz 2015. godine izdvojila je Zn u drugu komponentu, takođe ukazujući da je poreklo Zn geološko-antropogeno (Slika 14). U oba preseka, 2014. i 2015. godine, na gornjem delu toka na ispitivanim lokalitetima poreklo Zn je slično olovu, odnosno povišen sadržaj je posledica rudarskih aktivnosti, što potvrđuje njegovo mešovito poreklo (Vidmar et al., 2017; Marković et al., 2018). Idući nizvodno, uočava se trend povećanja sadržaja Zn u zemljištu, u oba preseka, što je pogotovo izraženo na lokalitetima u blizini velikih naseljenih mesta (ZAG, BEO) kao i u blizini industrijskih centara (ŠAB, SRM). Na ovoj deonici reke Save, cink koji se javlja u

površinskim slojevima zemljišta poreklom je od poljoprivrednih aktivnosti, kao što je primena različitih pesticida i đubriva, ali i usled ispuštanja industrijskih i neprerađenih ili delimično prerađenih komunalnih voda (Adamiec et al., 2016; Milačić et al., 2017). Ekološki indeks zagađenja kao i Igeo ukazuju da nema potencijalnog rizika po životnu sredinu i riparijalnu zonu reke Save, što potvrđuje i vrlo nizak procenat učešća Zn u ukupnom ekološkom indeksu RI (Tabele 57, 58, 61 i 62). Razlog za izdvajanje donjeg dela toka u potencijalno opasnu zonu, na osnovu GWR analize, jeste povećanja sadržaja Zn u zemljištu i antropogeni pritisak koji velika naseljena i industrijska mesta imaju na životnu sredinu (Slika 24).



Slika 24. – Potencijalne zone rizika od zagađenja zemljišta cinkom u riparijalnoj zoni reke Save

6.4. Teški metali i metaloidi u sedimentu/nanosu

Proizvod erozionih procesa u slivu je sediment/nanos koji sa padina dospeva u rečnu mrežu. Erozioni nanos se, u zavisnosti od toga kako se prenosi, može podeliti na dve grupe i to na suspendovani i vučeni nanos (Kostadinov, 2008). Tereni koji su pod velikim nagibom a gde su u velikoj meri degradirani i zemljišni i biljni pokrivač imaju jasnu predispoziciju ka pojavi vrlo intenzivnih erozionih procesa (Ristić et al., 2011). Procesima erozije često dolazi do transporta i deponovanja zagađujućih materija, koji se nalaze u nanosu, u rečne vodotokove (Evans, 2006). Morfološke i hidrološke karakteristike rečnog toka velikih reka kao i erozioni procesi, prvenstveno u gornjim delovima sliva, mogu imati veliki uticaj na formiranje i transport sedimenata/nanosa. Nanos, prvenstveno onaj koji se transportuje tokom poplavnog talasa, deponuje se na obalu utičući na formiranje vrlo karakterističnog riparijalnog zemljišta. Čestim poplavama, količina sedimenta/nanosa koja se deponuje na površinski sloj zemljišta biva sve veća, doprinoseći značajnom povećanju sadržaja potencijalno štetnih mikroelemenata (Ciesielczuk et al., 2014). Na ovaj način sediment postaje sekundarni izvori zagađenja zemljišta (Mikkelsen and Vesho, 2000; Chen et al., 2016; Song et al., 2021). Zagađenje akvatičnih sistema a samim tim i površinskih slojeva sedimenta/nanosa teškim metalima i metaloidima predstavlja globalni problem s obzirom na njihovu biotoksičnost, sporu biorazgradnju, perzistentnost i sposobnost da se vrlo lako uključe u lanac ishrane (Xie et al., 2014; Liu et al., 2020). Nakon što dospeju u vodu, teški metali i metaloidi

se vrlo lako absorbiraju i deponuju u sedimentima (Zhao et al., 2017) i kao takvi mogu se lako ponovo osloboditi usled promena vodnog režima i procesa taloženja (Liu et al., 2019, 2020).

Stoga je procena zagađenja teškim metalima u sedimentu/nanosu od velikog značaja za zaštitu životnu sredinu, vodene organizme ali i za bezbednost ljudi. Dosadašnja istraživanja ukazuju da se teški metali i metaloidi kao što su As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn često akumuliraju u površinskim slojevima rečnog sedimenta/nanosa i predstavljaju veliki ekološki rizik (Čakmak et al., 2018; Liu et al., 2018b; Pavlović et al., 2019). Više od 97% procenata teških metala i metaloida u okeanima potiče iz reka i rečnih sedimenata (Jain and Sharma, 2001). Zagađenje reka i rečnih sedimenata u urbanizovanim i industrijalizovanim regionima predstavljaju jedan od većih ekoloških problema u Evropi (Navarro-Ortega et al., 2015). Dosadašnjim istraživanjima utvrđeno je da su najčešći izvori zagađenja rečnih ekosistema zapravo direktni ispusti industrijskih voda, zagađivači kao što su policiklični aromatični ugljovodonici (PAH), polihlorovani bifenili (PCB) i teški metali i metaloidi koji su često rezultat ispuštanja netretiranih komunalnih voda (Rügner et al., 2019; Pavlović et al., 2016, 2019).

Ukupan sadržaj teških metala i metaloida u rečnim sedimentima zavisi često od sastava matičnog supstrata, od antropogenih aktivnosti koje mogu povećati prirodnu količinu teških metala i do nekoliko puta ali i od same sposobnosti sedimenata da apsorbiraju i deponuju teške metale (Liu et al., 2019). Međutim, za procenu zagađenja rečnih sedimenata od teških metala i metaloida nije dovoljno samo odrediti ukupan sadržaj već je potrebno uraditi i sekvencijalnu ekstrakciju kako bi se dobila jasnija slika o načinu vezivanja, mobilnosti i potencijalne dostupnosti teških metala (Filigueras et al., 2002; Pavlović et al., 2019; Liu et al., 2019).

6.4.1. Ukupan sadržaj i frakcije teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu reke Save

Za potrebe ove disertacije ispitan je sadržaj 18 potencijalno toksičnih elemenata u površinskim slojevima sedimenta/nanosa reke Save, dok je fokus diskusije bio na 7 teških metala i metaloida (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn) koji su označeni kao prioritetni polutanti prema direktivama o kvalitetu vode Evropske komisije i Međunarodne komisije za zaštitu Dunava (ICPDR, 2002, EU Directive 2000/60/EC).

Ukupan sadržaj, rastvorljivost i dostupnost ispitivanih elemenata u sedimentu/nanosu (Ag, Al, Ba, Co, Fe, Li, Mn, Mo, Se, Sr i Tl) zavisi od različitih fizičko-hemijskih karakteristika pri čemu najveći uticaj imaju pH i oksido-redukcioni uslovi.

Sadržaj **srebra (Ag)** u uzorcima sedimenta/nanosa uzorkovanog u periodu visokog (2014. god.) ima rastući trend na lokalitetima donjeg dela toka dok se u periodu niskog vodostaja (2015. god.) ne može uočiti jasna pravilnost u prostornoj distribuciji duž toka reke Save. Prosečan sadržaj Ag je oko $0,10 \text{ mg kg}^{-1}$ (Adriano, 2001) i na skoro svim lokalitetima, u oba preseka, sadržaj Ag u ispitivanim uzorcima je bio viši. Sadržaj Ag u periodu niskog vodostaja bio je viši u odnosu na sadržaj Ag koji je izmeren u periodu visokog vodostaja (Tabele 36 i 37). Sadržaj **aluminijuma (Al)** u uzorcima sedimenta/nanosa, u oba preseka, imao je rastući trend na nizvodnim lokalitetima. Sadržaj Al u periodu visokog vodostaja bio je viši u odnosu na sadržaj Al u periodu niskog vodostaja pri čemu u oba preseka sadržaj Al nije bio viši u odnosu na svetski prosek (70000 mg kg^{-1} , Kabata-Pendias, 2001). Sadržaj **barijuma (Ba)** u uzorcima sedimenta/nanosa uzorkovanog u periodu visokog vodostaja varira duž toka pri čemu se primećuje da dolazi do povećanja sadržaja na lokalitetima donjeg dela toka (Tabela 36) dok sadržaj Ba u uzorcima sedimenta/nanosa uzorkovanog u periodu niskog vodostaja ima vrlo neujednačen trend duž toka (Tabela 37). Sadržaj Ba u periodu visokog vodostaja bio je i do nekoliko puta viši u odnosu na period niskog vodostaja, pogotovo na lokalitetima donjeg dela toka. Sadržaj **kobalta (Co)** u uzorcima sedimenta/nanosa, u oba preseka,

ima rastući trend na lokalitetima donjeg dela toka. Prosečan sadržaj Co u Zemljinoj kori se kreće u opsegu od 20 do 27 mg kg⁻¹ (Adriano, 2001). Sadržaj Co u uzorcima sedimenta/nanosa je u oba preseka bio niži od prosečnog svetskog sadržaja (Tabele 36 i 37). Takođe, uočava se da je sadržaj Co u periodu visokog vodostaja bio viši u odnosu na sadržaj u periodu niskog vodostaja. Sadržaj **gvožđa (Fe)** ima jasno uočljiv trend povećanja na lokalitetima donjeg dela toka i u periodu visokog i u periodu niskog vodostaja. Takođe, može se uočiti da je sadržaj Fe u periodu visokog vodostaja bio viši u odnosu na sadržaj Fe koji je izmeren u periodu niskog vodostaja. Sadržaj **litijuma (Li)** u uzorcima sedimenta/nanosa u periodu visokog vodostaja ima rastući trend na lokalitetima donjeg dela toka dok se u periodu niskog vodostaja ne može uočiti jasna pravilnost u prostornoj distribuciji duž toka. Prosečan sadržaj Li u sedimentu/nanosu nije definisan, ali ako uzmemo u obzir prosečan sadržaj u zemljinoj kori (20 - 25 mg kg⁻¹, Kabata-Pendias, 2011) i u zemljištu (13 – 28 mg kg⁻¹, Kabata-Pendias, 2011) uočavamo da je sadržaj Li dobijen u okviru ovih istraživanja, na skoro svim lokalitetima u oba preseka, bio viši od prosečnih vrednosti. Sadržaj Li u periodu visokog i niskog vodostaja bio je skoro ujednačen, pri čemu se može uočiti da ipak postoji određeno povećanje sadržaja Li u periodu visokog vodostaja (Tabele 36 i 37). Sadržaj **mangana (Mn)** u uzorcima sedimenta/nanosa, u oba preseka, ima jasno izražen trend povećanja na lokalitetima donjeg dela toka. Prosečan sadržaj Mn je oko 1000 mg kg⁻¹ (Adriano, 2001). Sadržaj Mn je bio viši od svetskog preseka samo na lokalitetu BEO u toku perioda visokog vodostaja (Tabela 36). Sadržaj Mn je vrlo ujednačen i u toku visokog i u toku niskog vodostaja (Tabele 36 i 37). **Molibden (Mo)** u uzorcima sedimenta/nanosa u oba preseka nije detektovan ni na jednom lokalitetu. Sadržaj **selena (Se)** u uzorcima sedimenta/nanosa uzorkovanog u periodu visokog vodostaja nema jasno uočljiv trend duž toka, dok se u sedimentu/nanosu uzorkovanom u periodu niskog vodostaja uočava trend povećanja sadržaja na lokalitetima donjeg dela toka. Prosečan sadržaj Se je u opsegu od 0,10 do 2 mg kg⁻¹ (Adriano, 2001) i može se uočiti da je Se u sedimentu/nanosu donjeg dela toka viši u odnosu na svetski prosek (Tabele 36 i 37). Sadržaj Se u periodu niskog vodostaja bio je viši u odnosu na sadržaj Se u periodu visokog vodostaja prvenstvo na lokalitetima donjeg dela toka. Sadržaj **stroncijuma (Sr)** u uzorcima sedimenta/nanosa, u oba preseka, ima jasno uočljiv trend smanjenja duž toka. Prosečan sadržaj Sr je u opsegu od 270 do 310 mg kg⁻¹ (Kabata-Pendias, 2011) i sadržaj Sr u ispitivanom sedimentu/nanosu ni na jednom lokalitetu nije bio viši od prosečnog sadržaja. Takođe, sadržaj stroncijuma je bio viši u periodu niskog vodostaja u odnosu na sadržaj izmeren u periodu visokog vodostaja (Tabele 36 i 37). Sadržaj **talijuma (Tl)** u periodu visokog vodostaja ima određen trend povećanja na lokalitetima donjeg dela toka dok, u periodu niskog vodostaja nema jasno uočljive prostorne distribucije. Prosečan sadržaj Tl je oko 0,5 mg kg⁻¹ (Kabata-Pendias, 2011). Sadržaj Tl u uzorcima sedimenta/nanosa uzorkovanog u periodu niskog vodostaja nije bio viši od prosečnih vrednosti ni na jednom lokalitetu, dok je u periodu visokog vodostaja sadržaj Tl bio viši samo na lokalitetima donjeg dela toka. Takođe uočava se da je sadržaj Tl u periodu visokog vodostaja bio viši u odnosu na sadržaj Tl u periodu niskog vodostaja (Tabele 36 i 37).

Sadržaj **arsena (As)** u uzorcima sedimenta/nanosa iz 2014. godine varirao je u širokom opsegu u zavisnosti od lokaliteta, pri čemu se uočava trend povećanja sadržaja idući nizvodno (Tabela 36). Na lokalitetima gornjeg dela toka (RAD, LIT, ČAT) sadržaj As bio je ispod graničnih vrednosti preporučenih za sediment/nanos (20 mg kg⁻¹, ICPDR, 2002) kao i ispod TEL (7,24 mg kg⁻¹) i PEL (41,60 mg kg⁻¹) vrednosti (Табела 56; CCME, 2001). Na donjem delu toka sadržaj As je bio iznad TEL vrednosti, odnosno iznad nivoa graničnog efekta koji As može imati na riparijalu zonu. Sadržaj As u sedimentu/nanosu na lokalitetima gornjeg dela toka, u uzorcima iz 2014. godine, bio je ispod background vrednosti, dok je na lokalitetima SRM i BEO bio iznad background vrednosti za riparijalnu zonu reke Save (11,53 mg kg⁻¹, Marković et al., 2018). Sadržaj As u sedimentu/nanosu bio je viši u odnosu na sadržaj As u zemljištu i to na većini lokaliteta gornjeg dela toka, što može biti rezultat intenzivnih erozionih procesa u gornjem delu sliva (Slika 11). Sadržaj As u uzorcima iz 2015. godine varirao je u zavisnosti od lokaliteta prateći sličnu geografsku distribuciju kao i sadržaj As u uzorcima iz 2014. godine (Tabela 37). Na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka sadržaj As

je bio nizak i nije prelazio vrednost graničnog efekta (TEL). Na lokalitetima donjeg dela toka dolazi do povećanja sadržaja arsena, pri čemu su te vrednosti više od vrednosti graničnog efekta a takođe više i od background vrednosti za riparijalnu zonu reke Save (Tabela 37). Na povećanje sadržaja arsena u donjim delovima toka najviše utiče transport i taloženje sitnih čestica gline za koje se As najviše vezuje (Barry et al., 1995; Lim et al., 2012).

Pređašnjim istraživanjima sedimenta/nanosa reke Save (Milačić et al., 2010) utvrđen sadržaj arsena kretao se u opsegu od 2,9 do 25,1 mg kg⁻¹, što je slično sadržaju dobijenom istraživanjima u okviru ove disertacije (Tabele 36 i 37), dok je u novijim istraživanjima sadržaj As u sedimentu/nanosu bio vrlo sličan na lokalitetima gornjeg dela toka a do nekoliko puta viši na lokalitetima donjeg dela toka, što može biti posledica poplava (Milačić et al., 2017). Takođe, slična istraživanja su sprovedena na reci Kolubari, gde je sadržaj As u sedimentu/nanosu bio vrlo sličan sadržaju arsena u nnaosu reke Save, u oba preseka. Sadržaj As u sedimentu reke Kolubare kretao se u opsegu od 1,8 do 10,5 mg kg⁻¹ (Čakmak et al., 2018). U pređašnjim istraživanjima sprovedenim u riparijalnoj zoni reke Dunav (Woitke et al., 2003) sadržaj As se kretao u opsegu od 9 do 68,9 mg kg⁻¹ što je i do nekoliko puta viši sadržaj u odnosu na sadržaj As u sedimentu/nanosu reke Save. S druge strane, u novijim istraživanjima na reci Dunav (Pavlović et al., 2016) sadržaj As se kretao u opsegu od 8,31 do 28,94 mg kg⁻¹, što je viši sadržaj u odnosu na sediment/nanos reke Save. Poredeći sadržaj arsena u sedimentima/nanosu drugih regionalnih i evropskih reka koje su sličnog stepena zagađenja i sadržaja As u sedimentu/nanosu reke Save uočava se da postoji određena sličnost.

Sekvencijalna ekstrakcija je poslužila za utvrđivanje mobilnosti i dostupnosti As u ispitivanom sedimentu/nanosu. Bitno je primetiti da je ponašanje As u frakcionom profilu (Grafik 39) vrlo slično ponašanju As u frakcionom profilu zemljišta iz 2014. godine (Grafik 3). Jedan od dominantnijih faktora je bio poplavni talas, utičući na rastvorljivost i mobilnost arsena. Na frakcionom profilu uočava se da je najveći deo As bio ekstrahovan u drugoj i trećoj fazi ukazujući da arsen ima afinitet da se vezuje za organsku materiju kao i za okside gvožđa i mangana (Adriano, 2001) (Grafik 39). Na donjem delu toka udeo druge i treće faze se smanje a dolazi do povećanja učešća rezidualne faze u frakcionom profilu (Grafik 39). Frakcioni profil sedimenta/nanosa uzorkovanog 2015. godine je bio veoma različit, s obzirom da su na sediment/nanos 2014. godine veliki uticaj imale poplave i fluktuacije vodostaja. Najveći deo sadržaja As ekstrahovao se u rezidualnoj fazi, dok su se zanemarljivo male količine ekstrahovale u prve tri faze (Grafik 57). Ovo ukazuje da je, bez obzira na visok ukupan sadržaj, As u sedimentu/nanosu skoro nedostupan i čvrsto vezan u kristalnoj rešetci kao posledica promena u oksido-redukcionim uslovima (Alloway, 2013). Najznačajnija frakcija za procenu ekološkog rizika je upravo prva, odnosno biodostupna frakcija. U uzorcima sedimenta/nanosa iz 2014. godine As je bio ispod limita detekcije u prvoj fazi, dok je 2015. godine procentualno učešće u prvoj fazi bilo zanemarljivo malo, ukazujući da i pored visokog ukupnog sadržaja on nije biodostupan.

Sadržaj **kadmijuma (Cd)** u sedimentu/nanosu na ispitivanim lokalitetima, 2014. godine, bio je ispod graničnih vrednosti preporučenih za sediment (1,2 mg kg⁻¹, ICPDR, 2002) kao i ispod TEL (0,70 mg kg⁻¹) i PEL (4,20 mg kg⁻¹) vrednosti (CCME, 2001) (Tabele 36 i 56). Takođe, u uzorcima iz 2014. godine, sadržaj kadmijuma u sedimentu/nanosu bio je ispod background vrednosti, dok je na lokalitetu BEO bio na granici background vrednosti za riparijalnu zonu reke Save (0,68 mg kg⁻¹, Marković et al., 2018). Sadržaj kadmijuma u uzorcima iz 2015. godine varirao je takođe u zavisnosti od lokaliteta, pri čemu je imao sličnu geografsku distribuciju kao i sadržaj Cd u uzorcima iz 2014. godine, odnosno uočen je trend povećanja idući ka nizvodnim lokalitetima (Tabela 37). Na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka sadržaj Cd je bio nizak i nije prelazio vrednost graničnog efekta (TEL), kao ni granične vrednosti za sediment (ICPDR, 2002). Na lokalitetima donjeg dela toka dolazi do povećanja sadržaja Cd, pri čemu su te vrednost više od vrednosti graničnog efekta, ICPDR granične vrednosti, a takođe više i od background vrednosti za riparijalnu zonu reke Save, međutim i dalje niže od PEL vrednosti (Tabela 37).

Pređašnjim istraživanjima sedimenta reke Save (Milačić et al., 2010) utvrđen sadržaj kadmijuma kretao se u opsegu od 0,22 do 1,40 mg kg⁻¹, što je vrlo slično sadržaju dobijenom istraživanjima u okviru ove disertacije (Tabele 36 i 37), dok je u novijim istraživanjima (Milačić et al., 2017) sadržaj Cd bio niži u odnosu na sadržaj dobijen u okviru ove disertacije. Slična istraživanja su sprovedena na reci Kolubari i reci Tisi, gde je sadržaj Cd u sedimentu bio sličan sadržaju kadmijuma u sedimentu/nanosu reke Save, u oba preseka. Sadržaj Cd u sedimentu reke Kolubare kretao se u opsegu od 0,27 do 1,89 mg kg⁻¹ (Čakmak et al., 2018) dok se sadržaj Cd u sedimentu reke Tise kretao u opsegu od 1,90 do 9,97 mg kg⁻¹ (Sakan and Đorđević, 2010) što su veće vrednosti u odnosu na sediment/nanos reke Save. U pređašnjim istraživanjima sprovedenim u riparijalnoj zoni reke Dunav (Woitke et al., 2003) sadržaj Cd u sedimentu se kretao u opsegu od 1,1 do 25,9 mg kg⁻¹ što je i do nekoliko puta viši sadržaj u odnosu na sadržaj Cd u sedimentu/nanosu reke Save. S druge strane, u novijim istraživanjima na reci Dunav (Pavlović et al., 2016) sadržaj Cd u ispitivanom sedimentu/nanosu kretao se u opsegu od 0,12 do 2,09 mg kg⁻¹, što je vrlo identičan sadržaju Cd u uzorcima iz reke Save što je donekle očekivano imajući u vidu da je Sava jedna od najvećih pritoka Dunava. Poredeći sadržaj Cd, u sedimentima/nanosima drugih regionalnih i evropskih reka koje su sličnog stepena zagađenja i sadržaja Cd u sedimentu reke Save uočava se da postoji određena sličnost u stepenu zagađenja, dok se kod prethodnih istraživanja na reci Savi (Milačić et al., 2010, 2017) uočava i slična distribucija kadmijuma, odnosno sadržaj se povećava na donjem delu toka.

Na frakcionom profilu iz 2014. godine možemo videti da se veliki deo Cd nalazi u rezidualnoj frakciji, čvrsto vezan za kristalnu rešetku (Grafik 41). Ovakav frakcioni profil i način vezivanja Cd s jedne strane pokazuje njegovo delimično geološko poreklo (Chlopecka et al., 1996), a i na činjenicu da je on vrlo slabo mobilan u uslovima gde je pH veća od 7,5 (Kabata-Pendias and Pendias, 2001), kao što je i slučaj sa ispitivanim sedimentom/nanosom. Na frakcionom profilu uočava se da je učešće druge i treće faze značajno, što se može javiti kao posledica veće rastvorljivosti kadmijuma u prisustvu karbonata, ali i poplavnog talasa (Mitchell et al., 2016). Visok procenat učešća reducibilne faze u frakcionom profilu je s jedne strane posledica poplavnog talasa i turbulentnog kretanja čestica sedimenta/nanosa kao i pokretanja čestica iz dubljih slojeva sedimenta/nanosa, a s druge strane afiniteta kadmijuma za vezivanje sa amorfnim oblicima oksida Fe i Mn (Shaheen and Rinklebe, 2014). Na frakcionom profilu Cd u uzorcima sedimenta/nanosa iz 2015. godine uočavamo da je najdominantnije učešće rezidualne frakcije sa izuzetno malim učešćem oksidabilne frakcije, što ukazuje da je Cd čvrsto vezan za kristalnu rešetku (Grafik 59), međutim visok ukupan sadržaj, pogotovo na lokalitetima donjeg dela toka, ukazuje da ipak postoji opasnost od zagađenja.

Hrom (Cr) predstavlja element koji je prisutan u svim tipovima matične podloge i njegova količina može varirati od toga da se nalazi samo u tragovima do izuzetno visokih koncentracija (Alloway, 2013). Sadržaj Cr u sedimentu/nanosu direktno zavisi od tipa i sastava matične podloge. U neutralnim i slabo alkalnim uslovima Cr je slabo mobilan i dostupan (Kabata-Pendias, 2011), što potvrđuju i rezultati naših istraživanja (Pavlović et al., 2018; Marković et al., 2018; Pavlović et al., 2019; Mataruga et al., 2020). Poslednjih decenija, sadržaj hroma u zemljištu i sedimentu/nanosu povećao se i do nekoliko puta kao posledica intenzivne industrijalizacije i urbanizacije riparijalnih zona velikih reka (Alloway, 2013). S obzirom na afinitet hroma da se vezuje za fine čestice gline, njegov sadržaj je uglavnom viši u ilovastim i glinovitim medijumima, dok je u peskovitim dosta niži (Barry et al., 1995; Kabata-Pendias, 2011). Ovo potvrđuju i dobijeni rezultati gde se vidi porast sadržaja Cr u sedimentu/nanosu idući ka ušću u odnosu na promenu u teksturi od peskovite ka praškasto ilovastoj (Tabele 12 i 13).

Na svim ispitivanim lokalitetima sadržaj Cr u uzorcima iz 2014. godine bio je ispod graničnih vrednosti preporučenih za sediment (100 mg kg⁻¹, ICPDR, 2020), dok je na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka bio ispod TEL (52,30 mg kg⁻¹) i PEL (160 mg kg⁻¹) vrednosti (CCME, 2001) (Tabele 36 i 56). Na lokalitetima donjeg dela toka sadržaj Cr u sedimentu/nanosu bio je iznad TEL

vrednosti. Takođe, u uzorcima iz 2014. godine, sadržaj hroma u sedimentu/nanosu na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka bio je ispod background vrednosti, dok je na lokalitetima donjeg dela toka bio iznad background vrednosti za riparijalnu zonu reke Save (72,5 mg kg⁻¹, Marković et al., 2018) (Tabela 36). Na većini lokaliteta gornjeg dela toka sadržaj Cr bio je viši u odnosu na sadržaj u zemljištu što može biti rezultat erozionih procesa u gornjem delu sliva, spiranja zemljišnih čestica i njihovog taloženja u vodotoku (Slika 11). Sadržaj Cr u ispitivanom sedimentu/nanosu 2015. godine imao je sličnu distribuciju kao i u uzorcima iz 2014. godine, sa uočljivim povećanjem sadržaja na donjem delu toka (Tabela 37). Na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka sadržaj Cr je bio nizak i nije prelazio vrednost graničnog efekta (TEL) kao ni granične vrednosti za sediment (ICPDR, 2002). Na lokalitetima donjeg dela toka dolazi do povećanja sadržaja Cr, pri čemu su te vrednosti više od vrednosti graničnog efekta i od background vrednosti za riparijalnu zonu reke Save, međutim i dalje niže od PEL vrednosti i graničnih ICPDR vrednosti (Tabele 37 i 56).

U odnosu na pređašnja istraživanja sedimenta/nanosa u riparijalnoj zoni reke Save, gde se prosečan sadržaj hroma kretao u opsegu od 5,28 do 150,7 mg kg⁻¹ (Milačić et al., 2010), sadržaj Cr u ispitivanim uzorcima sedimenta/nanosa u okviru ovog istraživanja, bio je donekle sličan ali su vrednosti Cr na gornjem delu toka bile niže (Tabele 36 i 37). Takođe, prethodna istraživanja sedimenta u riparijalnoj zoni reke Kolubare pokazala su da je prosečan sadržaj hroma bio 57,78 mg kg⁻¹ dok je u sedimentu reke Tise bio nešto niži i kretao se u opsegu od 22,81 do 40,80 mg kg⁻¹ (Sakan and Đorđević, 2010). S druge strane, više vrednosti hroma u odnosu na reku Savu izmerene su u okviru istraživanja riparijalne zone reke Dunav, gde je prosečan sadržaj Cr bio 84,58 mg kg⁻¹ (Pavlović et al., 2016). Sadržaj Cr u ispitivanim uzorcima sedimenta/nanosa bio je u okviru prosečnih vrednosti upoređujući sa drugim evropskim rekama sličnog ekološkog statusa i stepena zagađenja.

Ovim istraživanjima nije obuhvaćena analiza hroma odnosno specijacija koja bi odredila njegovu oksidacionu formu, međutim alkalni uslovi na ispitivanim lokalitetima upućuju nas da se radi o trovalentnom Cr koji je dosta stabilan i uglavnom nedostupan (Kabata-Pendias, 2011). Ovo je potvrđeno rezultatima sekvencijalne ekstrakcije gde se vidi da je najveći deo Cr iz 2014. godine ekstrahovan u rezidualnoj fazi (Grafik 43). Ostatak ekstrahovanog Cr u sedimentu/nanosu bio je vezan za organsku materiju, a jednim manjim delom i za okside Fe i Mn. Visok sadržaj Cr u rezidualnoj, uz malo učešće oksidabilne i reducibilne frakcije u frakcionom profilu Cr, ukazuje da se u alkalnim uslovima hrom čvrsto vezuje za nerastvorne ili slabo rastvorne frakcije čime se potvrđuje njegova ograničena mobilnost i biodostupnost (Kabata-Pendias, 2011). Frakcioni profil Cr u uzorcima sedimenta/nanosa iz 2015. godine značajno se razlikuje od frakcionog profila iz 2014. godine, s obzirom da je najveći deo Cr ekstrahovan u rezidualnoj frakciji, čvrsto vezan u kristalnoj rešetci (Grafik 61). Zanimljivo male količine Cr su ekstrahovane u izmenljivoj i reducibilnoj fazi, dok su nešto veće količine ekstrahovane u oksidabilnoj fazi. Ovakav frakcioni profil, sa dominantnim učešćem rezidualne frakcije, potvrđuje da je Cr u alkalnim uslovima vrlo stabilan i da mu je mobilnost kao i dostupnost izrazito niska bez obzira na ukupne sadržaje (Osakwe, 2013, Pavlović et al., 2018).

Sadržaj **bakra(Cu)** u uzorcima sedimenta/nanosa iz 2014. godine ukazuje da postoji varijabilnost u odnosu na lokalitet kao i da postoji trend povećanja sadržaja Cu idući ka nizvodnim lokalitetima (Tabela 36). Sadržaj bakra na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka bio je značajno ispod granične ICPDR (2002) vrednosti koja iznosi 60 mg kg⁻¹ (Tabela 36) pri čemu je bio niži i u odnosu na TEL vrednost (18,70 mg kg⁻¹, CCME, 2001) i PEL vrednost (108 mg kg⁻¹, CCME, 2001). Na donjem delu toka sadržaj Cu se povećava i na lokalitetima SLB, SRM i BEO je bio nekoliko puta viši u odnosu na TEL vrednost. Takođe sadržaj Cu na gornjem i srednjem delu toka je bio ispod background vrednosti za riparijalnu zonu reke Save (24,12 mg kg⁻¹, Marković et al., 2018), dok je na lokalitetima donjeg dela toka sadržaj Cu bio dvostruko viši u odnosu na background vrednost (Tabela 36). U gornjem delu toka sadržaj Cu u sedimentu/nanosu bio je nešto viši u odnosu na

sadržaj Cu u zemljištu, što se može povezati sa manjom erodibilnosti u tom delu sliva, karakteristikama terena i erozionim procesima kao i povećanom sadržaju organske materije (Slika 11). Bakar se vezuje za organsku materiju i usled erozionih procesa dolazi do njegovog lakšeg transportovanja čime se objašnjavaju povećani sadržaj u sedimentu/nanosu u odnosu na zemljište (Borg and Johansson, 1989). U uzorcima površinskog sedimenta/nanosa iz 2015. godine sadržaj bakra je varirao u opsegu od 7,44 do 36,56 mg kg⁻¹, pri čemu se uočava trend povećanja sadržaja bakra na nizvodnim lokalitetima, vrlo slično uzorcima iz 2014. godine (Tabela 37). Na gornjem i srednjem delu toka sadržaj Cu je uglavnom bio ispod TEL vrednosti, sa izuzetkom lokaliteta RAD i SLB gde je sadržaj bio nešto viši (Tabela 37), takođe bio je i ispod PEL vrednosti i granične ICPDR vrednosti. Na donjem delu toka sadržaj Cu je bio iznad TEL vrednosti, međutim i dalje nije prevazilazio ni PEL ni ICPDR vrednosti.

Sadržaj Cu u sedimentu/nanosu reke Save, za vreme visokog i niskog vodostaja (2014. i 2015. godina) bio je u sličnom opsegu kao i sadržaj bakra u pređašnjim istraživanjima sedimenta reke Save koji se kretao u opsegu od 10,9 do 49,6 mg kg⁻¹ (Milačić et al., 2010). Značajno više vrednosti Cu u odnosu na rezultate istraživanja u okviru ove disertacije, dobijene su istraživanjima sedimenta riparijalne zone reke Tise (161 mg kg⁻¹, Fleit and Lakatos, 2003; 39,25-126,0 mg kg⁻¹, Sakan and Đorđević, 2010) kao i u pređašnjim istraživanjima riparijalne zone reke Dunav (31,3 – 662,9 mg kg⁻¹, Woitke et al., 2003). U proseku, sličan sadržaj bakra kao i u sedimentu/nanosu reke Save dobijen je istraživanjima na reci Kolubari gde je izmeren prosečan sadržaj Cu 21,15 mg kg⁻¹ (Čakmak et al., 2018) kao i na reci Dunav gde je prosečan sadržaj bio 53,80 mg kg⁻¹ (Pavlović et al., 2016).

Sekvencijalna ekstrakcija je pokazala da se veliki deo sadržaja Cu u sedimentu/nanosu u uzorcima iz 2014. godine nalazi u rezidualnoj fazi (Grafik 44) pri čemu se značajan deo bakra ekstrahovao u trećoj fazi, tačnije vezan za organsku materiju i sulfide. Ovakav frakcioni profil potvrđuje da se bakar najčešće vezuje za organsku materiju, stvarajući vrlo stabilne i nedostupne komplekse (Adriano, 2001; Yutong et al., 2016). Međutim, na frakcionom profilu Cu uočljivo je i to da je određen deo bakra, pogotovo na lokalitetima donjeg dela toka ekstrahovan i u reducibilnoj i u izmenljivoj, odnosno biodostupnoj fazi, ukazujući na postojanje antropogenih pritisaka. S druge strane, na frakcionom profilu uzoraka iz 2015. godine vidimo da je najveći deo se najveći deo Cu nalazi u rezidualnoj fazi (Grafik 62), sa procentualnim učešćem većim od 90%. Takođe i ovde, slično frakcionom profilu zemljišta iz 2015. godine (Grafik 26), uviđamo da je određena količina bakra ekstrahovana u oksidabilnoj fazi, vezan za organsku materiju i sulfide i praktično je nedostupan. U uzorcima sedimenta/nanosa iz 2015. godine bakar je u izmenljivoj odnosno biodostupnoj fazi bio ispod limita detekcije.

Nikl (Ni) se, slično kao i hrom, može naći u svim tipovima zemljišta kao i u sedimentu/nanosu varirajući od zanemarljivo malih do izrazito visokih koncentracija (Alloway, 2013). Sadržaj nikla u sedimentu/nanosu zavisi od geološkog supstrata kao i od lokalnih i regionalnih geoloških karakteristika (Kabata-Pendias and Pendias, 2001). Međutim, povišene koncentracije nikla u sedimentu/nanosu s jedne strane su posledica tipa geološke podloge, a s druge strane posledica različitih antropogenih aktivnosti kao što je oslobađanje otpadnih materija iz metaloprerađivačke industrije, usled procesa sagorevanja uglja i nafte (Adriano, 2001; Kabata-Pendias and Pendias, 2001; Kostić et al., 2018).

Sadržaj Ni u uzorcima iz 2014. godine kretao se u opsegu od 10,44 do 137 mg kg⁻¹ pokazujući da postoji jasno izražen trend povećanja sadržaja idući ka nizvodnim lokalitetima (Tabela 36). Na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka sadržaj Ni nije prelazio granične ICPDR vrednosti (50 mg kg⁻¹, ISPDR), a takođe bio je niži i od TEL vrednosti (18 mg kg⁻¹, CCME, 2001) kao i od PEL vrednosti (36 mg kg⁻¹, CCME, 2001) (Tabele 36 i 56). Na donjem delu toka dolazi do naglog skoka sadržaja Ni u sedimentu/nanosu, pri čemu su vrednosti bile i do nekoliko puta više i od PEL i od TEL vrednosti, a i od granične ICPDR vrednosti. U odnosu na background vrednost Ni za

riparijalnu zonu ($41,33 \text{ mg kg}^{-1}$, Marković et al., 2018), sadržaj Ni bio je viši samo na lokalitetima donjeg dela toka (Tabela 36). Slično sadržaju Ni iz 2014. godine, i u uzorcima iz 2015. godine primećuje se trend povećanja sadržaja idući ka nizvodnim lokalitetima (Tabela 37). Takođe, na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka sadržaj Ni ne prelazi granične vrednosti ni SQGs (CCME, 2001) ni ICPDR (2002) vrednosti, uz izuzetak lokaliteta RAD gde je sadržaj Ni bio $31,49 \text{ mg kg}^{-1}$ što je dvostruko više u odnosu na PEL vrednost. Na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka (sa izuzetkom lokaliteta ČAT) sadržaj Ni je viši u odnosu na sadržaj u zemljištu, što može biti posledica erozionih procesa na šta ukazuje i manja erodibilnost (Slika 11). Naglo povećanje sadržaja Ni u sedimentu/nanosu primetno je na lokalitetima donjeg dela toka, od lokaliteta SLB do ušća u Dunav, pri čemu su vrednosti značajno bile iznad PEL i TEL graničnih vrednosti ako i iznad ICPDR granične vrednosti, što može ukazivati na zagađenje (Tabele 37 i 56). Sadržaj Ni u sedimentu/nanosu, viši od background vrednosti, izmeren je na lokalitetima donjeg dela toka. Nagli skok u sadržaju Ni, u oba preseka, na lokalitetima donjeg dela toka posledica je geoloških karakteristika sliva (Belanović et al., 2013; Grba et al., 2015, Čakmak et al., 2018) kao i intenzivnih antropogenih aktivnosti.

Sadržaj Ni u sedimentu/nanosu riparijalne zone reke Save, u oba preseka, bio je vrlo sličan u poređenju sa sadržajem Ni u sedimentu riparijalnih zona reka Kolubare gde se sadržaj Ni kretao u opsegu od $17,80$ do $166,40 \text{ mg kg}^{-1}$ (Čakmak et al., 2018), i Dunav gde se sadržaj Ni u sedimentu kretao u opsegu od $28,95$ do $160,80 \text{ mg kg}^{-1}$ (Pavlović et al., 2016). Opsežna istraživanja sprovedena u riparijalnoj zoni reke Save (Milačić et al., 2010) pokazuju da su sadržaji Ni u proseku vrlo slični u poređenju sa rezultatima dobijenim u okviru ove disertacije, dok su nešto viši sadržaji dobijeni u novijim istraživanjima na toku reke Save (Milačić et al., 2017). Nešto niže vrednosti Ni u sedimentu dobijene su istraživanjima sedimenta reke Tise ($24,1 - 47,6 \text{ mg kg}^{-1}$, Sakan and Đorđević, 2010; i 36 mg kg^{-1} , Fleit and Lakatos, 2003).

Sekvencijalna ekstrakcija Ni u uzorcima iz 2014. i 2015. godine pokazuje da se najveći deo nalazi u rezidualnoj fazi, čvrsto vezan za kristalnu rešetku, što nam govori da je u alkalnim uslovima on vrlo stabilan i najvećim delom geološkog porekla (Kabata-Pendias, 2011) (Grafici 49 i 66). Međutim, na frakcionom profilu iz 2014. godine i nešto manje na frakcionom profilu iz 2015. godine vidimo da se Ni delimično ekstrahovao u oksidabilnoj fazi, ukazujući na njegov afinitet da se vezuje za organsku materiju (Alloway, 2013) (Grafici 49 i 66). U uzorcima iz 2015. godine sadržaj Ni u izmenljivoj odnosno biodostupnoj fazi bio je ispod nivoa detekcije, dok je 2014. godine on bio nešto viši, i zajedno sa ekstrahovanom količinom Ni u reducibilnoj fazi ukazuje da je poplavni talas vrlo važan faktor za mobilnost i rastvorljivost Ni.

Na sadržaj **olova (Pb)** u sedimentu/nanosu veliki uticaj ima granulometrijski sastav odnosno veličina čestica za koju Pb može da se veže, te se veće količine olova vezuju za finije čestice gline i koloida (Barry et al., 1995; Kabata-Pendias and Pendias, 2001). Ovo je u određenoj meri potvrđeno i rezultatima ove teze (Tabele 11, 12, 35 i 36). Veliki uticaj na mobilnost i rastvorljivost olova u sedimentu/nanosu ima pH, s obzirom da pri jako niskim vrednostima dolazi do pojačane rastvorljivosti dok se pri višim vrednostima pH (>8) Pb taloži u formi hidroksida, fosfata ili karbonata čime postaje izrazito stabilan i nedostupan (Kabata-Pendias and Pendias, 2001).

Sadržaj olova na kompletnom toku reke Save, u uzorcima iz 2014. godine pokazuje vrlo visok stepen varijabilnosti u odnosu na lokalitete, mada se, uz izuzetak lokaliteta ZAG, može primetiti da postoji određen trend povećanja sadržaja idući nizvodno (Tabela 36). Sadržaj Pb u sedimentu/nanosu bio je viši od PEL granične vrednosti ($30,2 \text{ mg kg}^{-1}$, CCME, 2001) samo na dva lokaliteta, i to na lokalitetima RAD i BEO. Na celom toku sadržaj olova je bio niži i od TEL vrednosti (112 mg kg^{-1} , CCME, 2001) kao i od granične ICPDR vrednosti (100 mg kg^{-1} , ICPDR, 2002). Takođe, na čitavom toku sadržaj olova u sedimentu/nanosu bio je ispod background vrednosti za riparijalnu zonu reke Save ($44,03 \text{ mg kg}^{-1}$, Marković et al., 2018). Sadržaj Pb u

uzorcima iz 2015. godine kretao se u opsegu od 6,09 do 43,34 mg kg⁻¹ uz veliko variranje u sadržaju u odnosu na lokalitete (Tabela 37). Samo na lokalitetu ŠAB sadržaj olova je bio viši od PEL vrednosti kao i od background vrednosti za riparijalnu zonu reke Save. Na ostalim lokalitetima sadržaj je bio niži od PEL i TEL vrednosti, od granične ICPDR vrednosti za Pb u sedimentu kao i od background vrednosti za riparijalnu zonu (Tabela 37). Ono što se može primetiti za sadržaj Pb jeste da se bez obzira na veliku varijabilnost ipak može uočiti određeno povećanje sadržaja olova idući ka nizvodnim lokalitetima, što naravno može biti posledica morfoloških karakteristika toka kao i sposobnosti olova da se vezuje za organsku materiju (Adriano, 2001).

Prethodna istraživanja sprovedena u riparijalnoj zoni reke Save od strane Milačić et al. (2010, 2017) ukazuje da je sadržaj olova u sedimentu bio i do nekoliko puta viši u odnosu na rezultate dobijene istraživanjima u okviru ove disertacije. U okviru opsežnih istraživanja u riparijalnoj zoni reke Dunav utvrđen sadržaj olova bio je dosta viši u odnosu na sadržaj olova u sedimentu/nanosu reke Save dobijen istraživanjima u okviru ove disertacije i kretao se u opsegu od 7,26 do 132,80 mg kg⁻¹ (Pavlović et al., 2016). Prethodna istraživanja na reci Dunav (Woitke et al., 2003) takođe ukazuju na viši sadržaj olova u odnosu na reku Savu. S druge strane vrlo sličan sadržaj olova utvrđen je u sedimentima reke Kolubare (8,60 – 26,60 mg kg⁻¹, Čakmak et al., 2018) kao i u sedimentima reke Tise (31,8 – 89,6 mg kg⁻¹, Sakan and Đorđević, 2010).

Frakcioni profil sedimenta/nanosa iz 2014. godine (Grafik 50) vrlo je sličan frakcionom profilu zemljišta iz iste godine (Grafik 14). Primetno je da je najmanji deo olova ekstrahovana u rezidualnoj fazi, dok se najveća količina ekstrahovala u oksidabilnoj i reducibilnoj fazi (Grafik 50). Na frakcionom profilu uočavamo da je udeo reducibilne faze vrlo visok, što može biti posledica antropogenih pritisaka (Al-Chalabi and Hawker, 2000), dok visok udeo oksidabilne faze ukazuje da olovo ima afinitet ka vezivanju za organsku materiju, pogotovo u blizini izvora zagađenja (Filgueiras et al., 2002), što ukazuje na delimično antropogeno poreklo olova u sedimentu/nanosu. S druge strane na frakcionom profilu olova u uzorcima iz 2015. godine vidimo da se u potpunosti ekstrahovao u rezidualnoj frakciji, čvrsto vezan za kristalnu rešetku a samim tim nedostupan za biljke i druge žive organizme (Grafik 67).

Sadržaj **cinka (Zn)** u sedimentu/nanosu zavisi pH, teksture, CEC i sadržaja organske materije (Adriano, 2001). Rastvorljivost cinka je najveća u kiseloj sredini pri vrlo niskim vrednostima pH (Chlopecka et al., 1996), dok se sa porastom pH a naročito većim od 6,5 cink javlja u formama koje su vrlo stabilne (Payne et al., 1988). Ukoliko je sediment/nanos lakšeg mehaničkog sastava, veća je verovatnoća da će imati niže vrednosti, što je slučaj i sa rezultatima ove disertacije (Tabele 12, 13, 36 i 37). Takođe, bitna karakteristika cinka jeste da ima afinitet ka vezivanju za organsku materiju, te je čest slučaj da se u površinskim slojevima javljaju vrlo visoki sadržaji Zn (Adriano, 2011).

Sadržaj Zn u uzorcima površinskog sedimenta/nanosa iz 2014. godine pokazuje vrlo jasan trend povećanja idući od izvora do ušća u Dunav, sa izuzetkom lokaliteta ZAG gde je zabeležen najniži sadržaj cinka (Tabela 36). Sadržaj cinka je na svim ispitivanim lokalitetima bio niži od graničnih PEL (124 mg kg⁻¹, CCME, 2001) i TEL vrednosti (274 mg kg⁻¹, CCME, 2001), uz izuzetak lokaliteta BEO gde je izmeren sadržaj Zn bio 140,06 mg kg⁻¹, što je više u odnosu na vrednost graničnog efekta PEL (Tabela 36). Na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka sadržaj Zn bio je niži u odnosu na background vrednost za riparijalnu zonu reke Save (91,64 mg kg⁻¹, Marković et al., 2018), dok je na lokalitetima donjeg dela toka (SRM i BEO) kao i na lokalitetu RAD taj sadržaj bio viši s obzirom da su izmereni sadržaji bili 99,45 mg kg⁻¹ (RAD), 103,44 mg kg⁻¹ (SRM), 140,06 mg kg⁻¹ (BEO) (Tabele 36 i 56). Na gornjem delu toka, sve do lokaliteta ČAT, ukupan sadržaj cinka u sedimentu/nanosu je viši od sadržaja u zemljištu, što može biti rezultat erozionih procesa koji dovode do spiranja i taloženja čestica zemljišta u vodotok i obogaćenja sedimenta teškim metalima i metaloidima, na šta ukazuje i faktor erodibilnosti (Slika 11). Sadržaj Zn u uzorcima iz 2015. godine pokazuje isti trend povećanja sadržaja cinka idući nizvodno ka ušću u Dunav, s tim da je izuzetak

od ovog trenda lokalitet RAD (Tabela 37). Sa izuzetkom lokaliteta ŠAB i BEO, gde je sadržaj Zn bio 152,28 mg kg⁻¹ i 126,79 mg kg⁻¹, sadržaj cinka na ostalim lokalitetima bio je ispod TEL vrednosti. Na svim lokalitetima sadržaj Zn bio je ispod ICPDR granične vrednosti za Zn (200 mg kg⁻¹, ICPDR) kao i ispod PEL vrednosti (Tabele 37 i 56). Međutim, u poređenju sa background vrednostima koja su izračunata za riparijalnu zonu reke Save sadržaj Zn u sedimentu/nanosu je bio veći na lokalitetima RAD, kao i na lokalitetima donjeg dela toka, SRM, ŠAB i BEO (Tabela 37), što može biti posledica intenzivnih industrijskih aktivnosti na donjem delu toka kao i na delu toka uzvodno od lokaliteta RAD (Vidmar et al., 2017; Milačić et al., 2017).

Sadržaj cinka u sedimentu/nanosu riparijalne zone reke Save može se uporediti sa sadržajima koje su utvrdili drugi istraživači kako na reci Savi tako i na drugim evropskim rekama, sličnog karaktera i stepena zagađenja. Generalno posmatrano, u odnosu na pređašnja ispitivanja sprovedena na reci Savi koja su utvrdila da se cink kreće u opsegu od 55,4 do 361 mg kg⁻¹ (Milačić et al., 2010), sadržaj Zn u ispitivanom sedimentu/nanosu u okviru ove disertacije kretao su se u nešto nižem opsegu u oba preseka. Sadržaj cinka u sedimentu/nanosu reke Save, dobijen u okviru ove disertacije, bio je i do nekoliko puta niži u odnosu na sadržaj Zn u pređašnjim ispitivanjima na reci Dunav, gde su Pavlović et al. (2016) izmerili sadržaj u opsegu od 80,80 do 418,30 mg kg⁻¹ dok su Woitke et al. (2003) izmerili sadržaj u opsegu od 83 do 662 mg kg⁻¹. Sličan sadržaj cinka u sedimentu/nanosu izmeren je u okviru istraživanja na reci Kolubari i kretao se od 27,60 do 149,90 mg kg⁻¹ (Čakmak et al., 2018).

Na frakcionom profilu Zn iz 2014. godine uviđamo da je veliki deo ekstrahovan u oksidabilnoj i reducibilnoj fazi, pogotovo na lokalitetima donjeg dela toka (Grafik 54). Povećavanje procentualnog učešća reducibilne faze ukazuje na bitnu ulogu oksida Fe i Mn za akumulaciju cinka (Li et al., 2001), dok povećanje oksidabilne faze u frakcionom profilu ukazuje da Zn ima izrazitu sposobnost vezivanja za organsku materiju. Na lokalitetu RAD, i delimično na lokalitetima donjeg dela toka, procentualno učešće izmenljive, odnosno biodostupne faze je izraženo, ukazujući na njegovo potencijalno antropogeno poreklo. Posmatrajući frakcioni profil cinka i celokupnu distribuciju možemo zaključiti da pri određenim uslovima Zn može predstavljati potencijalnu opasnost po životnu sredinu (Jiang et al., 2013). Slično ponašanje cinka u frakcionom profilu utvrdili su i drugi istraživači (Yutong et al., 2016; Pavlović et al., 2018). Frakcioni profil iz 2015. godine jasno pokazuje da se najveći deo Zn ekstrahovao u rezidualnoj fazi, a da su vrlo malo količine ekstrahovane u ostale tri faze (Grafik 71). Bez obzira na malu količinu cinka u prve tri faze frakcionog profila, visok sadržaj u sedimentu/nanosu, kao i antropogeni pritisci mogu imati uticaj na njegovo ponašanje kao i na mobilnost te na taj način on može predstavljati potencijalnu opasnost po životnu sredinu (Jiang et al., 2013; Yutong et al., 2016; Pavlović et al., 2019).

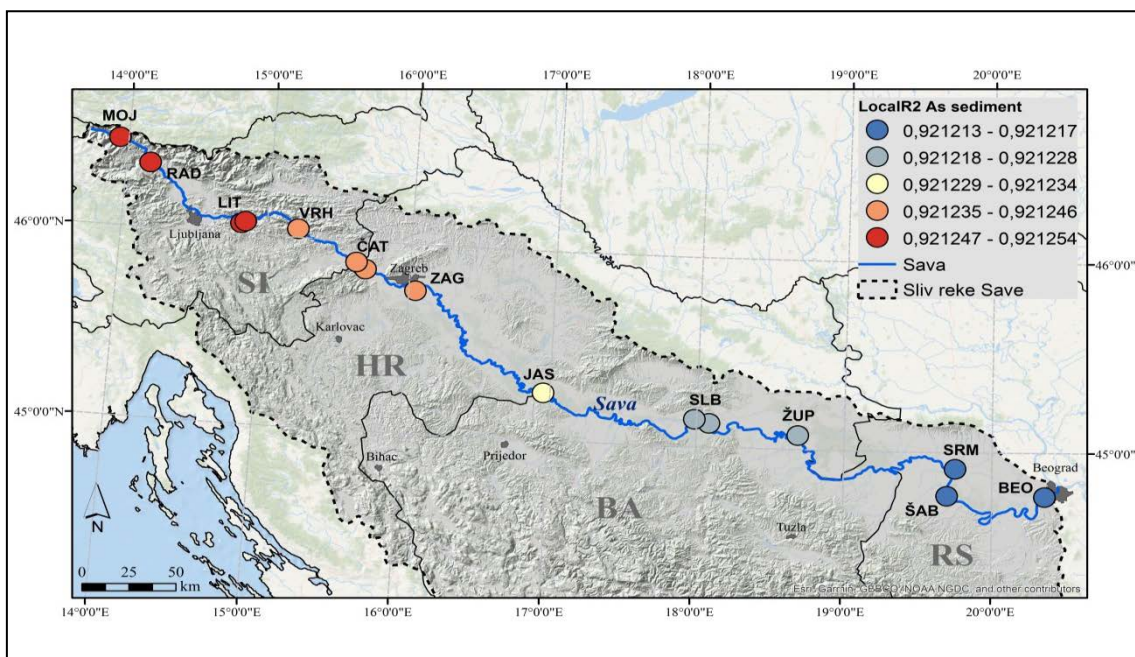
6.4.2. Poreklo teških metala i metaloida i procena ekološkog rizika od zagađivanja u sedimentu/nanosu reke Save

Jedan od najbitnijih faktora koji utiču na određivanje porekla teških metala u sedimentu/nanosu jeste fluktuacija nivoa reke, odnosno promene u vodostaju, što dalje ima značajan uticaj na strukturu i funkcionisanje rečnog sistema (Zhao et al., 2014). Kao i kod zemljišta, na istraživanim lokalitetima u prvom preseku, 2014. godine, prirodni faktor i poplava kao dominantan faktor imala je najveći uticaj na utvrđivanje porekla ispitivanih elemenata, dok je u drugom preseku, 2015. godine, bilo mnogo jednostavnije utvrditi poreklo elemenata u sedimentu/nanosu, s obzirom na dosta jasniju sliku koja se dobila na osnovu PCA i MLRA analize i koja ukazuje na geološko-antropogeno poreklo (Tabele 47 i 49; Slike 16 i 17). Pojedinačni i ukupni ekološki indeks korišćeni su kako bi se dobila slika o uticaju teških metala i metaloida na sedimete riparijalne zone reke Save, a samim tim i na životnu sredinu.

Analiza porekla elemenata je u uzorcima sedimenta/nanosa uzorkovanog za vreme visokog vodostaja 2014. godine na reci Savi, izdvojila samo jednu komponentu, koja objašnjava 85.38% ukupne varijabilnosti. PCA analiza tj. izdvojena komponenta određena je visokom pozitivnom korelacijom sa As, Cd, Cr, Cu, Ni, Mn i Zn ali i visokom negativnom korelacijom sa Pb. Izdvojena komponenta definisana je kao prirodni faktor tj. uticaj poplavnog talasa, međutim visoka negativna korelisanost Pb ukazuje na antropogeno poreklo ovog elementa (Tabela 47).

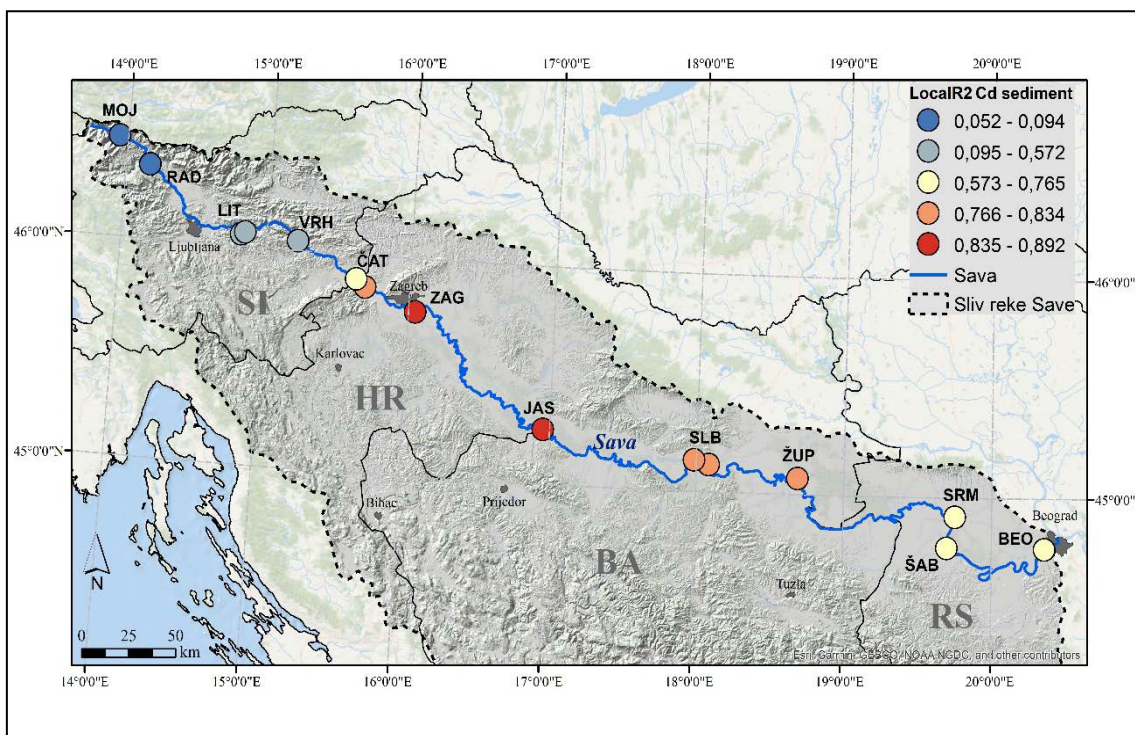
Analiza porekla elemenata u uzorcima iz 2015. godine je izdvojila dve glavne komponente koje objašnjavaju 82.87% ukupne varijabilnosti. Prva komponenta (PC1) je određena visokom pozitivnom korelacijom sa As, Cr, Cu, Ni, Cd, Mn i Zn. Druga komponenta (PC2) je određena pozitivnom korelacijom sa Cd, Pb i Zn. Prva komponenta je pokazala dominantni uticaj prirodnog faktora odnosno geološke podloge zbog visoke korelisanost sa Mn, Cr i Ni koji su dominantno geološkog porekla. Druga komponenta je definisana kao geološko-antropogeni odnosno mešoviti faktor, uticaj geološke podloge i antropogenih aktivnosti s obzirom na pozitivnu korelisanost sa Cd, Pb i Zn koji su u sedimentu/nanosu najčešće antropogenog porekla ali se javljaju u prirodi kao sastavni deo ruda (Tabela 49).

PCA analiza uzoraka površinskog sedimenta/nanosa iz 2014. godine izdvojila je **arsen** u prvoj, ujedno i jedinoj komponenti, označavajući da je poreklo As u sedimentu/nanosu pod velikim uticajem poplavnog talasa. Sadržaj As u sedimentu/nanosu se povećava idući ka ušću, pri čemu je najviši sadržaj izmeren na lokalitetu BEO. Ovakav trend povećanja sadržaja javlja se kao posledica transporta finih čestica za koje se As vezuje (Lim et al., 2012), kao i deponovanja zagađujućih čestica poreklom iz industrijskih postrojenja, konkretnije iz termoelektrana „Nikola Tesla“ A i B, kao i iz dve velike deponije pepela (Pavlović et al., 2004; Mitrović et al., 2008; Kostić et al., 2018; Gajić et al. 2020), ukazujući da je poreklo As na lokalitetima donjeg dela toka antropogeno. Ovakav rezultat potvrđuje i geoakumulacioni indeks (Tabela 63), koji pokazuje da postoji slabo do umereno zagađenje na ovim lokalitetima. PCA analiza uzoraka iz 2015. godine izdvojila je As u prvu komponentu, označenu kao geološki faktor s obzirom na visoku korelisanost sa Mn, Ni i Cr i nešto manju korelisanost sa Cu i Zn (Tabele 49 i 54). Slično kao i kod uzoraka iz 2014. godine, i u drugom preseku postoji trend povećanja sadržaja As idući ka ušću. Nizak sadržaj As kao i negativne vrednosti Igeo (Tabela 64) ukazuju da je poreklo As na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka geološko, da se javlja kao posledica procesa raspadanja matične podloge. Povećanje sadržaja As na donjem delu toka ukazuje da postoji obogaćenje arsenom, i da je njegovo poreklo delimično antropogeno, kao posledica industrijskih i poljoprivrednih aktivnosti u donjem delu toka (Adriano, 2001; Milačić et al., 2010, 2017; Marković et al., 2018; Pavlović et al., 2019). Bez obzira na povećanje sadržaja u donjem delu toka, analiza potencijalno opasnih zona je izdvojila gornji deo toka kao potencijalno opasno zonu uzimajući u obzir sadržaj As, indekse ekološkog rizika, sadržaj organske materije i teksturu sedimenta/nanosa kao i manju erodibilnost (Slike 11 i 25). Međutim, imajući u vidu vrlo niske vrednosti parametara ekološkog indeksa i visoko procentualno učešće u rezidualnoj fazi, As ne predstavlja potencijalnu opasnost po riparijalnu zonu na gornjem i srednjem delu toka, dok na donjem delu toka, povećanje sadržaja As kao i intenzivni antropogeni pritisci ukazuju da u budućnosti taj deo toka može postati potencijalno opasna zona i izvor zagađenja.



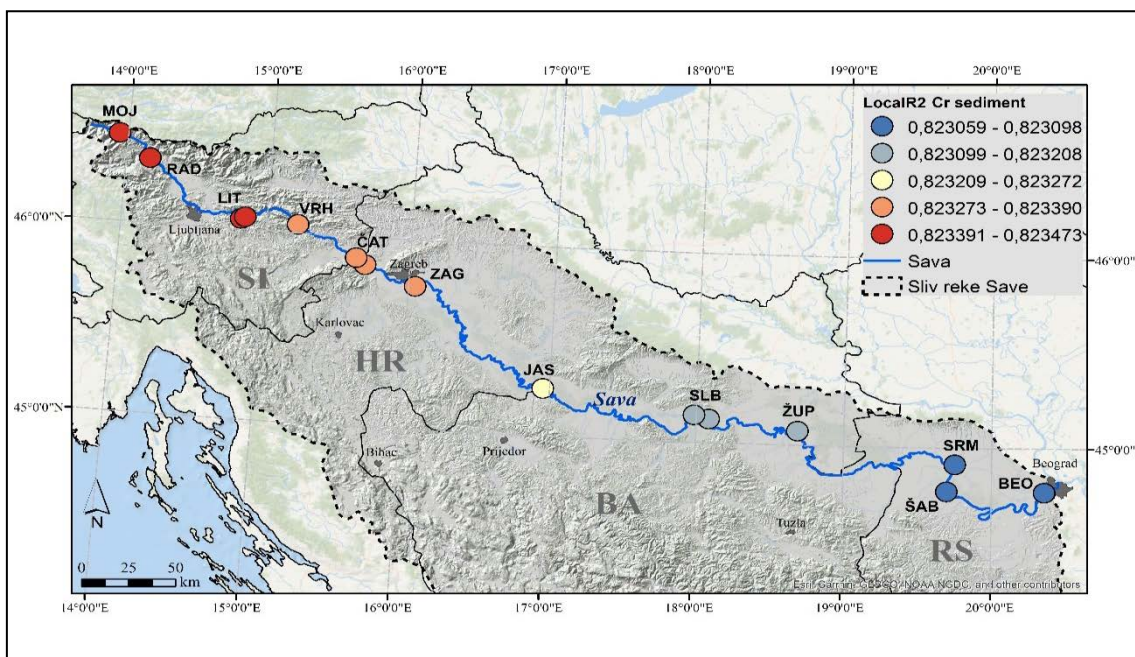
Slika 25. – Potencijalne zone rizika od zagađenja sedimenta/nanosa arsenom u riparijalnoj zoni reke Save

Analiziranjem uzoraka sedimenta/nanosa iz 2014. godine, PCA analiza je izdvojila **kadmijum** u prvu komponentu označavajući da je poreklo Cd geološko, uz veliki uticaj poplavnog talasa. Ovo potvrđuje i sekvencijalna ekstrakcija (Grafik 43) gde se vidi da je najveći deo ekstrahovan u rezidualnoj fazi, sa izuzetkom lokaliteta RAD. Na ovom lokalitetu učešće prve tri faze je skoro 75% u čemu se ogleda uticaj poplava odnosno redukcionih uslova u kojima Cd uz prisustvo karbonata postaje rastvorljiviji, što ukazuje na njegovo antropogeno poreklo (Ashraf et al., 2012; Mitchell et al., 2016). PCA analiza uzoraka iz 2015. godine izdvojila je Cd i u prvoj i u drugoj komponenti, ukazujući da je njegovo poreklo u sedimentu/nanosu mešovito (geološko-antropogeno) (Tabela 49). Povećanje sadržaja Cd na lokalitetim srednjeg i donjeg dela toka, od lokaliteta ŽUP je, slično kao i kod uzoraka zemljišta, posledica različitih antropogenih pritisaka pri čemu su poljoprivredne aktivnosti najdominantnije (Marković et al., 2018; Pavlović et al., 2019). Takvo poreklo kadmijuma je verovatno posledica industrijskih aktivnosti na lokalitetima uzvodno od ČAT (Vidmar et al., 2017; Milačić et al., 2017), intenzivne poljoprivredne proizvodnje i upotrebe fosfatnih đubriva (Lepp, 1981; Quinton and Catt, 2007; Alloway, 2013) na lokalitetima srednjeg dela toka, kao i ispuštanja neprerađenih otpadnih industrijskih i komunalnih voda (Ščančar et al., 2015) i posledica atmosferske depozicije na lokalitetima donjeg dela toka. Indeksi za procenu ekološkog rizika pokazuju da je stepen zagađenja kadmijumom nizak (Tabele 59, 60, 63 i 64). Međutim, imajući u vidu povećanje sadržaja Cd na srednjem i donjem delu toka, analiza potencijalno opasnih zona je i označila srednji i donji deo toka kao potencijalno opasnu zonu (Slika 26).



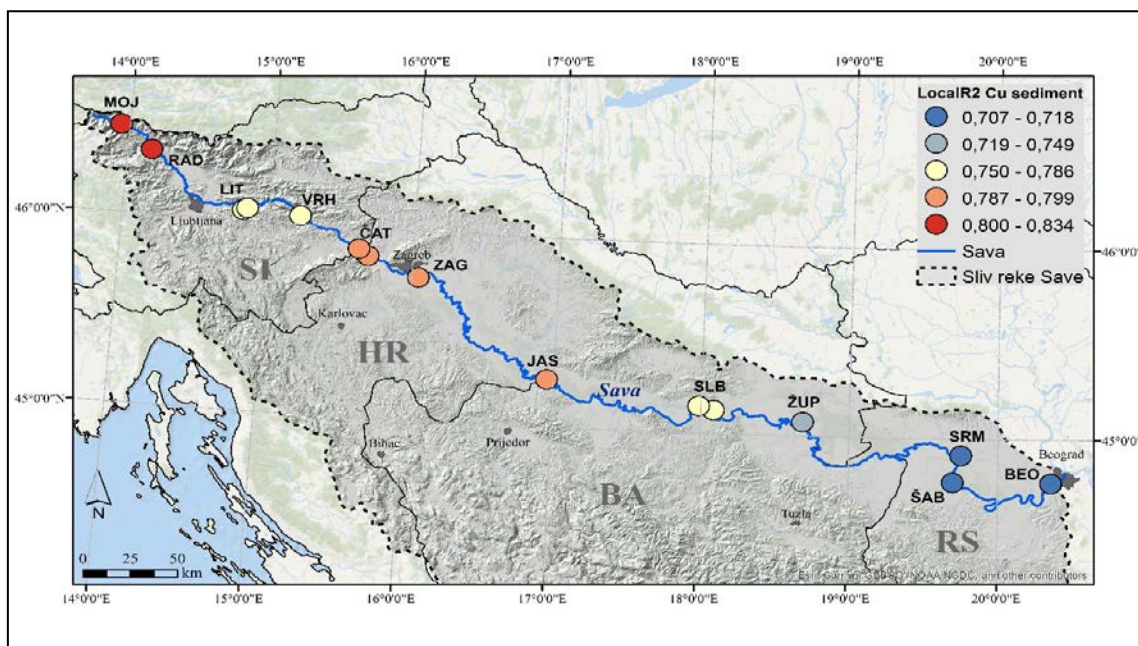
Slika 26. – Potencijalne zone rizika od zagađenja sedimenta/nanosa kadmijumom u riparijalnoj zoni reke Save

PCA analiza uzoraka sedimenta/nanosa u oba preseka, 2014. i 2015. godine, izdvojila je **hrom** u prvoj komponenti ukazujući da je njegovo poreklo pretežno geološko, što potvrđuje i MLRA analiza (Tabele 47 i 49; Slika 17). Sadržaj Cr u sedimentu/nanosu na lokalitetima gornjeg dela toka, u oba preseka, bio je ispod 20 mg kg^{-1} , dok je na lokalitetima srednjeg i donjeg dela toka, od lokaliteta SLB, njegov sadržaj bio nekoliko puta veći. Uzrok ovako naglom povećanju sadržaja Cr u sedimentu/nanosu jeste transfer finih čestica uglavnom iz pritoka, sa područja geološki bogatim hromom, pri čemu je ovaj proces intenzivniji za vreme poplava (Antić-Mladenović et al., 2016; Čakmak et al., 2018). Geološko poreklo hroma potvrđuju i rezultati naših ustraživanja (Marković et al., 2018; Pavlović et al., 2019). Pojedinačan indeks zagađenja je za sve ispitivane uzorke bio <40 ukazujući da je stepen rizika od zagađenja vrlo mali (Tabela 59 i 60). Slične rezultate dala je i primena geoakumulacionog indeksa koji takođe ukazuje na vrlo nizak stepen rizika, čime se potvrđuje da je poreklo Cr u zemljištu geološko i da on ne predstavlja potencijalnu opasnost po riparijalnu zonu (Tabele 63 i 64). Na osnovu niskog sadržaja Cr i niskih vrednosti parametara ekološkog rizika u sedimentu/nanosu u oba preseka, analiza potencijalno opasnih zona (Slika 27) je izdvojila gornji, i delimično srednji deo toka kao potencijalno rizičan. Donji i deo srednjeg dela toka izdvojen je na osnovu povećanog sadržaja Cr te bi taj deo toka potencijalno mogao postati zona zagađenja ukoliko bi se povećao udeo hroma iz antropogenih izvora.



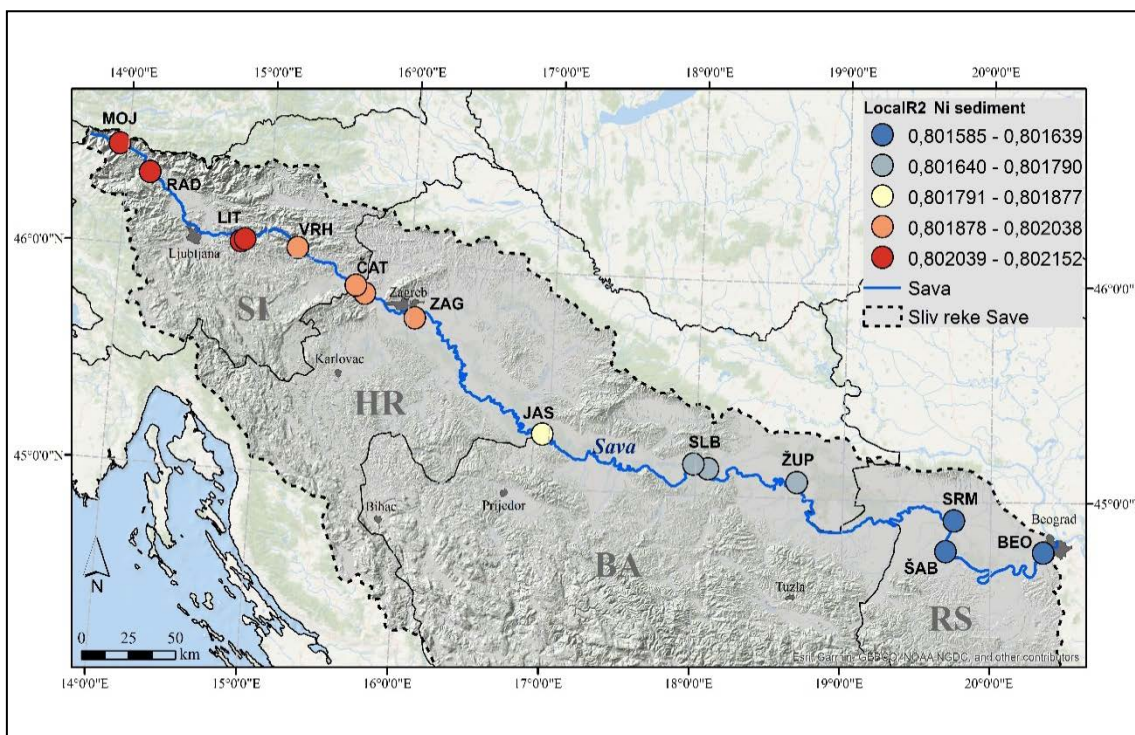
Slika 27. – Potencijalne zone rizika od zagađenja sedimenta/nanosa hromom u riparijalnoj zoni reke Save

Analizom uzoraka sedimenta/nanosa iz 2014. godine za vreme visokog vodostaja, PCA analiza je izdvojila Cu u prvu komponentu ukazujući da je njegovo poreklo geološko-antropogeno uz jasan uticaj poplavnog talasa (Tabela 47). PCA analiza uzoraka iz 2015. godine izdvojila Cu u drugoj komponenti (Tabela 49; Slika 16), takođe ukazujući da je njegovo poreklo geološko-antropogeno, što potvrđuje i MLRA analiza (Slika 17). Sadržaj bakra u površinskom sedimentu/nanosu, u oba preseka, ima rastući trend idući nizvodno, ka ušću u Dunav, što je posledica intenzivnih poljoprivrednih aktivnosti i upotrebe đubriva i herbicida na bazi bakra (Romić et al., 2014; Miotto et al., 2017; Marković et al., 2018; Pavlović et al., 2019). Poljoprivredni regioni, prvenstveno vingerja, zauzimaju značajane površine u priobalnoj zoni na srednjem delu toka reke Save. Česte poplave i erozioni procesi dovode do ispiranja i translokacije bakra, pretežno poreklom iz đubriva, iz zemljišta u rečne tokove, pri čemu dolazi do taloženja u sedimentu/nanosu. Nizak sadržaj bakra na lokalitetima gornjeg dela toka ukazuje na njegovo geološko poreklo, što potvrđuju indeksi ekološkog rizika kao i geoakumulacioni indeks (Tabele 59, 60, 63 i 64). Sadržaj bakra na lokalitetima donjeg dela toka je visok i prelazi granične vrednosti (60 mg kg^{-1} , ICPDR, 2002), što ukazuje da je poreklo Cu u sedimentu/nanosu slojevima antropogeno. Ovo potvrđuju i parametri procene ekološkog rizika koji ukazuju da postoji umereno zagađenje od bakra i potencijalna opasnost po riparijalnu zonu (Tabele 59 i 60). Analiza potencijalno opasnih zona (Slika 28) je izdvojila gornji i srednji deo toka kao potencijalno rizičan, međutim treba uzeti u razmatranje i donji deo toka kao potencijalno zonu zagađenja obzirom da se sadržaj bakra povećava na donjem delu toka, da je antropogenog porekla i da indeksi procene ekološkog rizika ukazuju na umereno zagađenje.



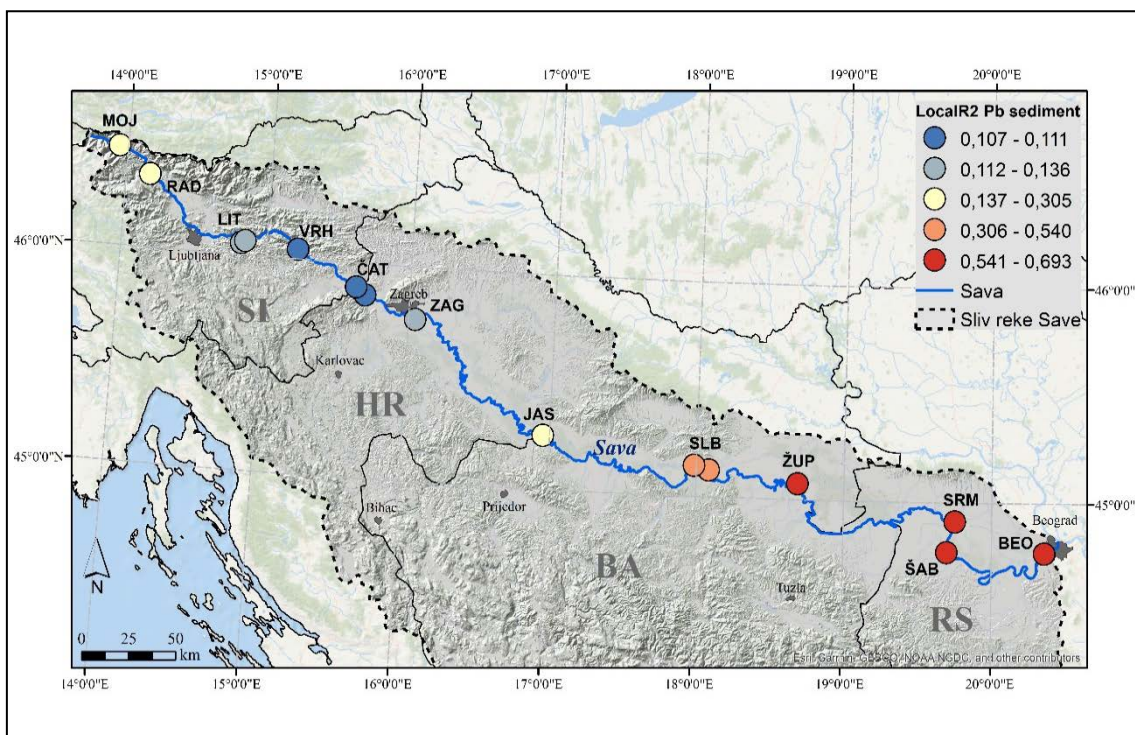
Slika 28. – Potencijalne zone rizika od zagađenja sedimenta/nanosa bakrom u riparijalnoj zoni reke Save

PCA analiza uzoraka sedimenta/nanosa u oba preseka, u toku visokog i niskog vodostaja, izdvojila je **nikl** u prvoj komponenti ukazujući da je njegovo poreklo pretežno geološko, što potvrđuje i MLRA analiza (Tabele 47 i 49; Slike 16 i 17). U odnosu na sadržaj Ni u sedimentu/nanosu, tok reke Save se uslovno može podeliti na dva dela, na gornji i donji deo toka (Tabele 36 i 37). Na gornjem delu toka sadržaj Ni je manji od 30 mg kg^{-1} , uz visoku korelaciju sa Cr u sedimentu/nanosu, nizak pojedinačan ekološki indeks (Tabele 59 i 60) i indeks geoakumulacije (Tabele 66 i 64) možemo zaključiti da je poreklo Ni geološko. Na donjem delu toka, od lokaliteta SLB, dolazi do povećanja sadržaja Ni u oba preseka, što je posledica tipa geološke podloge i njegove veće mobilnosti u odnosu na hrom (Quantin et al., 2008; Antić-Mladenović et al., 2016; Marković et al., 2018; Pavlović et al. 2019), ali i antropogenih aktivnosti (Adriano, 2001; Milačić et al., 2017). Povišene vrednosti parametara procene ekološkog rizika upućuju na to da je poreklo Ni u donjem delu toka delom i antropogeno i da postoji umereno zagađenje na ovom delu toka. Analiza potencijalno opasnih zona (Slika 29) je izdvojila gornji i srednji deo toka, međutim obzirom da je sadržaj Ni na donjem delu toka bio veći od izračunate background vrednosti za riparijalnu zonu reke Save, veći od granične vrednosti za Ni prema ICPDR direktivi kao i od TEL granične vrednosti, Ni predstavlja potencijalnu opasnost po riparijalnu zonu i akvatične zajednice.



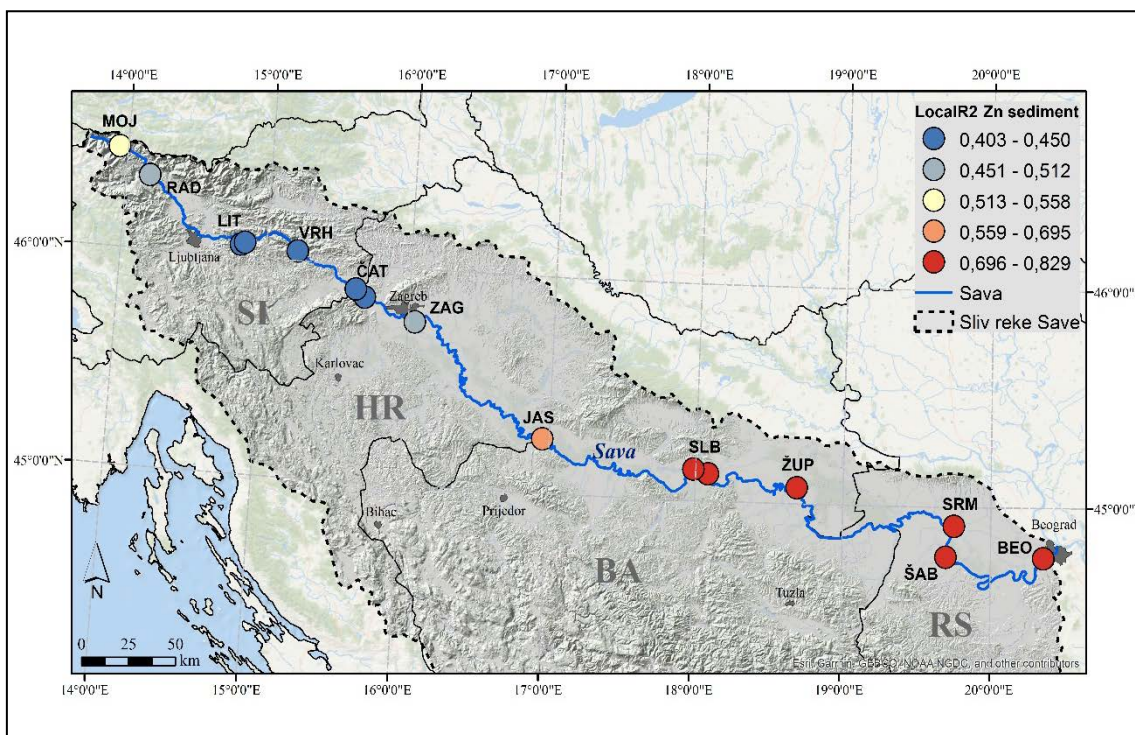
Slika 29. – Potencijalne zone rizika od zagađenja sedimenta/nanosa niklom u riparijalnoj zoni reke Save

Analiza porekla elemenata u sedimentu/nanosu uzorkovanom 2014. godine, u periodu visokog vodostaja, odvaja **olovo** od ostalih analiziranih elemenata s obzirom da visoka negativna korelisanost ukazuje da je njegovo poreklo drugačije u odnosu na ostale proučavane teške metale, odnosno da je njegovo poreklo antropogeno (Tabela 47). Takođe, PCA analiza uzoraka iz 2015. godine izdvojila je Pb u drugu komponentu (Tabela 49), koja je označena kao geološko-antropogena, ali visoka korelisanost sa Cd i Zn kao i MLRA analiza (Slika 17) ukazuju na izražen uticaj antropogenih stresora na poreklo Pb u sedimentu/nanosu. Sadržaj Pb u sedimentu/nanosu, u oba preseka, ima rastući trend idući ka ušću u Dunav, pri čemu se u oba preseka izdvaja lokalitet RAD sa visokim sadržajem olova potencijalno antropogenog porekla što potvrđuje rezultate naših istraživanja (Pavlović et al. 2019). Poreklo Pb na gornjem delu je uslovljeno prvenstveno blizinom rastvorljivost iudnika Pb i Zn ali i industrijskim aktivnostima na uzvodnom delu toka (Vidmar et al., 2017; Marković et al., 2018). Sadržaj Pb viši od TEL vrednosti na nizvodnim lokalitetima ukazuje na njegovo potencijalno antropogeno poreklo, s obzirom na veliki broj industrijskih centara skoncentrisanih u donjem delu toka (Milačić et al., 2017). Iako parametri procene ekološkog rizika ukazuju da je stepen zagađenja i potencijalnog rizika nizak (Tabele 59, 60, 63 i 64), povećan sadržaj kao i tendencija Pb da se taloži u površinskim slojevima, prvenstveno u blizini izvora zagađenja i vezuje za organsku materiju (Al-Chalabi and Hawker, 2000; Pavlović et al., 2018; Pavlović et al. 2019), ukazuju da Pb može predstavljati opasnost po riparijalnu zonu u zavisnosti od fizičko-hemijskih karakteristika i antropogenih stresora. Analiza potencijalno opasnih zona je takođe potvrdila da postoji rizik po životnu sredinu izdvojivši deo gornjeg toka i celokupan donji deo toka reke Save kao potencijalno opasne zone (Slika 30).



Slika 30. – Potencijalne zone rizika od zagađenja sedimenta/nanosa olovom u riparijalnoj zoni reke Save

Analiza porekla elemenata u uzorcima sedimenta/nanosa iz 2014. godine pokazuje da je Zn izdvojen u prvoj komponenti ukazujući na njegovo mešovito odnosno geološko-antropogeno poreklo, na koje veliki uticaj ima poplavni talas (Tabela 47). S druge strane, PCA analiza uzoraka iz 2015. godine izdvojila je Zn u drugoj komponenti označenoj kao geološko-antropogeni faktor, gde slično kao i kod olova, visoka korelisanost sa Cd i Pb ukazuje na delimično antropogeno poreklo Zn u sedimentu/nanosu u zavisnosti od lokaliteta (Tabela 49; Slika 15). Cink u sedimentu/nanosu, u periodu visokog i niskog vodostaja, ima vrlo sličnu distribuciju kao i olovo, odnosno sadržaj se povećava od izvora ka ušću, pri čemu se izdvaja lokalitet RAD. Povećan sadržaj Zn na lokalitetu RAD uslovljen je blizinom rudnika olova i cinka, ukazujući na njegovo geohemijsko poreklo. Povećan sadržaj na gornjem delu toka je jednim delom uslovljen i blizinom metaloprerađivačke industrije kao i ispuštanjem komunalnog otpada. U donjem delu toka dolazi do promene morfologije rečnog korita i usporavanja reke, zbog čega dolazi do povećane depozicije i akumulacije Zn u sedimentu/nanosu (Dennis et al., 2009). Pored uticaja morfoloških karakteristika na povećanja sadržaja Zn, veliki uticaj imaju poljoprivredne i industrijske aktivnosti (Yongming et al., 2006; Milačić et al., 2017; Marković et al., 2018; Pavlović et al. 2019) kao i intenzivno ispuštanje tečnog i čvrstog komunalnog otpada (Ščančar et al., 2015), što ukazuje da je poreklo Zn u sedimentu/nanosu na lokalitetima donjeg dela toka antropogeno. Analiza potencijalno opasnih zona (Slika 31) je izdvojila donji deo toka kao potencijalno opasnu zonu gde se mogu javiti negativni efekti po životnu sredinu, uzimajući u obzir povećanje sadržaja Zn u donjem delu toka koji je viši od propisane PEL vrednosti kao i vrednosti Igeo indeksa koje ukazuju na postojanje umerenog zagađenja.



Slika 31. – Potencijalne zone rizika od zagađivanja sedimenta/nanosa cinkom u riparijalnoj zoni reke Save

Potencijalne zone rizika od zagađivanja nanosa As, Cr, Cu i Ni utvrđene su u gornjem delu toka, što je rezultat morfologije rečnog toka, brzine reke, sastava matičnog supstrata kao i smanjene otpornosti na erozione procese, dok su za iste elemente u zemljištu potencijalno opasne zone utvrđene u donjem delu toka. Ovakva raspodela se javlja kao rezultat transporta i deponovanja zagađujućih materija iz nanosa iz gornjih delova sliva na zemljište u donjem delu toka, ali i prisustva antropogenih izvora zagađivanja. Potencijalna zona rizika od zagađivanja zemljišta i nanosa Cd utvrđena je u srednjem delu toka, takođe kao posledica intezivnih antropogenih aktivnosti. U ovom delu toka intezivirane su poljoprivredne aktivnosti pa samim tim i upotreba različitih đubriva i pesticida, zbog čega dolazi do spiranja zagađujućih materija kako u dublje slojeve zemljišta tako i u vodotokove, čime dolazi do zagađivanja rečnog nanosa. Potencijalne zone rizika po životnu sredinu od Pb i Zn za zemljište i nanos utvrđene su u donjem delu toka što ukazuje da sa jedne strane dolazi do akumulacije ovih elemenata iz gornjih delova sliva dok se s druge strane njihova akumulacija javlja usled intezivnih poljoprivrednih i industrijskih aktivnosti na donjem delu toka i usled ispuštanja netretiranih komunalnih i industrijskih otpadnih voda. Na osnovu utvrđenih potencijalnih zona rizika („hot spots“) duž toka reke Save uočava se da su donji delovi toka potencijalno najugroženiji od zagađivanja teškim metalima i metaloidima.

7. Zaključak

Istraživanja zemljišta riparijalne (obalne) zone i sedimenta/nanosa reke Save od izvora do ušća, u periodu visokog (2014. godina) i niskog (2015. godina) vodostaja, njihovih fizičkih i hemijskih karakteristike; stepena zagađenja, ponašanja, distribucije i porekla teških metala i metaloida u njima; određivanje „background“ vrednosti za zemljište i sediment/nanos riparijalne zone reke Save, doprinela su detaljnom upoznavanju i razumevanju antropogenog i geohemijskog uticaja na kvantitativne i kvalitativne fizičko-hemijske karakteristike rečnog sedimenta/nanosa i zemljišta, njihove međusobne odnose u riparijalnoj zoni i omogućila da se definiše stepen ekološkog rizika po životnu sredinu na istraživanom prostoru. Na osnovu ovih ispitivanja koja su uključila 18 teških metala i metaloida (Ag, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Tl, Zn), sa posebnim fokusom na 7 elemenata (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn) koji su označeni kao prioritetni polutanati prema direktivama o kvalitetu vode Evropske komisije i Međunarodne komisije za zaštitu Dunava (ICPDR, 2002, EU Directive 2000/60/EC), radi procene ekološkog rizika po životnu sredinu riparijalne zone reke Save, na 10 (u 2014. god.), odnosno 12 (u 2015. god.) lokaliteta u Republici Sloveniji, Republici Hrvatskoj i Republici Srbiji, mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Na osnovu opsežnih terenskih i laboratorijskih ispitivanja utvrđeno je da je dominantan tip zemljišta u riparijalnoj zoni reke Save Fluvisol, odnosno aluvijalno zemljište, koje je utvrđeno na lokalitetima Litija (LIT), Vrhovo (VRH), Čatež (ČAT), Zagreb (ZAG), Jasenovac (JAS), Slavonski Brod (SLB), Sremska Mitrovica (SRM), Šabac (ŠAB) i Beograd (BEO). Pored fluvisola javljaju se još i rendzina (Leptosol calcaric) na lokalitetu Mojstrana (MOJ), karbonatni euglej (Gleysol, calcaric) na lokalitetu Radovljica (RAD) i eutrični kambisol (Cambisol, eutric) na lokalitetu Županja (ŽUP).
- Na osnovu ispitivanja fizičkih karakteristika zemljišta može se zaključiti da se zemljišta na lokalitetima gornjeg dela toka odlikuju lakšim mehaničkim sastavom dok su zemljišta srednjeg i donjeg dela toka težeg mehaničkog sastava. Proučavana zemljišta u prvoj godini istraživanja (2014. godina) na lokalitetima BOH, RAD, LIT, ČAT i JAS teksturno pripadaju kategoriji peskovitih ilovača, zemljišta na lokalitetu ZAG teksturno pripadaju kategoriji ilovastog peska dok zemljišta na lokalitetu ŽUP pripadaju kategoriji praškasto glinovitih ilovača. Zemljišta na lokalitetima SLB, SRM i BEO teksturno pripadaju kategoriji ilovača. Proučavana zemljišta u drugoj godini istraživanja (2015. godina) na lokalitetu LIT teksturno pripadaju kategoriji peska, zemljišta na lokalitetima MOJ, VRH, ZAG, JAS i ČAT pripadaju kategoriji peskovite ilovače dok zemljišta na lokalitetu RAD pripadaju kategoriji ilovasti pesak. Zemljišta nizvodno od lokaliteta SLB pripadaju kategoriji praškaste ilovače, dok zemljišta na lokalitetu BEO pripadaju kategoriji praškasto glinovite ilovače. Tekstura zemljišta se tokom istraživanja pokazala kao jedan od važnih faktora koji utiču na sadržaj, mobilnost i biodostupnost teških metala.
- Na osnovu ispitivanja fizičkih karakteristika sedimenta/nanosa može se zaključiti da se sediment/nanos gornjeg dela toka reke Save odlikuje lakšim mehaničkim sastavom u odnosu na sediment/nanos donjeg dela toka. Proučavani sediment/nanos u prvoj godini istraživanja (2014. godina) najvećim delom pripada teksturnoj klasi peskovite ilovače i praškaste ilovače, dok proučavani sediment/nanos u drugoj godini istraživanja (2015. godina) najvećim delom pripada teksturnoj klasi peskovite ilovače i peska. Kao i kod zemljišta, tekstura se pokazala kao važan faktor koji utiče na sadržaj, mobilnost i biodostupnost teških metala.
- Na osnovu proučavanja hemijskih karakteristika zemljišta može se zaključiti da hemijska reakcija zemljišta (pH u H₂O i pH u KCl) u obe godine istraživanja (2014. god. i 2015.

god.), svrstava proučavana zemljišta u kategoriju slabo do umereno alkalnih. Reakcija zemljišta je bila glavni ograničavajući faktor usvajanja, mobilnosti i biodostupnosti elemenata (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn). Ispitivanja su pokazala da zemljišta pripadaju kategoriji nezaslanjenih zemljišta i analize su pokazale da sadržaj rastvorljivih soli nije imao većeg uticaja na sadržaj i biodostupnost elemenata u zemljištu. Sadržaj karbonata u zemljištima na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka bio je visok što se pokazalo da ima uticaj na rastvorljivost i mobilnost Cd u zemljištu. Sadržaj humusa, odnosno organske materije u zemljištu, u oba preseka, ima rastući trend idući ka nizvodnim lokalitetima, što predstavlja bitan faktor za procenu stepena zagađenja zato što se neki teški metali i metaloidi, kao što su Pb i Zn, vezuju za organsku materiju u površinskim slojevima. Ispitivana zemljišta su dobro obezbeđena azotom na skoro svim lokalitetima, a odnos C/N je vrlo povoljan na lokalitetima donjeg dela toka reke. Na lokalitetima gornjeg dela toka odnos C/N je širi kao posledica peskovite strukture i teksture zemljišta. Sadržaj lakopristupačnog fosfora (P_2O_5) i kalijuma (K_2O) je dosta varirao duž toka, međutim uočava se da su zemljišta donjeg dela toka dobro obezbeđena ovim elementima. Takođe, istraživanja su pokazala da dolazi do povećanja sadržaja lakopristupačnih oblika fosfora i kalijuma sa povećanjem dubine zemljišta te se može zaključiti da u riparijalnim zemljištima dolazi do spiranja nutrijenata u dublje slojeve kao posledica lakšeg mehaničkog sastava i izloženosti zemljišta čestim fluktuacijama podzemnih voda. Vrednosti CEC su u ispitivanim zemljištima bile niske kao posledica male količine organske materije i dominantno peskovite teksture zemljište, što se odrazilo na slabu mobilnost i dostupnost ispitivanih elemenata.

- Na osnovu proučavanja hemijskih karakteristika sedimenta/nanosu može se zaključiti da hemijska reakcija (pH u H_2O i pH u KCl) u prvom preseku, 2014. godine, svrstava ispitivani sediment/nanos u kategoriju slabo do umereno alkalni. Hemijska reakcija (pH u H_2O i pH u KCl) u drugom preseku, 2015. godine, svrstava ispitivani sediment/nanos u kategoriju neutralnih do slabo alkalnih. Ovakva hemijska reakcija predstavlja glavni ograničavajući faktor usvajanja, mobilnosti i biodostupnosti teških metala, te su elementi (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn) uglavnom bili slabo dostupni. Kao i kod zemljišta, ukupna količina rastvorljivih soli u sedimentu/nanosu je niska i pripadaju kategoriji nezaslanjenih na osnovu čega se zaključuje da sadržaj rastvorljivih soli nije imao većeg uticaja na sadržaj i biodostupnost ispitivanih elemenata u sedimentu/nanosu. Sadržaj karbonata u sedimentu/nanosu ima trend smanjenja idući ka nizvodnim lokalitetima što je dovedeno u vezu sa matičnim supstratom, i zaključeno je da je nizak sadržaj karbonata imao uticaj na smanjenu rastvorljivost i mobilnost većine elemenata. Sadržaj humusa u sedimentu/nanosu, u oba preseka, ima rastući trend idući ka nizvodnim lokalitetima, što je bio bitan faktor za procenu stepena zagađenja, zato što se neki teški metali i metaloidi vezuju za organsku materiju. Takođe, viši sadržaj organske materije u sedimentu/nanosu u odnosu na zemljišta možemo povezati sa intenzivnim procesima spiranja usled erozionih procesa. Sadržaj azota u sedimentu/nanosu je bio nizak, ali proporcionalan količini organske materije. Odnos C/N na lokalitetima gornjeg i delimično srednjeg dela toka bio je nepovoljan, dok je na lokalitetima donjeg dela toka došlo do sužavanja njihovog odnosa, što ukazuje na povoljnije uslove za razgradnju organske materije. Vrednosti CEC u ispitivanom sedimentu/nanosu u oba preseka, kao i kod zemljišta su bile dosta niske na skoro svim ispitivanim lokalitetima. Niske vrednosti CEC su uticale na slabu mobilnost i dostupnost većine ispitivanih elemenata u sedimentu/nanosu.
- Na osnovu analize ukupnog sadržaja elemenata (Ag, Al, Ba, Co, Fe, Li, Mn, Mo, Se, Sr i Tl) u uzorcima zemljišta u obe godine istraživanja (2014. god. i 2015. god.) može se zaključiti da postoji varijabilnost duž toka, ali i da se kod većine elemenata uočava povećanje sadržaja na lokalitetima donjeg dela toka. Takođe, može se zaključiti da dolazi do povećanja sadržaja skoro svih ispitivanih elemenata u periodu niskog vodostaja (2015. god.) u odnosu na period

visokog vodostaja (2014. god.). Slično kao i kod prioriternih elemenata As, Cd i Pb zaključuje se da na povećanje sadržaja ovih elemenata u donjem delu toka utiču promene u oksido-redukcionim uslovima i povećanje rastvorljivosti koji se javljaju kao posledica poplavnog talasa usled čega dolazi do transporta i deponovanja na donjem delu toka. Izuzetak su srebro, gvožđe i litijum gde dolazi do smanjenja njihovog sadržaja duž toka u oba preseka.

- Na osnovu analize ukupnog sadržaja ispitivanih elemenata (Ag, Al, Ba, Co, Fe, Li, Mn, Mo, Se, Sr i Tl) u uzorcima sedimenta/nanosa u obe godine istraživanja (2014. god. i 2015. god.) može se zaključiti da dolazi do povećanja sadržaja skoro svih elemenata na donjem delu toka, pri čemu su najviši sadržaji za većinu elemenata izmereni na lokalitetu BEO. U obe ispitivane godine, izuzetak je bio stroncijum čiji se ukupan sadržaj smanjivao idući od izvora ka ušću reke Save u Dunav. Povišeni sadržaji ispitivanih elemenata u 2014. godini u odnosu na 2015. godinu javljaju se kao posledica erozionih procesa u gornjem delu toka u periodu visokog vodostaja i njihovog taloženja na lokalitetima donjeg dela toka. Na osnovu ovih rezultata zaključuje se da je uticaj poplavnog talasa, bio bitan faktor za povećanje sadržaja ispitivanih elemenata.
- Na osnovu istraživanja ukupnog sadržaja teških metala (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn), na koje su naša istraživanja bila posebno fokusirana radi utvrđivanja stepena zagađenja u životnoj sredini izazvanog njihovim ponašanjem, distribucijom i poreklom, u uzorcima zemljišta iz 2014. godine i u uzorcima zemljišta iz 2015. godine može se zaključiti da postoji izražena varijabilnost u odnosu na lokalitete i da postoji rastući trend u njihovom sadržaju od izvorišta ka ušću u Dunav. Takođe, na osnovu matematičkih metoda utvrđene su background vrednosti za zemljište i sediment/nanos riparijalne zone reke Save za ispitivane elemente: As – 11,53 mg kg⁻¹, Cd – 0,68 mg kg⁻¹, Cr – 72,52 mg kg⁻¹, Cu – 24,12 mg kg⁻¹, Mn - 772,97 mg kg⁻¹, Ni – 41,33 mg kg⁻¹, Pb – 44,03 mg kg⁻¹ i Zn – 91,64 mg kg⁻¹. Na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka sadržaj teških metala (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn) je uglavnom bio u okviru prosečnih vrednosti za zemljišta Evrope i sveta dok je na lokalitetima donjeg dela toka sadržaj ispitivanih teških metala bio viši u odnosu na background vrednost kao i na prosečne vrednosti za evropska i svetska zemljišta, što dovodi do zaključka da na donjem delu toka postoje intenzivni antropogeni pritisci. Pored toga, povećanju sadržaja teških metala doprinosi i sastav matičnog supstrata, što se prvenstveno odnosi na sadržaj Cr i Ni u zemljištu, koji su geološkog porekla.
- Na osnovu analize ukupnog sadržaja teških metala (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn), na koje su naša istraživanja bila posebno fokusirana radi utvrđivanja stepena zagađenja u životnoj sredini izazvanog njihovim ponašanjem, distribucijom i poreklom, u uzorcima sedimenta/nanosa iz 2014. godine i iz 2015. godine može se zaključiti da postoji izražena varijabilnost, kao i jasno uočljiv trend povećanja sadržaja od izvora ka ušću. Sadržaj ispitivanih teških metala na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka je bio niži u odnosu na background kao i u odnosu na SQGs granične vrednosti: nivo graničnog efekta na životnu sredinu (TEL) i nivo verovatnog efekta na životnu sredinu (PEL). Na lokalitetima donjeg dela toka sadržaj teških metala i metaloida bio je i do nekoliko puta veći u odnosu na background vrednosti i TEL vrednosti. Slično kao i kod zemljišta, možemo zaključiti da na donjem delu toka postoje antropogeni pritisci koji utiču na povećanje sadržaja teških metala. Takođe, zaključeno je da se u obzir moraju uzeti karakteristike matičnog supstrata, koji u određenoj meri utiče na povećanje ovog sadržaja, ali i hidrološke i morfološke karakteristike toka koje utiču na način deponovanja i akumuliranja teških metala u sedimentu/nanosu. Pa tako, na osnovu vrednosti K faktora erodibilnosti koji se kreću od 0,0303 do 0,1162 t·ha·h·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹, (srednja vrednost za ceo tok iznosi 0,0701 t·ha·h·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹) i na osnovu sadržaja teških metala i metaloida u zemljištu i sedimentu/nanosu, može se zaključiti

da su erozioni procesi na lokalitetima gornjeg dela toka, u određenoj meri tokom visokog vodostaja u 2014. godine, doprineli povećanju sadržaja teških metala (As, Cu, Ni, Pb, Zn) u sedimentu/nanosu i izazvali viši stepen njihovog talaženja u donjem delu toka u odnosu na period niskog vodostaja tokom 2015. godine.

- Na osnovu analize sekvencijalne ekstrakcije (modifikovana BCR ekstrakcija) zemljišta iz 2014. godine može se zaključiti da je poplava bila dominantan faktor pored teksture zemljišta, pH i sadržaja humusa koji je uticao na raspodelu i način vezivanja teških metala i metaloida u frakcionom profilu. Najveći udeo rezidualne faze u frakcionom profilu se javlja kod Cd, Ni, Cr i delimično Zn, dok su As i Pb najmobilniji s obzirom na visoko učešće prve tri faze u frakcionom profilu ovih elemenata. Kod svih ispitivanih elemenata, udeo prve faze odnosno biodostupne faze je uglavnom nizak, što ukazuje da je pH limitirajući faktor, jer su ovi elementi u alkalnim uslovima uglavnom slabo dostupni. Takođe, na osnovu analize sekvencijalne ekstrakcije, zaključeno je da je učešće oksidabilne faze u frakcionom profilu navedenih elemenata visoko, što potvrđuje činjenicu da je organska materija bila vrlo važan faktor za vezivanje i mobilnost elemenata u zemljištu. Na osnovu analize sekvencijalne ekstrakcije zemljišta iz 2015. godine može se zaključiti da postoji sasvim drugačija raspodela u odnosu na sekvencijalnu ekstrakciju u prvom preseku. Na frakcionim profilima teških metala (As, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn) udeo rezidualne faze je bio najdominantniji, ukazujući da su elementi bili čvrsto vezani u kristalnoj rešetci, i bez obzira na visoke ukupne sadržaje, njihova dostupnost i mobilnost je bila vrlo mala. Izuzetak je frakcioni profil Cd, gde je procentualno učešće prve tri faze bilo značajno ukazujući na visok stepen rastvorljivosti i biodostupnosti bez obzira na njegov nizak ukupan sadržaj.
- Analiza rezultata sekvencijalne ekstrakcije uzoraka sedimenta/nanosa i zemljišta iz 2014. godine, pokazala je veliku sličnost u raspodeli frakcija ukazujući na međusobnu povezanost i zavisnost sistema sediment/nanos-zemljište, ističući poplave (visok vodostaj) kao dominantan faktor raspodele i načina vezivanja elemenata u sedimentu/nanosu. Najveći udeo rezidualne faze u frakcionom profilu se javlja kod As, Cd, Ni, Cr i delimično Zn, dok su najmobilniji Cu, Pb i jednim delom Cd. Kod svih ispitivanih elemenata, udeo druge i treće faze, odnosno oksidabilne i reducibilne faze bio je dosta visok što ukazuje da na način vezivanja i mobilnost teških metala najveći uticaj imaju oksido-redukциони faktori, kao i organska materija. Rezultati sekvencijalne ekstrakcije uzoraka sedimenta/nanosa iz 2015. godine vrlo su slični rezultatima za zemljište iz 2015. godine, u kojima učešće rezidualne faze preovladava u potpunosti u frakcionim profilima ispitivanih elemenata. Ovakva raspodela unutar frakcionih profila ukazuje da su teški metali i metaloidi pri niskom vodostaju čvrsto vezani u kristalnoj rešetci i da bez obzira na njihov visok ukupan sadržaj, ispitivani elementi ostaju nedostupni za usvajanje i dalju mobilizaciju.
- Istraživanja porekla teških metala i metaloida u zemljištu pokazala su da je ono uslovljeno sastavom matičnog supstrata i antropogenim aktivnostima duž toka reke Save. Analiza PCA uzoraka zemljišta iz 2014. godine izdvojila je, kada je reč o poreklu, dve komponente označene kao geološki faktor i geološko-antropogeni faktor. Prva komponenta ukazuje da najveći uticaj na poreklo teških metala i metaloida ima geološka podloga, što je i potvrđeno visokom korelacijom Mn, Cr i Ni sa geološkim karakteristikama istraživanog područja. Druga komponenta je visoko korelisana sa geološkim karakteristikama područja pojačana rudarskim aktivnostima pre svega u gornjem delu sliva i visokom korelacijom sa Pb i delimičnom sa Zn i Cd ukazujući na uticaj antropogenog faktora preko intenzivnih industrijskih i komunalnih pritisaka u donjem delu toka. Na osnovu PCA analize uzoraka zemljišta iz 2015. godine može se zaključiti da su ispitivani teški metali i metaloidi geološkog, geološko-antropogenog i antropogenog porekla. Geološki faktor određen je visoko pozitivnom korelacijom sa Mn, Cr, Ni i jednim delom As, što ukazuje da se oni u

zemljištu javljaju kao posledica raspada matičnog supstrata ili kao rezultat transporta i deponovanja zemljišnih čestica erozionim procesima iz područja bogatih ovim elementima. U gornjem toku reke, mešoviti odnosno geološko-antropogeni faktor izdvaja Cd, Pb, Zn i delimično As koji su visoko korelisani sa geološkim karakteristikama područja i antropogenim aktivnostima, pre svega sa rudarenjem. Nizvodno, njihovo poreklo se delimično menja pod uticajem intenzivnih antropogenih poljoprivrednih, urbanih i industrijskih aktivnosti koje su dominantan izvor zagađenja. Kada je reč o poreklu Cu u zemljištu zaključeno je da je ono antropogeno i da je posledica konkretnih tačkastih izvora zagađenja na srednjem delu toka, pri čemu se njihov uticaj prenosi i na nizvodne lokalitete.

- Analiza PCA uzoraka sedimenta/nanosa iz 2014. godine pokazala je visoku međusobnu pozitivnu korelaciju elemenata (As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn) i izdvojila je samo jednu komponentu ukazujući na njihovo zajedničko poreklo. Budući da je bilo teško ovo poreklo precizno definisati, zaključeno je da bi ono moglo biti mešovito, odnosno da je rezultat uticaja geološke podloge i antropogenih aktivnosti uzimajući u obzir vrlo jak i izražen uticaj poplava u ovom periodu koje podižu i talože čestice sa ispitivanim elementima različitog porekla na različitim mestima duž rečnog toka. Nasuprot ovome, Pb je bilo visoko negativno korelisano sa ostalim elementima ukazujući da je njegovo poreklo u sedimentu/nanosu drugačije, odnosno da je antropogenog porekla. Generalno posmatrano, zaključeno je da je poreklo elemenata na lokalitetima gornjeg i srednjeg dela toka pre svega pod uticajem geološke podloge, dok je na lokalitetima donjeg dela toka jasno izražen antropogeni uticaj. Analiza PCA uzoraka sedimenta/nanosa iz 2015. godine izdvojila je dve komponente, pri čemu je prva određena visokom pozitivnom korelacijom sa As, Cr, Cu, Ni, Cd, Mn i Zn. Zaključeno je da su navedeni elementi geološkog porekla. Druga komponenta je određena pozitivnom korelacijom sa Cd, Pb i Zn i zaključeno je da su ovi elementi mešovitog, odnosno geološko-antropogenog porekla. Kao i kod uzoraka sedimenta/nanosa u prvom preseku, na osnovu PCA analize se može zaključiti da na poreklo teških metala u gornjem delu toka najveći uticaj ima geološka podloga i jednim delom industrijske aktivnosti, dok na poreklo teških metala u donjem delu toka imaju presudan uticaj intenzivne antropogene aktivnosti uglavnom u oblasti industrije i poljoprivrede.
- Na osnovu analize pojedinačnog ekološkog indeksa (Ei) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine može se zaključiti da postoji umeren stepen ekološkog rizika po životnu sredinu od zagađivanja As, Cd i Ni na lokalitetima donjeg dela toka. Primenom pojedinačnog ekološkog indeksa u uzorcima zemljišta iz 2015. godine zaključeno je da postoji umeren do visok stepen rizika od zagađivanja As, Cd, Cu i Ni na lokalitetima donjeg dela toka. Ovakve vrednosti su posledica antropogenih aktivnosti, tačnije, ispuštanje neprerađenih otpadnih industrijskih i komunalnih voda, intenzivna poljoprivredna aktivnost, kao i atmosferska depozicija. Pojedinačan ekološki indeks za ostale elemente (Cr, Pb i Zn) je bio nizak ukazujući da nema kontaminacije zemljišta ovim elementima. Ukupan ekološki rizik (RI) posmatran u odnosu na lokalitete i zbir pojedinačnih indeksa, pokazao je visoke vrednosti na lokalitetima donjeg dela toka (ŽUP, SRM, ŠAB i BEO), ukazujući da na tom delu toka, u oba preseka postoji visok stepen ekološkog rizika po životnu sredinu.
- Na osnovu analize pojedinačnog ekološkog indeksa (Ei) u uzorcima sedimenta/nanosa iz 2014. godine može se zaključiti da ne postoji rizik od kontaminacije ispitivanim elementima. Primenom pojedinačnog ekološkog indeksa u uzorcima sedimenta/nanosa iz 2015. godine utvrđeno je da postoji umeren stepen ekološkog rizika od zagađivanja Cd na lokalitetima donjeg dela toka (SRM, ŠAB i BEO). Takođe, bez obzira na visok sadržaj Cd i povišen pojedinačni ekološki indeks, indeks ukupnog ekološkog rizika (RI) bio je nizak na svim lokalitetima u oba preseka, i može se zaključiti da postoji nizak potencijalni ekološki rizik po životnu sredinu i akvatične zajednice.

- Na osnovu analize geoakumulacionih indeksa (Igeo) za površinske slojeve zemljišta iz 2014. može se zaključiti da postoji umeren ekološki rizik po životnu sredinu od kontaminacije Cu na lokalitetu ŽUP, Ni na lokalitetima SRM i BEO i Pb na lokalitetu RAD. Značajan ekološki rizik od nikla utvrđen je na lokalitetu ŽUP. Igeo za površinske slojeve zemljišta iz 2015. godine ukazuje da postoji umeren ekološki rizik od kontaminacije As na lokalitetu BEO, Cu na lokalitetima ČAT, ŽUP, SRM i BEO, Ni na lokalitetima ŽUP, SRM, ŠAB i BEO i Zn na lokalitetu BEO. Na osnovu analize vrednosti geoakumulacionih indeksa možemo zaključiti da je životna sredina donjeg dela toka reke Save ugrožena usled intenzivnih antropogenih pritisaka.
- Na osnovu analize geoakumulacionih indeksa (Igeo) za sediment/nanos iz 2014. i 2015. godine možemo zaključiti da, kao i u zemljištu, postoji umereno do značajno obogaćenje niklom, bakrom i kadmijumom, dok u manjoj meri postoji obogaćenje arsenom i cinkom. Igeo za sediment/nanos iz 2014. godine ukazuje da postoji umeren ekološki rizik od kontaminacije As na lokalitetu BEO, Cu na lokalitetima SLB, SRM i BEO, Ni na lokalitetu SLB i Zn na lokalitetu BEO. Igeo za sediment/nanos iz 2015. godine ukazuje da postoji umeren ekološki rizik od kontaminacije Cd na lokalitetima ŠAB i BEO, Cu na lokalitetu BEO, Ni na lokalitetima ŽUP, SRM, ŠAB i BEO i Zn na lokalitetu BEO. Slično kao i kod zemljišta, zaključeno je da je donji deo toka pod značajnim antropogenim pritiskom i da na obogaćenje ovim elementima najveći uticaj imaju antropogene aktivnosti i erozioni procesi koji doprinose obogaćenju sedimenta/nanosa teškim metalima iz zemljišta.
- Na osnovu metode geografske regresije (Geographic Weighted Regression-GWR) za analizu potencijalno opasnih zona („hot spots“) na toku reke Save, koja je uzela u obzir veliki broj podataka o zemljištu i sedimentu/nanosu reke Save, pri čemu su najdominantniji za određivanje potencijalno ugroženih zona bili sadržaj teških metala i metaloida, sadržaj organske materije, tekstura zemljišta i parametri procene ekološkog rizika, može se zaključiti da su lokaliteti od JAS do BEO potencijalno opasne zone zagađenja As, Cd, Cr i Cu. Na osnovu iste analize je zaključeno da su prostori od lokaliteta VRH do lokaliteta ŽUP potencijalno opasna zona kontaminacije Ni, dok su lokaliteti od SLB do BEO potencijalno opasna zona zagađenja Pb i Zn. Na osnovu istraživanja sprovedenih u okviru ove disertacije može se zaključiti da su donji delovi toka reke Save potencijalno najugroženiji kontaminacijom ispitivanim elementima.
- Na osnovu GWR analize potencijalno opasnih zona („hot spots“) za sediment/nanos zaključeno je da se potencijalno opasna zona zagađenja As, Cr, Cu i Ni nalazi u gornjem delu toka, od lokaliteta MOJ do lokaliteta JAS. Za moguću kontaminaciju Pb i Zn izdvojena je potencijalno opasna zona na donjem delu toka, od lokaliteta JAS do lokaliteta BEO, dok je za zagađenje Cd potencijalno opasna zona izdvojena na delu toka od lokaliteta ČAT do BEO.
- Na osnovu sadržaja teških metala i metaloida u zemljištu i sedimentu/nanosu kao i na osnovu indeksa potencijalnog ekološkog rizika i analize potencijalno opasnih zona („hot spots“) može se zaključiti da su lokaliteti donjeg dela toka reke Save najugroženiji i pod najvećim antropogenim pritiskom. Zagađenje i degradacija ovog dela toka direktna je posledica urbanizacije i prenaseljenosti priobalne zone, zatim industrijalizacije riparijalne zone i blizine velikih urbanih i industrijskih centara reci Savi, intenzivne poljoprivredne proizvodnje i učestalo ispuštanje neprerađenih ili delimično prerađenih otpadnih voda različitog porekla.

Na osnovu dobijenih rezultata i diskusije može se zaključiti da su sve hipoteze postavljene na početka istraživanja potvrđene:

- koncentracija teških metala i metaloida u zemljištu riparijalne zone reke Save se menja od izvora do ušća;
- sadržaj teških metala i metaloida u zemljištu u korelaciji je sa sadržajem teških metala i metaloida u sedimentu/nanosu i karakterističan je za svaki deo rečnog toka;
- akumulacija zagađenja u zemljištu riparijalne zone najveća u donjem delu toka reke Save;
- stepen ekološkog rizika zavisi od potencijalne dostupnosti tokisčnih elemenata i povećava se od izvora reke do ušća.

Kod poslednje hipoteze potrebno je spomenuti da je utvrđeno da na stepen ekološkog rizika ne utiče samo potencijalna biodostpnost, već i da visok ukupan sadržaj nekog elementa može predstavljati potencijalni ekološki rizik po životnu sredinu, iako je stepen njegove dostupnosti i rastvorljivosti relativno nizak.

Istraživanja sprovedena za potrebe ove disertacije obuhvatila su godinu visokog vodostaja (2014. god) i godinu niskog vodostaja (2015. god.) reke Save kako bi se, pored ostalog, ispitaio uticaj poplave na sadržaj teških metala i metaloida u zemljištu i sedimentu/nanosu i kako bi se procenio stepen potencijalnog ekološkog rizika po životnu sredinu. Na osnovu ovih istraživanja i dobijenih rezultata mogu se predložiti određene mere i preporuke koje mogu doprineti da se usklade i unaprede ekološke politike u regionu zasnovane na naučnim znanjima. Tu se pre svega misli na uspostavljanje guste mreže mernih stanica za monitoring kvaliteta riparijalnog zemljišta i sedimenta/nanosa i merenja stepena njihovog zagađenja, kao i javnu dostupnost dobijenih podataka, posebno imajući u vidu značaj reke Save kao značajne regionalne reke i glavnog izvora snabdevanja pijaćom vodom velikog broja stanovnika. Izazovi upravljanja snažnom zavisnošću od usluga riparijalnih ekosistema, koje rezultiraju iscrpljivanjem prirodnih resursa i biološkog diverzita sa jedne strane i aktivnostima usmerenim ka ublažavanju i sprečavanju zagađenja i sa tim povezanim klimatskim promenama sa druge strane, mogu na regionalnom nivou dati prednost zdravlju stanovnika regiona i kvalitetu zaštite, obnove i unapređenja životne sredine ovog prostora. Istraživanja zagađenje vode, vazduha, sedimenta/nanosa i riparijalnog zemljišta morala bi da budu u kontinuitetu predmet budućih istraživanja u riparijalnoj zoni reke Save u cilju određivanja background vrednosti svih potencijalno toksičnih elementa na ovom prostoru, modifikacija geohemijskih indeksa prema novoutvrđenim background vrednostima, utvrđivanju svih ostalih indeksa zagađenja i određivanje stepena rizika po zdravlje stanovnika i životnu sredinu. Rezultati svih ovih istraživanja bi morali da budu uvaženi od strane kreatora politika održivog razvoja u cilju sprečavanja i smanjenja zagađenja, adaptacija na klimatske promene i zaštite životne sredine celog regiona.

8. Literatura

- Adamiec**, E., Jarosz-Krzemińska, E., Wieszała, R. (2016): Heavy metals from non-exhaust vehicle emissions in urban and motorway road dusts. *Environmental and Monitoring Assessment*, 188, 1–11.
- Adamo**, P., Agrelli, D., Zampella, M. (2018): Chemical Speciation to Assess Bioavailability, Bioaccessibility and Geochemical Forms of Potentially Toxic Metals (PTMs) in Polluted Soils. In *Environmental Geochemistry: Site Characterization, Data Analysis and Case Histories: Second Edition (2nd ed.)*, chapter 9, pp. 153-194.
- Adriano**, D.C. (2001): *Trace Elements in the Terrestrial Environments: Biogeochemistry Bioavailability, and Risks of Metals*. Springer-Verlag, New York. ISBN 978-0-387-21510-5.
- Alan**, M., Kara, D. (2019): Comparison of a new sequential extraction method and the BCR sequential extraction method for mobility assessment of elements around boron mines in Turkey. *Talanta*. 194, 189–198.
- Al-Chalabi**, A.S., Hawker, D. (2000): Distribution of vehicular lead in roadside soils of major roads of Brisbane, Australia. *Water Air and Soil Pollution*, 118(3-4), 299-310.
- Alloway**, B.J. (2013): *Heavy metals in soils. Trace metals and metaloids in soils and their bioavailability*. Environmental pollution (22), third edition. Springer, New York. ISBN 978-94-007-4470-7
- Antić**, M., Jović, N., Avdalović, V. (1982): *Pedologija*. Naučna knjiga. Beograd.
- Antić-Mladenović**, S., Frohne, T., Kresović, M., Stärk, H.-J., Tomić, Z., Licina, V., Rinklebe, J. (2016): Biogeochemistry of Ni and Pb in a periodically flooded arable soil: Fractionation and redox-induced (im)mobilization. *Journal of environmental management*, 186.
- Ashraf**, M. A., Maah, M. J., Yusoff, I. (2012): Chemical Speciation and Potential Mobility of Heavy Metals in the Soil of Former Tin Mining Catchment. *The Scientific World Journal*, 2012, 1–11.
- Baćani**, A., Šparica, M., Velić, J. (1999): Quaternary Deposits as the Hydrogeological System of Eastern Slavonia, *Geologia Croatica*, 52/2, 141-152.
- Bai**, J., Jia, J., Zhang, G., Zhao, Q., Lu, Q., Cui, B., Liu, X. (2016): Spatial and temporal dynamics of heavy metal pollution and source identification in sediment cores from the short-term flooding riparian wetlands in a Chinese delta. *Environmental Pollution*, 219, 379–388.
- Barry**, G. A., Chudek, P. J., Best, E. K., Moody, P. W. (1995): Estimating sludge application rates to land based on heavy metal and phosphorus sorption characteristics of soil, *Water Research* 29: 2031-2034.
- Bartram**, J., Balance, R. (1996): (Ed.) *Water Quality Monitoring: A Practical Guide to the Design of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programme*. Published on behalf of UNDP & WHO Chapman & Hall, London
- Bashir**, F., Tariq, M., Khan, M.H., Khan, R.A., Aslam, S. (2014): Fractionation of heavy metals and their uptake by vegetables growing in soils irrigated with sewage effluent. *Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences*, 38, 1-10.
- Belanović**, S., Knežević, M., Kadović, R. (2002): Determination of heavy metals origin in the soil according to micro-site indicator values method, *Zemljište i biljka* 51(2): 115-123.
- Belanović**, S., Knežević, M., Miličić Bogić, M., Đorović, M. (2004): Contents of heavy metals and micro-flora in some soils of Mt. Stara Planina, *Glasnik Šumarskog fakulteta* 89, 53-61.

- Belanović, S., Perović, V., Vidojević, D., Kostadinov, S., Knežević, M., Kadović, R., Košanin, O.** (2013): Assessment of soil erosion intensity in Kolubara District, Serbia. *Fresenius Environmental Bulletin*, 22, 1556–1563.
- Belić, M., Malinović, N., Nešić, Lj., Ćirić, V., Meši, M., Kostić, M., Pudar, Đ.** (2014): Uticaj konvencionalne obrade i direktne setve na strukturu zemljišta. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 40, (1): 9-18.
- Bielicka-Gieldoń, A., Rylko, E., Zamojc, K.** (2013): Distribution, bioavailability and fractionation of metallic elements in Allotment garden soils using the BCR sequential extraction procedure. *Polish Journal of Environmental Studies* 22(4):1013-1021.
- Bielińska, E.J., Mocek-Płóciniak, A.** (2009): Impact of uncontrolled waste dumping on soil chemical and biochemical properties. *Archiwum Ochrony Srodowiska*. 35, 101–107.
- Borg, H., Johansson, K.** (1989): Metal Fluxes to Swedish Forest Lakes, *Water, Air and Soil Pollution* 47: 427-440.
- Borůvka, L., Vacek, O., Jehlička, J.** (2005): Principal component analysis as a tool to indicate the origin of potentially toxic elements in soils. *Geoderma*, 128, 289–300.
- Bradl, H.** (2004): Adsorption of Heavy Metal Ions on Soils and Soils Constituents. *J. Colloid Interface Sci.* 277, 1–18.
- Brady, N., Weil, R.** (2016): *The Nature and Properties of Soil*, Global Edition, Pearson Education Limited.
- Brilly, M., Šraj, M., Vidmar, A., Primožič, M., Koprivšek, M.** (2015): Climate change impact on flood hazard in the Sava River Basin, in: Milačić, R., Ščančar, J., Paunović, M., (Vol. Eds.), *The River Sava*, in: Barceló, D., Kostianoy, A.G., (Eds-in-Chief), *Handbook of Environmental Chemistry*, Springer, Dordrecht, Heidelberg, New York, London, pp. 27–52.
- Bruno, D., Belmar, O., Sánchez-Fernández, D., Guareschi, S., Millán, A., Velasco, J.** (2014): Responses of Mediterranean aquatic and riparian communities to human pressures at different spatial scales. *Ecological Indicators*, 45, 456–464.
- Buccolieri, A., Buccolieri, G., Dell’Atti, A., Strisciullo, G., Gagliano-Candela, R.** (2010): Monitoring of total and bioavailable heavy metals concentration in agricultural soils. *Environmental Monitoring and Assessment*, 168(1–4), 547–560.
- Cakmak, D., Saljnikov, E., Mrvic, V., Jakovljevic, M., Marjanovic, Z., Sikiric, B., Maksimovic, S.** (2010): Soil properties and trace elements contents following 40 years of phosphate fertilization. *Journal of Environmental Quality*, 39(2), 41–547.
- Cao, Y., Zhang, D., Shen, F., Wang, J., Faladysz, J., Jarzynska, G., Li, W., Wang, K.** (2013): As, Cd, Cr, Hg, Ni and Pb in soil from eastern slope of Mt. Gongga, Eastern Tibet, China. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5(6), 775–782.
- Caporale, A.G., Violante, A.** (2016): Chemical processes affecting the mobility of heavy metals and metalloids in soil environments. *Current Pollution Report*, 2,15-27.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment)** (2001): *Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*
- Cerdan, O., Govers, G., Le Bissonnais, Y., Oost, K., Poesen, J., Saby, N., Gobin, A., Vacca, A., Quinton, J., Auerswald, K., Klik, A., Kwaad, F.J.P.M., Raclot, D., Ionita, I., Rejman, J., Rousseva, S., Muxart, T., Roxo, M., Dostál, T.** (2010): Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: A study based on erosion plot data. *Geomorphology* 122, 167–177.

- Chávez-Díaz**, L.V., Gutiérrez-Cacciabue, D., Poma, H.R., Rajal, V.B. (2020): Sediments quality must be considered when evaluating freshwater aquatic environments used for recreational activities. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 223, 159–170.
- Chen**, H., Chen, R., Teng, Y., Wu, Y. (2016): Contamination characteristics, ecological risk and source identification of trace metals in sediments of the Le'an River (China). *Ecotoxicology Environmental Safety*, 125, 85-92.
- Chiogna**, G., Majone, B., Cano Paoli, K., Diamantini, E., Stella, E., Mallucci, S., Bellin, A. (2016): A review of hydrological and chemical stressors in the Adige catchment and its ecological status. *Science of the Total Environment*, 540, 429–443.
- Chlopecka**, A. (1996): Assessment of form of Cd, Zn and Pb in contaminated calcareous and gleyed soils in southwest Poland. *Science of the Total Environment* 188, 253–262.
- Chrysochoou**, M., Theologou, E., Bompoti, N., Dermatas, D., Panagiotakis, I. (2016): Occurrence, Origin and Transformation Processes of Geogenic Chromium in Soils and Sediments, Sediment and Other Pollutions, *Current Pollution Reports* 2: 224–235.
- Ciesielczuk**, T., Kusza, G., Poluszyńska, J., Kochanowska, K. (2014): Pollution of flooded arable soils with heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Water Air Soil Pollution*, 225, 2145.
- Ciszewski**, D., Grygar, T. M. (2016): A Review of Flood-Related Storage and Remobilization of Heavy Metal Pollutants in River Systems. *Water, Air, and Soil Pollution*, 227(7).
- Collins**, A. L., Walling, D. E., Webb, L. and King, P. (2010): Apportioning catchment scale sediment sources using a modified composite fingerprinting technique incorporating property weightings and prior information. *Geoderma*, 155(3-4), 249-261.
- Costanza**, R., D'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O' Neill, R., Paruelo, J., Raskin, R., Sutton, P., Van Den Belt, M. (1997): The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253–260.
- Cui**, B., Zhu, M., Jiang, Yang, Jiang, Yanxue, Cao, H. (2014): Identification of the sources of metals and arsenic in river sediments by multivariate analysis and geochemical approaches. *Journal of Soils and Sediments* 14, 1456–1468.
- Cui**, Z.W., Wang, Y., Zhao, N., Yu, R., Xu, G.H., Yu, Y. (2018): Spatial distribution and risk assessment of heavy metals in paddy soils of Yongshuyu irrigation area from Songhua river basin, northeast China. *Chinese Geographical Science*, 28 (5), 797-809.
- Čakmak**, D., Perović, V., Antić-Mladenović, S., Kresović, M., Saljnikov, E., Mitrović, M., Pavlović, P. (2018): Contamination, risk, and source apportionment of potentially toxic microelements in river sediments and soil after extreme flooding in the Kolubara River catchment in Western Serbia. *Journal of Soils and Sediments*, 18(5), 1981–1993.
- Décamps**, H., Naiman, R.J., McClain, M.E. (2009): Riparian Zones. In: Likens, G.E. (Ed.), *Encyclopedia of Inland Waters*. Elsevier Inc. pp. 396-403.
- Dennis**, I.A., Coulthard, T.J., Brewer, P.A., Macklin, M.G. (2009): The role of floodplains in attenuating contaminated sediment fluxes in formerly mined basins. *Earth Surface Process Landforms* 34, 453–66.
- Dragun**, Z., Roje, V., Mikac, N., Raspor, B. (2009): Preliminary assessment of total dissolved trace metal concentrations in Sava River water. *Environmental Monitoring and Assessment*, 159: 99–110.

- Du Laing, G., Rinklebe, J., Vandecasteele, B., Meers, E., Tack, F. M. G. (2009):** Trace metal behaviour in estuarine and riverine floodplain soils and sediments: A review. *Science of the Total Environment*, 407(13), 3972–3985.
- Dulio, V., Carere, M., Hanke, G., Polesello, S., Daivd, M., & Sollazzo, C. (2010):** Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance Document No . 25, Guidance on Chemical Monitoring of Sediment and Biota under the Water Framework Directive.
- Dvořák, J., Novák, L. (1994):** Chapter 2 Erosion of the Soil. In: Dvořák J, Novák L (Eds) *Developments in Soil Science Vol 23*, Elsevier, pp 25-38. ISBN: 9780080869919
- Erdeši, J., Janjatović, G. (2001):** Šumski ekosistemi rezervata “Zasavica”, “Zasavica 2001”, Prirodno-matematički fakultet, Institut za biologiju, Novi Sad – Goransko-ekološki pokret, Sremska Mitrovica.
- Esmailzadeh, J., Ahangar, A.G. (2014):** Influence of soil organic matter content on soil physical, chemical and biological properties. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 4, 244-252.
- Esri Inc. (2016):** ArcMap (version 10.5). Software. Redlands, CA: Esri Inc, Redlands, CA. <https://www.esri.com> (Accessed 24 Mar 2020).
- EU 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. Official Journal of the European Union.**
- European Community (1991):** European Community Council Directive of 21 May 1991 concerning urban waste water treatment (91/271/EEC), Official Journal of the European Union No. L, 135 (1991), pp. 40-52.
- Evans, R. (2006):** Land use, sediment delivery and sediment yield in England and Wales, Soil erosion and sediment redistribution in river catchments: measurement, modelling and management, 70-84.
- FAO (1992):** Forests, Trees and Food, Agriculture.
- Farrah, H. Hatton, D. Pickering, W. F. (1980):** Affinity of metal-ions for clay surfaces. *Chemical Geology*, 28(1–2), 55–68.
- Filgueiras, A.V., Lavilla, I., Bendicho, C. (2002):** Chemical sequential extraction for metal partitioning in environmental solid samples. *Journal of Environmental Monitoring*, 4, 823–857.
- Fleit, E., Lakatos, G. (2003):** Accumulative heavy metal patterns in the sediment and biotic compartments of the Tisza watershed. *Toxicology Letters*, 140–141, 323–332.
- Flück, R., Campiche, S., Chèvre, N., Slencastro, F., Ferrari, B., Santiago, S. (2010):** Use of sediment quality criteria for the assessment of sediment toxicity: Applicability to Switzerland, Final report in the Project „Assessment of Swiss sediment toxicity“.
- Foster, A. L. (2017):** The Fate of Chromium in Weathered Ultramafic Rocks and Their Derivative Soils in Cuba: Clues from Spectroscopic Studies, *Acta Geologica Sinica* 91(1), 12.
- Foulds, S. A., Griffiths, H. M., Macklin, M. G., Brewer, P. A. (2014):** Geomorphological records of extreme floods and their relationship to decadal-scale climate change. *Geomorphology*, 216, 193–207.
- Frémion, F., Bordas, F., Mourier, B., Lenain, J. F., Kestens, T., Courtin-Nomade, A. (2016):** Influence of dams on sediment continuity: A study case of a natural metallic contamination. *Science of the Total Environment*, 547, 282–294.

- Gabarrón, M., Zornoza, R., Martínez-Martínez, S., Muñoz, V. A., Faz, Á., Acosta, J. A. (2019):** Effect of land use and soil properties in the feasibility of two sequential extraction procedures for metals fractionation. *Chemosphere*. 218, 266–272.
- Gajić, G., Djurdjević, L., Kostić, O., Jarić, S., Stevanović, B., Mitrović, M., Pavlović, P. (2020):** Phytoremediation potential, photosynthetic and antioxidant response to arsenic-induced stress of *Dactylis glomerata* L. sown on fly ash deposits. *Plants*, 9(5), 1–27.
- Galán, E., González, I., Romero, A., Aparicio, P. (2014):** A methodological approach to estimate the geogenic contribution in soils potentially polluted by trace elements. Application to a case study. *Journal of Soils and Sediments*, 14, 810–818.
- García-Ordiales, E., Covelli, S., Esbrí, J.M., Loredó, J., Higuera, P.L. (2016):** Sequential extraction procedure as a tool to investigate PTHE geochemistry and potential geoavailability of dam sediments (Almadén mining district, Spain). *Catena* 147, 394–403.
- García-Ruiz, J. M. (2010):** The effects of land use on soil erosion in Spain: A review, Instituto Pirenaico de Ecología, *Catena*, 81(1).
- Gawlik, B.W., Bidoglio, G. (Eds.) (2006):** Background values in European soils and sewage sludges PART III, Conclusions, comments and recommendations. European Commission, Directorate-General Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability.
- Geršič, M. (2010):** Succession on the point bars of the Sava River. *Dela SAZU* 33, 5–19.
- Ghariani, R.H.A., Gržetić, I., Antić, M., Nikolić-Mandić, S. (2010):** Distribution and availability of potentially toxic metals in soil in central area of Belgrade, Serbia. *Environmental Chemistry Letters*, 8, 261–269.
- Gozzard, E., Mayes, W. M., Potter, H. A. B., Jarvis, A. P. (2011):** Seasonal and spatial variation of diffuse (non-point) source zinc pollution in a historically metal mined river catchment, UK. *Environmental Pollution*, 159(10), 3113–3122.
- Graf-Rosenfellner, M., Cierjacks, A., Kleinschmit, B., Lang, F. (2016):** Soil formation and its implications for stabilization of soil organic matter in the riparian zone. *Catena*, 139, 9–18.
- Grba, N., Neubauer, F., Sajnovic, A., Stojanovic, K., Jovancicevic, B. (2015):** Heavy metals in neogene sedimentary rocks as a potential lithogenic hazard for sediment, soil, surface and groundwater contamination (Eastern Posavina and Lopare Basin, Bosnia and Herzegovina). *Journal of the Serbian Chemical Society*, 80, 827–838.
- Gugić, G. (2009):** Managing sustainability in conditions of change and unpredictability – the living landscape and floodplain ecosystem of the Central Sava River Basin. Lonjsko Polje Nature Park Public Service, Krapje, Croatia.
- Hakanson, L. (1980):** An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water Research*, 14, 975–1001.
- Halamić, J., Galović, L., Šparica, M. (2003):** Heavy metal (As, Cd, Cu, Hg, Pb and Zn) distribution in topsoil developed on alluvial sediments of the Drava and Sava Rivers in NW Croatia. *Geologica Croatica*, 56, 215–232.
- Halamić, J., Peh, Z., Miko, S., Galović, L., Šorša, A. (2012):** Geochemical atlas of Croatia: Environmental implications and geodynamical threat. *Journal of Geochemical Exploration*, 115, 36–46.
- Halbach, K., Mikkelsen, Ø., Berg, T., Steinnes, E. (2017):** The presence of mercury and other trace metals in surface soils in the Norwegian Arctic, *Chemosphere* 188: 567–574.

- Herrero, A., Gutiérrez-Cánovas, C., Vigiak, O., Lutz, S., Kumar, R., Gampe, D., Sabater, S.** (2018): Multiple stressor effects on biological quality elements in the Ebro River: Present diagnosis and predicted responses. *Science of the Total Environment*, 630, 1608–1618.
- Hill, A., Cardaci, M.** (2004): Denitrification and Organic Carbon Availability in Riparian Wetland Soils and Subsurface Sediments. *Soil Science Society of America Journal - SSSAJ*. 68(1), 320-325.
- Hinton, P.R., McMurray, I., Brownlow, C.** (2004): *SPSS Explained*. Routledge, Abingdon, UK.
- Hoag, C., Fripp, J.** (2005): Riparian/Wetland Project Information Series No. 18: Streambank Soil Bioengineering Considerations for Semi-Arid Climates. USDA-NRCS Aberdeen Plant Materials Center. Aberdeen, ID. Information Series 18, p 15.
- Hu, Y., Liu, X., Bai, J., Shih, K., Zeng, E.Y., Cheng, H.** (2013): Assessing heavy metal pollution in the surface soils of a region that had undergone three decades of intense industrialization and urbanization. *Environmental Science and Pollution Research*, 20, 6150–6159.
- Huang, J., Peng, S., Mao, X., Li, F., Guo, S., Shi, L., Yu, H., Zeng, G.** (2019): Source apportionment and spatial and quantitative ecological risk assessment of heavy metals in soils from a typical Chinese agricultural county. *Process Safety and Environmental Protection*, 126, 339–347.
- Hutchinson, T.C.** (1979): Effects of Cadmium in the Canadian Environment. National Research Council of Canada (NRCC), Ottawa NRCC 16743. ISSN 0316-0114
- ICP (1998):** IPC Forest Manual (Part III, Soil Sampling and Analysis, Hamburg, 1998)
- ICPDR & ISRBC (2015):** Floods in May 2014 in the Sava river Basin. Brief overview of key events and lessons learned. International Commission for the Protection of the Danube River (ICPDR) and International Sava River Basin Commission (ISRBC) http://www.savacommission.org/dms/docs/dokumenti/documents_publications/publications/other_publications/sava_floods_report.pdf
- ICPDR (International Commission for the Protection of the Danube River) (2002):** Joint danube survey. Tech- nical Report of the International Commission for the protection of the Danube River. Vienna, Austria.
- Imperato, M., Adamo, P., Naimo, D., Arienzo, M., Stanzione, D., Violante, P.** (2003): Spatial distribution of heavy metals in urban soils of Naples city (Italy). *Environmental Pollution*, 124, 247-256.
- ISO 10390/1994** Soil quality-Determination of pH.
- ISO 11465/1993** Soil quality-Determination of dry matter and water content on a mass basis- Gravimetric method.
- ISO 19258/2013 (SRPS EN)** Kvalitet zemljišta – Smernice za određivanje nultog stanja
- ISRBC (2009):** Sava River Basin analysis report. http://www.savacommission.org/dms/docs/dokumenti/documents_publications/publications/other_publications/sava_river_basin_analysis_report_high_res.pdf
- ISRBC (2013):** Sava River Basin management plan. http://www.savacommission.org/dms/docs/dokumenti/srbmp_micro_web/backgroundpapers_approved/no_9_background_paper_integration_of_water_protection_in_developments_in_the_sava_rb.pdf
- ISRBC (2016):** Towards Practical Guidance for Sustainable Sediment Management using the Sava River Basin as a Showcase. Estimation of Sediment Balance for the Sava River.

International Sava River Basin Commission (ISRBC) <https://en.unesco.org/news/towards-practical-guidance-sustainable-sediment-management-using-sava-river-basin-showcase>

- Jain, C. K., & Sharma, M. K. (2001):** Distribution of trace metals in the Hindon River system, India. *Journal of Hydrology*, 253(1–4), 81–90.
- Jakovljević, M., Pantović, M. (1991):** Hemija zemljišta i voda, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd
- Jakovljević, M.D., Kostić, N.M., Stevanović, D., Blagojević, S., Wilson, M.J., Martinović, L. (1997):** Factors influencing the distribution of heavy metals in the alluvial soils of the Velika Morava River Valley, Serbia. *Applied Geochemistry*, 12(5):637–642.
- Jayasumana, C., Fonseka, S., Fernando, A., Jayalath, K., Amarasinghe, M., Siribaddana, S., Gunatilake, S., Paranagama, P. (2015):** Phosphate fertilizer is a main source of arsenic in areas affected with chronic kidney disease of unknown etiology in Sri Lanka. *SpringerPlus*, 4, 90.
- JDPZ (1966):** Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta - Priručnik za ispitivanje zemljišta, knjiga I, Hemijske metode ispitivanja zemljišta, Beograd
- JDPZ (1997):** Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta - Priručnik za ispitivanje zemljišta - Metode istraživanja i određivanja fizičkih svojstava zemljišta, Novi Sad
- Jerolmack, D.J., Brzinski, T.A. (2010):** Equivalence of abrupt grain size transitions in alluvial rivers and eolian sand seas: A hypothesis, *Geology*, 38(8), 719–722.
- Jiang, M., Zeng, G., Zhang, C., Ma, X., Chen, M., Zhang, J., Lu, L., Yu, Q., Hu, L., Liu, L. (2013):** Assessment of heavy metal contamination in the surrounding soils and surface sediments in Xiawangang river, Qingshuitang District. *PLoS One* 8(8), e71176.
- Jiang, X., Xiong, Z., Liu, H., Liu, G., Liu, W. (2017):** Distribution, source identification, and ecological risk assessment of heavy metals in wetland soils of a river-reservoir system. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 436–444.
- Jovanović, M. (2002):** Regulacija reka, Rečna hidraulika i morfologija, Građevinski fakultet, Beograd.
- Kabata-Pendias, A. (2011):** Trace Elements in Soils and Plants. fourth ed. CRC Press, Boca Raton. ISBN 978-1-4200-9368-1
- Kabata-Pendias, A., Mukherjee, A.B. (2007):** Trace elements from soil to human, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York. ISBN 978-3-642-06925-3
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (2001):** Trace elements in soils and plants, CRC Press LLC, Boca Raton, London, New York, Washington. ISBN 0-84936-1575-1
- Kadović, R. (1999):** Protiverozioni agroekosistemi, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet.
- Karadžić, B., Jarić, S., Pavlović, P., Mitrović, M., (2015):** Aquatic and wetland vegetation along the Sava River. in: Milačić, R., Ščančar, J., Paunović, M., (Vol. Eds.), *The River Sava*, in: Barceló, D., Kostianoy, A.G., (Eds-in-Chief), *Handbook of Environmental Chemistry* (pp. 249-317). Springer, Dodrecht, Heidelberg, New York, London ISBN 978-3-662-44034-6
- Kelessidis, A., Stasinakis, A. (2012):** Comparative Study of the Methods Used for Treatment and Final Disposal of Sewage Sludge in European Countries. *Waste management* (New York, N.Y.). 32. 1186-95.
- Knežević, M., Košanin, O. (2007):** Praktikum iz pedologije, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet.

- Komatina, D.,** Grošelj, S. (2015): Transboundary Water Cooperation for Sustainable Development of the Sava River Basin. in: Milačić, R., Ščančar, J., Paunović, M., (Vol. Eds.), The River Sava, in: Barceló, D., Kostianoy, A.G., (Eds-in-Chief), Handbook of Environmental Chemistry, (pp. 1-27). Springer, Dodrecht, Heidelberg, New York, London ISBN 978-3-662-44034-6
- Kostadinov, S.** (2008): Bujični tokovi i erozija, Šumarski fakultet, Beograd
- Kostić, O.,** Jarić, S., Gajić, G., Pavlović, D., Pavlović, M., Mitrović, M., Pavlović, P. (2018): Pedological properties and ecological implications of substrates derived 3 and 11 years after the revegetation of lignite fly ash disposal sites in Serbia. *Catena*, 163, 78–88.
- Kotnik, J.,** Horvat, M., Milačić, R., Ščančar, J., Fajon, V., Križanovski, A. (2003): Heavy metals in the sediment of Sava River, Slovenia. *Geologija*, 46(2), 263–272.
- Kowalska, J.B.,** Mazurek, R., Gąsiorek, M., Zaleski, T. (2018): Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination—A review. *Environmental Geochemistry and Health*, 40, 2395–2420.
- Kuerban, M.,** Maihemuti, B., Waili, Y., Tuerhong, T. (2020): Ecological risk assessment and source identification of heavy metal pollution in vegetable bases of Urumqi, China, using the positive matrix factorization (PMF) method. *PLoS ONE*, 15(4), 1–19.
- Kwok, K.W.H.,** Batley, G.E., Wenning, R.J., Zhu, L., Vangheluwe, M., Lee, S. (2014): Sediment quality guidelines: challenges and opportunities for improving sediment management. *Environmental Science and Pollution Research*, 21, 17–27.
- Lal, R.** (2006): Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. *Land Degradation & Development*, 17, 197–209.
- Lepp, N. W.** (1981) (Ed.): Effect of heavy metal pollution on plants. Vol. 1: Effects of trace metals on plant function. 352 S. Vol. 2: Metals in the environment. 257 S. Applied Science Publishers, London and New Jersey
- Leuven, R.,** Ragas, A., Smits, A. (2006): Living rivers: trends and challenges in science and management. *Hydrobiologia* 565:1–371.
- Li, J.,** Wang, G., Liu, F., Cui, L., Jiao, Y. (2021): Source Apportionment and Ecological-Health Risks Assessment of Heavy Metals in Topsoil Near a Factory, Central China. *Exposure and Health*, 13(1), 79–92.
- Li, X.,** Poon, C.S., Liu, P.S. (2001): Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong. *Applied Geochemistry*, 16, 1361–1368.
- Li, Y.,** Zhang, H., Chen, X., Tu, C., Luo, Y., Christie, P. (2014): Distribution of heavy metals in soils of the Yellow River Delta: Concentrations in different soil horizons and source identification. *Journal of Soils and Sediments*, 14, 1158–1168.
- Liao, J.,** Chen, Jian, Ru, X., Chen, Jundong, Wu, H., Wei, C. (2017): Heavy metals in river surface sediments affected with multiple pollution sources, South China: Distribution, enrichment and source apportionment. *Journal of Geochemical Exploration*. 176, 9–19.
- Lightfoot, P. C.** (2017): Sudbury nickel in a global context, Nickel Sulfide Ores and Impact Melts, Chapter 6: 510-591.
- Lim, W.Y.,** Aris, A.Z., Zakaria, M.P. (2012): Spatial variability of metals in surface water and sediment in the Langat River and geochemical factors that influence their water-sediment interactions. *The Scientific World Journal*, 2012, 1–14.

- Liu, G., Wang, J., Liu, X., Liu, X., Li, X., Ren, Y., Dong, L. (2018b):** Partitioning and geochemical fractions of heavy metals from geogenic and anthropogenic sources in various soil particle size fractions. *Geoderma*, 312, 104–113.
- Liu, H., Xiong, Z., Jiang, X., Liu, G., & Liu, W. (2016):** Heavy metal concentrations in riparian soils along the Han River, China: The importance of soil properties, topography and upland land use. *Ecological Engineering*, 97, 545–552.
- Liu, M., Chen, J., Sun, X., Hu, Z., Fan, D. (2019):** Accumulation and transformation of heavy metals in surface sediments from the Yangtze River estuary to the East China Sea shelf. *Environmental Pollution*, 245, 111–121.
- Liu, Q., Sheng, Y., Jiang, M., Zhao, G., & Li, C. (2020):** Attempt of basin-scale sediment quality standard establishment for heavy metals in coastal rivers. *Chemosphere*, 245, 125596.
- Liu, Y., Huang, H., Sun, T., Yuan, Y., Pan, Y., Xie, Y., Fan, Z., Wang, X. (2018a):** Comprehensive risk assessment and source apportionment of heavy metal contamination in the surface sediment of the Yangtze River Anqing section, China. *Environ. Earth Sci.* 77, 1–11.
- Lombi, E., Zhao, F.-J., Fuhrmann, M., Ma, L.Q., McGrath, S.P. (2002):** Arsenic distribution and speciation in the fronds of the hyperaccumulator *Pteris vittata*. *New Phytologist*, 156, 195–203.
- Loska, K., Cebula, J., Pelczar, J., Wiechulla, D., Kwapuliński, J. (1997):** Use of enrichment, and contamination factors together with geoaccumulation indexes to evaluate the content of Cd, Cu, and Ni in the Rybnik water reservoir in Poland. *Water Air Soil Pollution*, 93, 347–365.
- Loska, K., Wiechulla, D., Korus, I. (2004):** Metal contamination of farming soils affected by industry. *Environment International*, 30(2), 159–165.
- Lvova, L., Nadporozhskaya, M. (2017):** Chemical sensors for soil analysis: principles and applications. pp. 637–678.
- MacCallum, R.C., Widaman, K.F., Preacher, K.J., Hong, S. (2001):** Sample size in factor analysis: The role of model error. *Multivariate Behavioral Research*, 36, pp. 611–637.
- MacDonald, D. D., Ingersoll, C. G., Berger, T. A. (2000):** Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 39(1), 20–31.
- Malanson, G.P. (1997):** Effects of feedbacks and seed rain on ecotone patterns. *Landscape Ecology*, 12, 27–38.
- Mander, U., Hayakawa, Y., Kuusemets, V. (2005):** Purification processes, ecological functions, planning and design of riparian buffer zones in agricultural watersheds. *Ecological Engineering*, 24, 421–432.
- Marković, M., Zuliani, T., Belanović-Simić, S., Mataruga, Z., Kostić, O., Jarić, S., Vidmar, J., Milačić, R., Ščančar, J., Mitrović, M., Pavlović, P. (2018):** Potentially toxic elements in the riparian soils of the Sava River. *Journal of Soils Sediments*, 18(12), 3404–3414.
- Martín-García, J., Jactel, H., Oria-de-Rueda, J. A., Diez, J. J. (2016):** The effects of poplar plantations on vascular plant diversity in riparian landscapes. *Forests*, 7(3).
- Mataruga, Z., Jarić, S., Kostić, O., Marković, M., Jakovljević, K., Mitrović, M., Pavlović, P. (2020):** The potential of elm trees (*Ulmus glabra* Huds.) for the phytostabilisation of potentially toxic elements in the riparian zone of the Sava River. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 4309–4324.

- Mendoza, J., Garrido, T., Quilodrán, C., Segovia, M., Parada, J. (2017):** Evaluation of the bioaccessible gastric and intestinal fractions of heavy metals in contaminated soils by means of a simple bioaccessibility extraction test. *Chemosphere*, 176, 81–88.
- Mikkelsen, K., Vesho, I. (2000):** Riparian Soils: A Literature Review. University of Washington Water Center, Washington, DC. (<http://hdl.handle.net/1773/17038>.)
- Milačić, R., Ščančar, J., Murko, S., Kocman, D., Horvat, M. (2010):** A complex investigation of the extent of pollution in sediments of the Sava River. Part 1: Selected elements. *Environmental Monitoring and Assessment*, 163, 263–275.
- Milačić, R., Ščančar, J., Paunović, M. (Eds.) (2015):** The Sava River. In: Barceló D, Kostianoy AG (eds) *The Handbook of Environmental Chemistry*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p 506.
- Milačić, R., Zuliani, T., Vidmar, J., Oprčkal, P., Ščančar, J. (2017):** Potentially toxic elements in water and sediments of the Sava River under extreme flow events. *Science of Total Environment*, 605–606, 894–905.
- Milberg, R.P., Lagerwerff, J.V., Grower, D.L., Blersdorf, G.T. (1980):** Soil lead accumulation alongside a newly constructed roadway, *Journal of Environmental Quality*, 9, 6-9.
- Millennium Ecosystem Assessment – MEA (2005):** Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC, ISBN 1-59726-040-1
- Miljković, P., Todosijević, M., Beloica, J., Čakmak, D., Milčanović, V., Kadović, R., Belanović Simić, S. (2016):** Flood impact on soil properties and the local community: Study area of the Kolubara river flood zone. *Glasnik Šumarskog Fakulteta*, 103–118.
- Miotto, A., Ceretta, C.A., Giroto, E., Trentin, G., Kaminski, J., De Conti, L., Moreno, T., Baldi, E., Brunetto, G. (2017):** Copper Accumulation and Availability in Sandy, Acid, Vineyard Soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48(10), 1167–1183.
- Mitchell, K.N., Ramos Gómez, M.S., Guerrero Barrera, A.L., Yamamoto Flores, L., Flores de la Torre, J.A., Avelar González, F.J. (2016):** Evaluation of environmental risk of metal contaminated soils and sediments near mining sites in Aguascalientes, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 97, 216–224.
- Mitrović, M., Pavlović, P., Lakusić, D., Djurdjević, L., Stevanović, B., Kostić, O., Gajić, G. (2008):** The potential of *Festuca rubra* and *Calamagrostis epigejos* for the revegetation of fly ash deposits. *The Science of the Total Environment*, 407(1):338-347.
- Mrvić, V., Kostić-Kravljanač, Lj., Čakmak, D., Sikirić, B., Brebanović, B., Perović, V., Nikoloski, M. (2011):** Pedogeochemical mapping and background limit of trace elements in soils of Branicevo Province (Serbia). *Journal of Geochemical Exploration*, 109,18-25.
- Mrvić, V., Zdravković, M., Sikirić, B., Čakmak, D., Kostić-Kravljanač, Lj. (2009):** Harmful and hazardous elements in soil. In: Mrvić, V., Antonović, G., Martinović, L. (Eds) *The fertility and content of hazardous and harmful substances in the soils of Central Serbia*. Institute of Soil Science, Belgrade, pp 75–144. (in Serbian)
- Müller, G. (1969):** Index of Geoaccumulation in Sediments of the Rhine River. *GeoJournal*, 2, 108-118.
- Naiman, R. J., Décamps, H., McClain, M. E. (2005):** Riparia: Ecology, Conservation and Management of Streamside Communities. San Diego, CA: Elsevier/Academic.
- Naiman, R.J., Décamps, H. (1997):** The ecology of interfaces: riparian zones. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 28, 621–658.
- Naiman, R.J., Décamps, H., McClain, M.E. (2013):** Riparian Landscapes, in: *Encyclopedia of Biodiversity: Second Edition*. Elsevier Inc., 461–468.

- Navarro-Ortega, A.,** Acuña, V., Bellin, A., Burek, P., Cassiani, G., Choukr-Allah, R., Dolédec, S., Elozegi, A., Ferrari, F., Ginebreda, A., Grathwohl, P., Jones, C., Rault, P.K., Kok, K., Koundouri, P., Ludwig, R.P., Merz, R., Milacic, R., Muñoz, I., Nikulin, G., Paniconi, C., Paunović, M., Petrović, M., Sabater, L., Sabaterb, S., Skoulikidis, N.T., Slob, A., Teutsch, G., Voulvoulis, N., Barceló, D. (2015): Managing the effects of multiple stressors on aquatic ecosystems under water scarcity. The GLOBAQUA project. *Science of Total Environment*, 503–504, 3–9.
- Navratil, O.,** Esteves, M., Legout, C., Gratiot, N., Nemery, J., Willmore, S., Grangeon, T. (2011): Global uncertainty analysis of suspended sediment monitoring using turbidimeter in a small mountainous river catchment. *Journal of Hydrology*, 398(3–4), 246–259.
- Négrel, P.,** Merly, C., Gourcy, L., Cerdan, O., Petelet–Giraud, E., Kralik, M., Klaver, G., van Wirdum, G., Vegter, J. (2014): Soil–sediment–river connections: Catchment processes delivering pressures to river catchments, in: Brils, J., Brack, W., Müller–Grabherr, D., Négrel, P., Vermaat, J.E. (Eds.), *Risk–Informed Management of European River Basins*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 21–52.
- Nelson, D.W.,** Sommers, L.E. (1996): Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Sparks D.L (ed) *Methods of Soil Analysis, Part 3, SSSA, Madison*, pp 961-1010.
- Ogrinc, N.,** Kanduč, T., Kocman, D. (2015): Integrated approach to the evaluation of chemical dynamics and anthropogenic pollution sources in the Sava River Basin, in: Milačić, R., Ščančar, J., Paunović, M., (Vol. Eds.), *The River Sava*, in: Barceló, D., Kostianoy, A.G., (Eds-in-Chief), *Handbook of Environmental Chemistry* (pp. 75-95), Springer, Dordrecht, Heidelberg, New York, London ISBN 978-3-662-44034-6
- Osakwe, S.A.** (2013): Chemical partitioning of iron, cadmium, nickel and chromium in contaminated soils of south-eastern Nigeria. *Chemical Speciation & Bioavailability* 25(1), 71-78.
- Panagos, P.,** Jones, A., Bosco, C., Senthil Kumar, P.S. (2011): European digital archive on soil maps (EuDASM): preserving important soil data for public free access, *International Journal of Digital Earth*, 4:5, 434-443.
- Panagos, P.,** Meusburger, K., Ballabio, C., Borrelli, P., Alewell, C. (2014): Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS, *Science of Total Environment* 479–480, 189–200.
- Pantović, M.,** Džamić, R., Petrović, M., Jakovljević, M. (1989): *Praktikum iz Agrohemijske Poljoprivredne fakultet, Beograd – Zemun*
- Pardo, R.,** Helena, B. A., Cazorro, C., Guerra, C., Debán, L., Guerra, C. M., Vega, M. (2004): Application of two- and three-way principal component analysis to the interpretation of chemical fractionation results obtained by the use of the B.C.R. procedure. *Analytica Chimica Acta*, 523(1), 125–132.
- Pavlović, D.,** Pavlović, M., Čakmak, D., Kostić, O., Jarić, S., Mitrović, M., Gržetić, I., Pavlović, P. (2018): Fractionation, mobility and contamination assessment of potentially toxic metals in urban soils in four industrial Serbian cities. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 75, 335-350.
- Pavlović, P.,** Kostić, N., Karadžić, B., Mitrović, M. (2017): The soils of Serbia. In: Hartemink, A.E. (Ed.), *World Soils Book Series*. Springer Science + Business Media Dordrecht, The Netherlands. ISBN: 978-94-017-8659-1
- Pavlović, P.,** Marković, M., Kostić, O., Sakan, S., Đorđević, D., Perović, V., Pavlović, D., Pavlović, M., Čakmak, D., Jarić, S., Paunović, M., Mitrović, M. (2019): Evaluation of

potentially toxic element contamination in the riparian zone of the River Sava. *Catena*, 174, 399–412.

- Pavlović, P., Mitrović, M., Djurdjević, L. (2004):** An ecophysiological study of plants growing on the fly ash deposits from the “Nikola Tesla-A” thermal power station in Serbia. *Environmental Management*, 33(5), 654–663.
- Pavlović, P., Mitrović, M., Dordević, D., Sakan, S., Slobodnik, J., Liška, I., Csanyi, B., Jarić, S., Kostić, O., Pavlović, D., Marinković, N., Tubić, B., Paunović, M. (2016):** Assessment of the contamination of riparian soil and vegetation by trace metals - A Danube River case study. *Science of Total Environment*, 540, 396–409.
- Payne, J.F., Kiceniuk, J., Fancey, L.L., Williams, U., Fletcher, G.L., Rahimtula, A., Fowler, B. (1988):** What is a safe level of PAHs for fish: Subchronic toxicity study on winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*). *The Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 45, 1983–1993.
- Perović, V. (2015):** Procena potencijalne erozije zemljišta primenom USLE i PESERA modela na području sliva akumulacije Prvonek, Doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Beograd, Srbija.
- Peterson, J. P., Girling, A. C. (1981):** Other Trace Metals. In: Lepp. W. N. (ed.) *Effect of Heavy Metal Pollution on Plants*. Applied science Publishers, London and New Jersey, pp. 213-278.
- Placer, L. (2008):** Principles of the tectonic subdivision of Slovenia. *Geologija* 51, 205–217.
- Platts, W. S., Armour, C., Booth, G. D., Bryant, M., Bufford, J. L., Cuplin, P., Jensen, S., Lienkaemper, G. W., Minshall, G. W., Monsen, S. P., Nelson, R. L., Sedell, J. R., Tuhy, J. S. (1987):** *Methods for Evaluating Riparian Habitats With Applications to Management*. Intermountain Research Station General Technical Report INT-221, pp.177.
- Pollen, N. (2007):** Temporal and spatial variability in root reinforcement of streambanks: Accounting for soil shear strength and moisture, *Catena*, Volume 69, Issue 3, 197-205.
- Punshon, T, Seaman, J.C., Sajwan, K. (2003):** *The Production and Use of Coal Combustion Products*.
- Pusey, B.J., Arthington, A.H. (2003):** Importance of the riparian zone to the conservation and management of freshwater fish: a review. *Marine and Freshwater Research*. 54, 1-16.
- Qian, J., Liu, J., Wang, P., Wang, C., Hu, J., Li, K., Lu, B., Tian, X., Guan, W. (2018):** Effects of riparian land use changes on soil aggregates and organic carbon. *Ecological Engineering*, 112, 82–88.
- Quantin, C., Ettler, V., Garnier, J., Šebek, O. (2008):** Sources and extractibility of chromium and nickel in soil profiles developed on Czech serpentinites. *Comptes rendus Geoscience*, 340, 872–882.
- Quevauviller, P.H., Rauret, G., Lopez-Sanchez, J.F., Rubio, R., Ure, A., Muntau, H. (1997):** Certification of trace metal extractable contents in a sediment reference material (CRM 601) following a three-step sequential extraction procedure, *Science of Total Environment*, 205, 223-234.
- Quinton, J. N., Catt, J. A. (2007):** Enrichment of Heavy Metals in Sediment Resulting from Soil Erosion on Agricultural Fields, *Environmental Science and Technology*, 41, 3495-3500.
- Rattan, R., Datta, S., Chhonkar, P., Suribabu, K., Singh, A. (2005):** Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater-a case study, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 109(3), 310–322.

- Relić, D., Đorđević, D., Sakan, S., Anđelković, I., Pantelić, A., Stanković, R., Popović, A. (2013):** Conventional, microwave, and ultrasound sequential extractions for the fractionation of metals in sediments within the Petrochemical Industry, Serbia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 18:7627-7645.
- Rinklebe, J., Franke, C., Neue, H. U. (2007):** Aggregation of floodplain soils as an instrument for predicting concentrations of nutrients and pollutants. *Geoderma*, 141(3–4), 210–223.
- Rinklebe, J., Shaheen, S.M. (2014):** Assessing the mobilization of cadmium, lead, and nickel using a seven-step sequential extraction technique in contaminated floodplain soil profiles along the Central Elbe River, Germany. *Water, Air and Soil Pollution*, 225.
- Ristić, R., Marković, A., Radić, B., Nikić, Z., Vasiljević, N., Živković, N., Dragičević, S. (2011):** Environmental impacts in serbian ski resorts, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 6(2): 125-134.
- Romić, M., Matijević, L., Bakić, H., Romić, D. (2014):** Copper Accumulation in Vineyard Soils: Distribution, Fractionation and Bioavailability Assessment, in: Matijević, L. (Ed.), . IntechOpen, Rijeka, p. Ch. 28.
- Rügner, H., Schwientek, M., Milačić, R., Zuliani, T., Vidmar, J., Paunović, M., Laschou, S., Kalogianni, E., Skoulikidis, N., Diamantini, E., Majone, B., Bellin, A., Chiogna, G., Martinez, E., López de Alda, M., Díaz-Cruz, S., Grathwohl, P. (2019):** Particle bound pollutants in rivers: Results from suspended sediment sampling in Globaqua River Basins. *Science of the Total Environment*, 647, 645–652.
- Rusco, E., Jones, R., Bidoglio, G. (2001):** Organic Matter in the soils of Europe: Present status and future trends. Institute for Environment and Sustainability European Soil Bureau
- Saftić, B., Velić, J., Sztanó, O., Juhász, G., Ivković, Ž. (2003):** Tertiary Subsurface Facies, Source Rocks and Hydrocarbon Reservoirs in the SW Part of the Pannonian Basin (Northern Croatia and South-Western Hungary), *Geologia Croatica*, 56/1, 101-122.
- Saint-Laurent, D., Beaulac-Gervais, V., Berthelot, J.S. (2014):** Comparison of soil organic carbon and total nitrogen contents in inundated and non-inundated zones in southern Québec, Canada. *Catena* 113, 1-8.
- Saint-Laurent, D., Hähni, M., St-Laurent, J., Baril, F. (2010):** Comparative assessment of soil contamination by lead and heavy metals in riparian and agricultural areas (Southern Québec, Canada). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7, 3100–3114.
- Sakan, S., Dević, G., Relić, D., Anđelković, I., Sakan, N., Đorđević, D. (2015):** Risk assessment of trace element contamination in river sediments in Serbia using pollution indices and statistical methods: a pilot study. *Environmental Earth Sciences*, 73, 6625–6638.
- Sakan, S., Đorđević, D. (2010):** Evaluation of heavy metal contamination in sediments using the method of total digestion and determination of the binding forms-Tisa River Basin, Serbia. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 45, 783–794.
- Sakan, S., Popović, A., Anđelković, I., Đorđević, D. (2016):** Aquatic sediments pollution estimate using the metal fractionation, secondary phase enrichment factor calculation and used statistical methods. *Environmental Geochemistry and Health*, 38(3), 855-867.
- Salemi, E., Aschonitis, V.G. (2012):** Comparison of three different methods for groundwater intrinsic vulnerability mapping in the Ferrara Province (IT), Conference Paper, Conference: BALWOIS2012: V International Scientific Conference on Water, Climate and Environment, Ohrid, North Macedonia.

- Saljnikov, E., Mrvić, V., Čakmak, D., Jamaz, D., Perović, V., Antić-Mladenović, S., Pavlović, P.** (2019): Pollution indices and sources appointment of heavy metal pollution of agricultural soils near the thermal power plant. *Environmental Geochemistry and Health*, 41, 2265–2279.
- Sarmani, S.B.** (1989): The determination of heavy metals in water, suspended materials and sediments from Langat River, Malaysia. *Hydrobiologia* 176–177, 233–238.
- Sarr, D., Hibbs, D., Shatford, J., Momsen, R.** (2011): Influences of life history, environmental gradients, and disturbance on riparian tree regeneration in Western Oregon. *Forest Ecology and Management*, 261, 1241–1253.
- Schulz-Zunkel, C., Krueger, F., Rupp, H., Meissner, R., Gruber, B., Gerisch, M., Bork, H.-R.** (2013): Spatial and seasonal distribution of trace metals in floodplain soils. A case study with the Middle Elbe River, Germany. *Geoderma* 211–212, 128–137.
- Schwarz, U.** (2016): Sava White Book. The River Sava: Threats and Restoration Potential. Radolfzell/Wien: EuroNatur/Riverwatch.
- SG RS (2018):** Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa. “Sl. glasnik RS”, br. 30/2018. Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine Republike Srbije, Beograd.
- Shaheen, S. M., Kwon, E. E., Biswas, J. K., Tack, F. M. G., Ok, Y. S., Rinklebe, J.** (2017): Arsenic, chromium, molybdenum, and selenium: Geochemical fractions and potential mobilization in riverine soil profiles originating from Germany and Egypt. *Chemosphere*. 180, 553–563.
- Shaheen, S. M., Rinklebe, J.** (2014): Geochemical fractions of chromium, copper, and zinc and their vertical distribution in floodplain soil profiles along the Central Elbe River, Germany. *Geoderma*. 228–229, 142–159.
- Shahid, M., Shamshad, S., Rafiq, M., Khalid, S., Bibi, I., Niazi, N.K., Dumat, C., Rashid, M.I.** (2017): Chromium speciation, bioavailability, uptake, toxicity and detoxification in soil-plant system: A review. *Chemosphere*, 178, 513–533.
- Shanker, A.K., Cervantes, C., Loza-Tavera, H., Avudainayagam, S.** (2005): Chromium toxicity in plants. *Environment International*, 31, 739–753.
- Šimić, V., Petrović, A., Erg, B., Dimović, D., Makovinska, J., Karadžić, B., Paunović, M.** (2015): Indicative Status Assessment, Biodiversity Conservation and Protected Areas within the Sava River Basin. in: Milačić, R., Ščančar, J., Paunović, M., (Vol. Eds.), *The River Sava*, in: Barceló, D., Kostianoy, A.G., (Eds in Chief), *Handbook of Environmental Chemistry* (pp. 453–500). Springer, Dodrecht, Heidelberg, New York, London ISBN 978-3-662-44034-6.
- Slovenian Environment Agency (2017):** Environmental atlas of Slovenia.
http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@ARSO&culture=en-US
- Soil Survey Staff** (2011): Soil Survey Laboratory Information Manual. Soil Survey Investigations Report No. 45, Version 2.0. R. Burt (ed.). U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service-
- Song, F., Ge, H. G., Zhao, H., Liu, Z., Si, J., Tang, B.** (2021): Pollution risk assessment of heavy metals in the sediments of upstream Hanjiang River, China. *Earth Science Informatics*, 14(2), 655–668.
- SPSS Statistics for Windows, version 21** (2009) SPSS Inc., Chicago, Ill., USA, about SPSS Inc.
<http://www.spss.com.hk/corpinfo/history.htm>. (Accessed 15 Nov 2019).

- StaSoft Inc.** (2010). StatSoft. Statistica Data analysis software system, version 10. <http://www.statsoft.com> (Accessed 15 Nov 2019).
- Steiger, J., Tabacchi, E., Dufour, S., Corenblit, D., Peiry, J. L.** (2005): Hydrogeomorphic processes affecting riparian habitat within alluvial channel-floodplain river systems: A review for the temperate zone. *River Research and Applications*, 21(7), 719–737.
- Stein, E., Ambrose, R.** (2007): Landscape-scale analysis and management of cumulative impacts to riparian ecosystems: Past, present, and future. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*. 37, 1597 - 1614.
- Sutherland, R.A.** (2010): BCR-701: a review of 10-years of sequential extraction analyses. *Analytica Chimica Acta*. 610, 10-20.
- Swift, M.J., Heal, O.W., Anderson, J.M., Anderson, J.M.** (1979): Decomposition in terrestrial ecosystems (Vol. 5). University of California Press.
- Šajn, R.** (2003): Distribution of chemical elements in attic dust and soil as reflection of lithology and anthropogenic influence in Slovenia. In *Journal de Physique IV (Proceedings)*, Vol. 107, 1173-1176, EDP sciences.
- Šajn, R., Gosar, M.** (2014): Multivariate statistical approach to identify metal sources in Litija area (Slovenia). *Journal of Geochemical Exploration*, 138, 8–21.
- Šajn, R., Halamić, J., Peh, Z., Galović, L., Alijagić, J.** (2011): Assessment of the natural and anthropogenic sources of chemical elements in alluvial soils from the Drava River using multivariate statistical methods. *Journal of Geochemical Exploration*, 110(3), 278–289.
- Ščančar, J., Heath, E., Zuliani, T., Horvat, M., Kotnik, J., Perko, P., Milačič, R.** (2015): Elements and persistent organic pollutants in the sediments of the river Sava, in: Milačič, R., Ščančar, J., Paunović, M., (Vol. Eds.), *The River Sava*, in: Barceló, D., Kostianoy, A.G., (Eds in Chief), *Handbook of Environmental Chemistry* (pp. 95-123). Springer, Dodrecht, Heidelberg, New York, London ISBN 978-3-662-44034-6.
- Ščančar, J., Zuliani, T., Turk, T., Milačič, R.** (2007): Organotin compounds and selected metals in the marine environment of Northern Adriatic Sea. *Environmental and Monitoring Assessment*, 127, 271–282.
- Šilc, U.** (2000): Habitatni tipi Slovenije, prodišča – mozaik habitatnih tipov. *Proteus Ljubljana* 63, 4.
- Šilc, U.** (2003): Vegetation of the class *Salicetea purpureae* in Dolenjska (SE Slovenia). *Fitosociologia*, 40, 3–27.
- Šilc, U., Čušin, B.** (2004): Nemški strojevec ponovno pri Čezsoči. *Proteus, Ljubljana* 66(6), 273–275.
- Škorić, A., Ćirić, M., Filipovski, G.** (1985): Klasifikacija zemljišta Jugoslavije, Sarajevo.
- Tang, Q., Bao, Y., He, X., Zhou, H., Cao, Z., Gao, P., Zhang, X.** (2014): Sedimentation and associated trace metal enrichment in the riparian zone of the Three Gorges Reservoir, China. *Science of The Total Environment*, 479–480, 258–266.
- Tanić, M. N., Ćujić, M. R., Gajić, B. A., Daković, M. Z., Dragović, S. D.** (2018): Content of the potentially harmful elements in soil around the major coal-fired power plant in Serbia: relation to soil characteristics, evaluation of spatial distribution and source apportionment. *Environmental Earth Sciences*, 77(1), 1–14.
- Tessier, A., Cambell, P.G.C., Bisson, M.** (1979): Sequential extraction procedure for the speciation of particulate metals. *Analytical Chemistry*, 51, 844-851.

- Tessier, A., Campbell, P.G.C. (1987):** Partitioning of Trace Metals in Sediments: Relationships with Bioavailability. *Hydrobiologia*, 149, 43-52.
- Tockner, K., Stanford, J.A. (2002):** Riverine flood plains: present state and future trends. *Environmental Conservation*, 29(03), 308 – 330.
- US Soil Division Staff - USDA (2017):** Soil Science Division Staff - Soil survey manual. C. Ditzler, K. Scheffe, and H.C. Monger (eds.). USDA Handbook 18. Government Printing Office, Washington, D.C.
- USEPA 3050b -** <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/epa-3050b.pdf>
- Vertačnik, A., Prohić, E., Kozar, S., Juračić, M. (1995):** Behaviour of some trace elements in alluvial desiments, Zagreb water-well field area, Croatia. *Water Research*, 29(1), 237-246.
- Vidmar, J., Zuliani, T., Novak, P., Drinčić, A., Ščančar, J., Milačić, R. (2017):** Elements in water, suspended particulate matter and sediments of the Sava River. *Journal of Soils and Sediments*, 17, 1917–1927.
- Vörösmarty, C., McIntyre, P., Gessner, M., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S., Sullivan, C., Lierman, C., Davies, P. (2010):** Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467, 555–561.
- Vukov, D., Anackov, G., Igić, R. (2003):** Rare and protected plants in Zasavica river (Vojvodina, Serbia) ISIRR 2003. Section III. Hunedoara, Romania, pp 43–50.
- Wang, S., Wang, Y., Zhang, R., Wang, W., Xu, D., Guo, J., Li, P., Yu, K. (2015):** Historical levels of heavy metals reconstructed from sedimentary record in the Hejiang River, located in a typical mining region of Southern China. *Sci. Total Environ.* 532, 645-654.
- WFD Directive (2000):**2000/60/EC of the European Parliament and of the Council Establishing a framework for Community action in the field of water policy L 327/1. Official Journal of the European Communities, Luxembourg.
- Wischmeier, W., Smith, D. D. (1978):** Predicting rainfall erosion losses, *Agriculture Handbook* 537, USDA, SEA: 58.
- Woitke, P., Wellnitz, J., Helm, D., Kube, P., Lepom, P., Litheraty, P. (2003):** Analysis and assessment of heavy metal pollution in suspended solids and sediments of the river Danube. *Chemosphere* 51, 633–642.
- Xia, H., Kong, W., Li, X., Fan, J., Guo, F., Sun, O.J. (2018):** Lateral heterogeneity of soil physicochemical properties in riparian zones after agricultural abandonment. *Science Reports*, 8, 1–9.
- Xiao, X., Fahl, K., Stein, R. (2013):** Biomarker distributions in surface sediments from the Kara and Laptev Seas (Arctic Ocean). Supplement to: Xiao, X et Al. (2013): Biomarker Distributions in Surface Sediments from the Kara and Laptev Seas (Arctic Ocean): Indicators for Organic-Carbon Sources and Sea-Ice Coverage. *Quaternary Science Reviews*, 79, 40-52.
- Xie, Z., Sun, Z., Zhang, H., Zhai, J. (2014).** Contamination assessment of arsenic and heavy metals in a typical abandoned estuary wetland—a case study of the Yellow River Delta Natural Reserve. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(11), 7211–7232.
- Ye, C., Butler, O. M., Chen, C., Liu, W., Du, M., Zhang, Q. (2020):** Shifts in characteristics of the plant-soil system associated with flooding and revegetation in the riparian zone of Three Gorges Reservoir, China. *Geoderma*, 361, 114015.
- Ye, C., Butler, O.M., Du, M., Liu, W., Zhang, Q. (2019):** Spatio-temporal dynamics, drivers and potential sources of heavy metal pollution in riparian soils along a 600 kilometre stream gradient in Central China. *Science of Total Environment*, 651, 1935–1945.

- Yongming, H., Peixuan, D., Junji, C., Posmentier, E. S. (2006).** Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Central China. *Science of the Total Environment*, 355(1–3), 176–186.
- Yutong, Z., Qing, X., Shenggao, L. (2016):** Chemical fraction, leachability, and bioaccessibility of heavy metals in contaminated soils, Northeast China. *Environmental Science and Pollution Research* 23, 24107-24114.
- Zaimes, G. N., Iakovoglou, V., Emmanouloudis, D., Gounaridis, D. (2010):** Riparian areas of Greece: Their definition and characteristics. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 3(1), 176–183.
- Zerling, L., Hanisch, C., Junge, F. W. (2006):** Heavy metal inflow into the floodplains at the mouth of the river Weiße Elster (Central Germany). *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 34(3), 234–244.
- Zhang, G., Bai, J., Zhao, Q., Lu, Q., Jia, J., Wen, X. (2016):** Heavy metals in wetland soils along a wetland-forming chronosequence in the Yellow River Delta of China: Levels, sources and toxic risks, *Ecological Indicators*, Volume 69, 331-339.
- Zhao, G., Ye, S., Yuan, H., Ding, X., Wang, J. (2017).** Surface sediment properties and heavy metal pollution assessment in the Pearl River Estuary, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(3), 2966–2979.
- Zhao, Q., Ding, S., Liu, Q., Wang, S., Jing, Y., Lu, M. (2020):** Vegetation influences soil properties along riparian zones of the beijiang river in southern China. *PeerJ*, 8, e9699.
- Zhao, Q., Liu, S., Deng, L., Dong, S., Wang, C. (2014):** Soil degradation associated with water-level fluctuations in the Manwan Reservoir, Lancang River Basin. *Catena* 113, 226–235.
- Zhou, Q., Yang, N., Li, Y., Ren, B., Ding, X., Bian, H., Yao, X. (2020):** Total concentrations and sources of heavy metal pollution in global river and lake water bodies from 1972 to 2017. *Global Ecology and Conservation*, 22, e00925.
- Zhu, Y. G., Reid, B. J., Meharg, A. A., Banwart, S. A., Fu, B. J. (2017):** Optimizing Peri-Urban Ecosystems (PURE) to re-couple urban-rural symbiosis. *Science of the Total Environment*, 586, 1085–1090.
- Zhuang, Q., Li, G., Liu, Z. (2018):** Distribution, source and pollution level of heavy metals in river sediments from South China. *Catena*, 170, 386–396.
- Zulkifli, S.Z., Ismail, A., Mohamat-Yusuff, F., Arai, T., Miyazaki, N. (2010):** Johor Strait as a hotspot for trace elements contamination in Peninsular Malaysia. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 84, 568–573.

9. Prilozi

Prilog 1 – Raspodela ispitivanih elemenata (Ag, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Tl, Zn) po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine

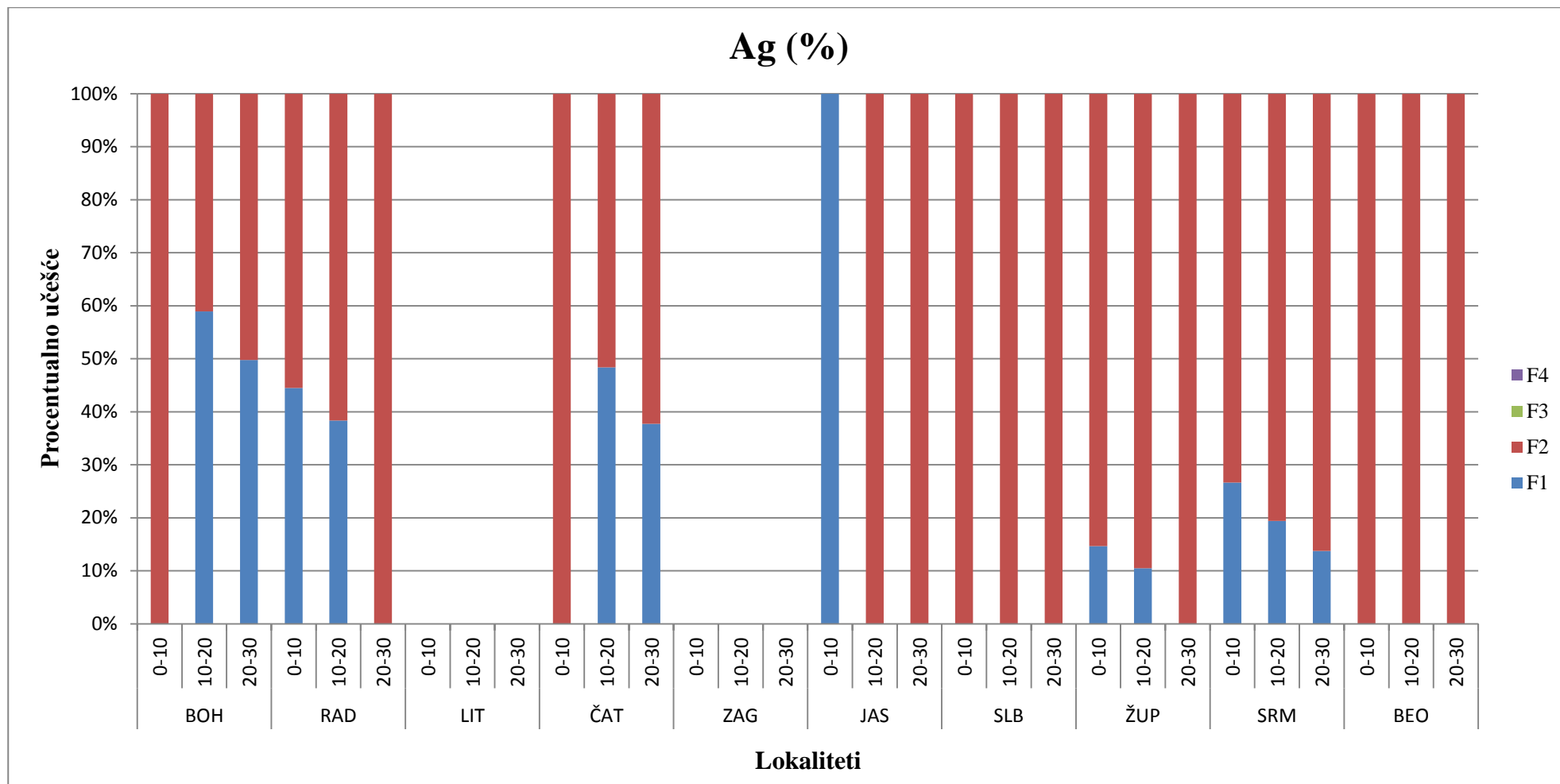
Prilog 2 – Raspodela ispitivanih elemenata (Ag, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Tl, Zn) po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2015. godine

Prilog 3 – Raspodela ispitivanih elemenata (Ag, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Tl, Zn) po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta/nanosa iz 2014. godine

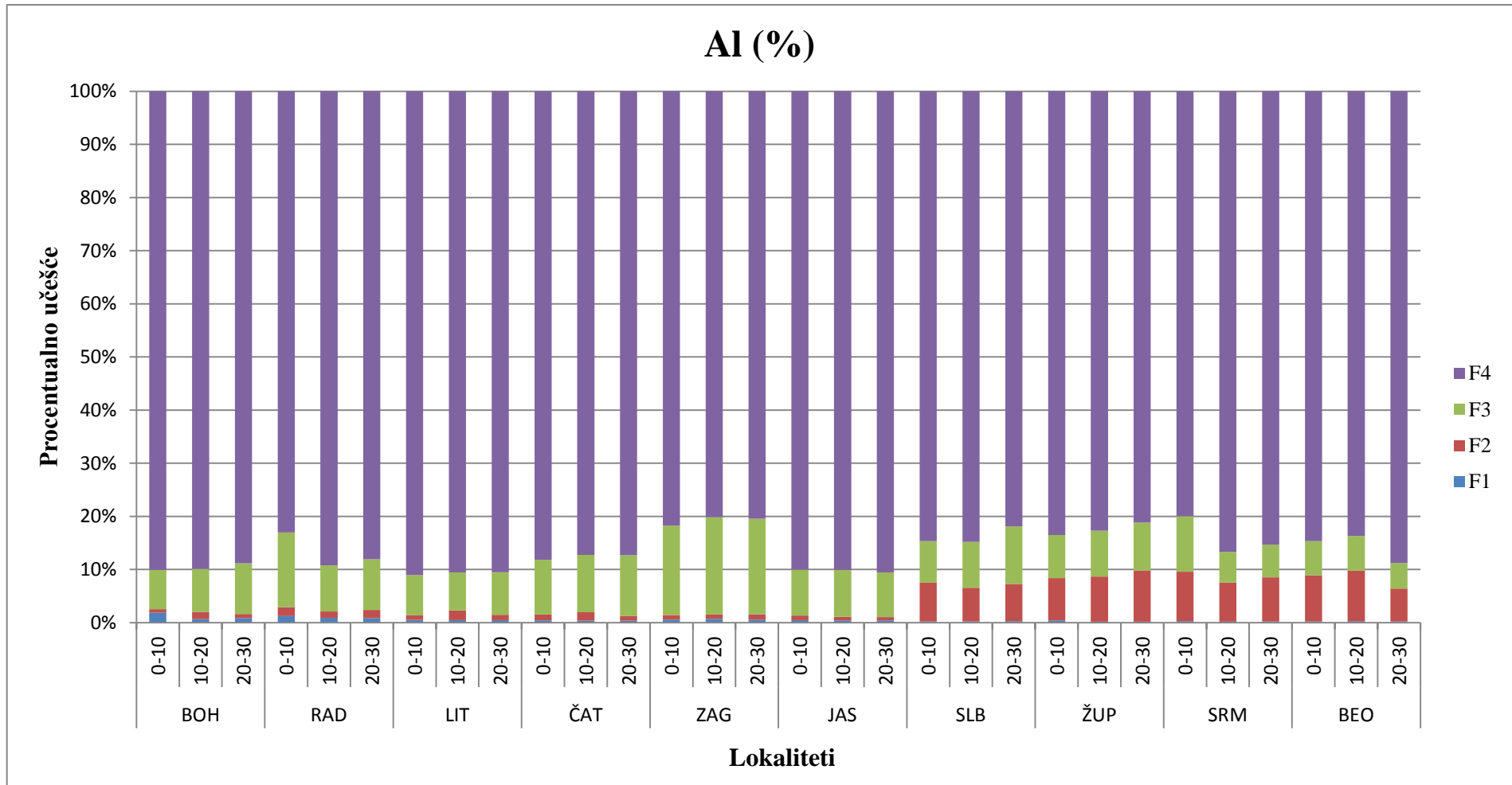
Prilog 4 – Raspodela ispitivanih elemenata (Ag, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Tl, Zn) po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta/nanosa iz 2015. godine

PRILOG 1

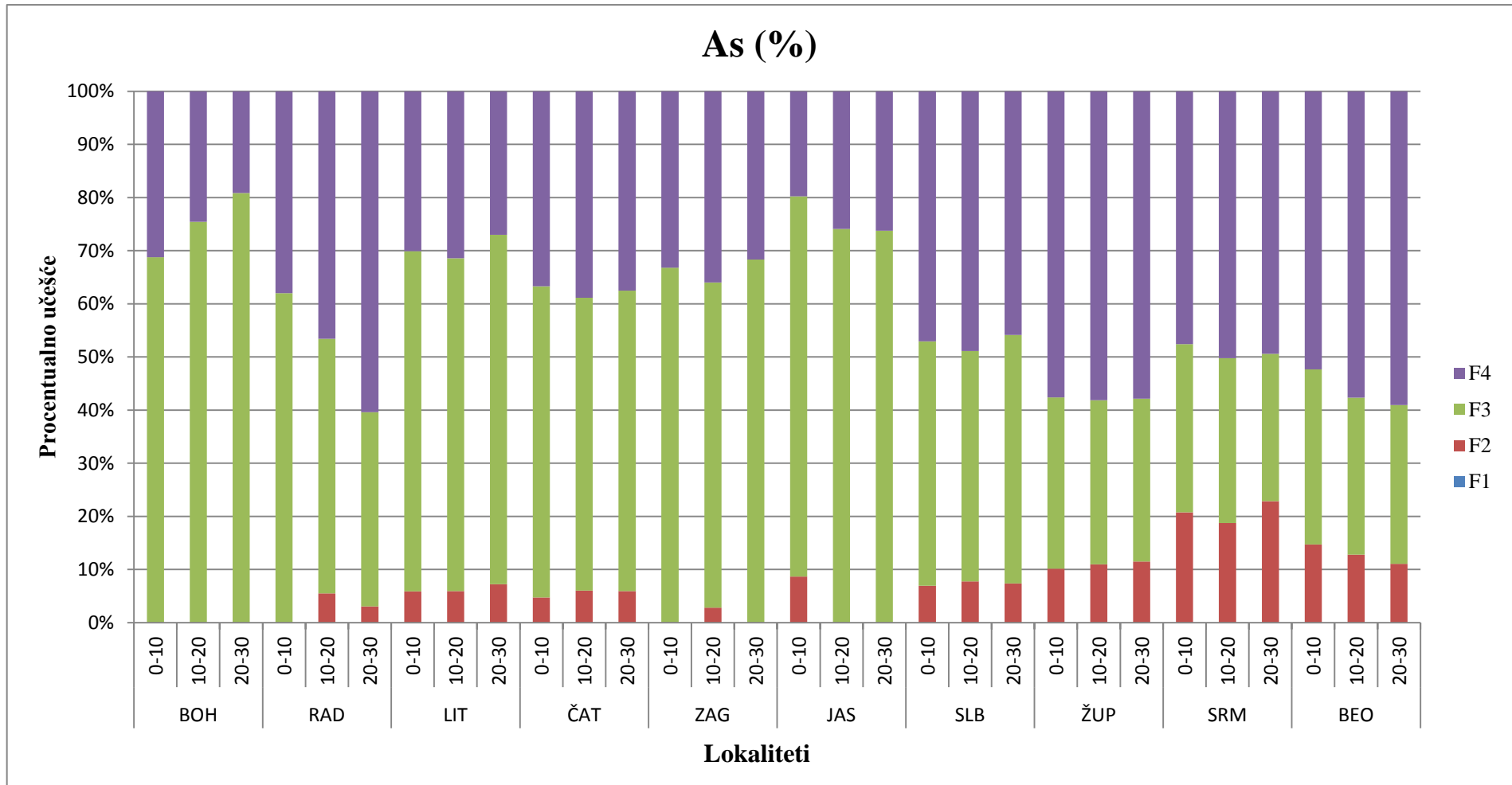
Raspodela ispitivanih elemenata (Ag, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Tl, Zn) po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine



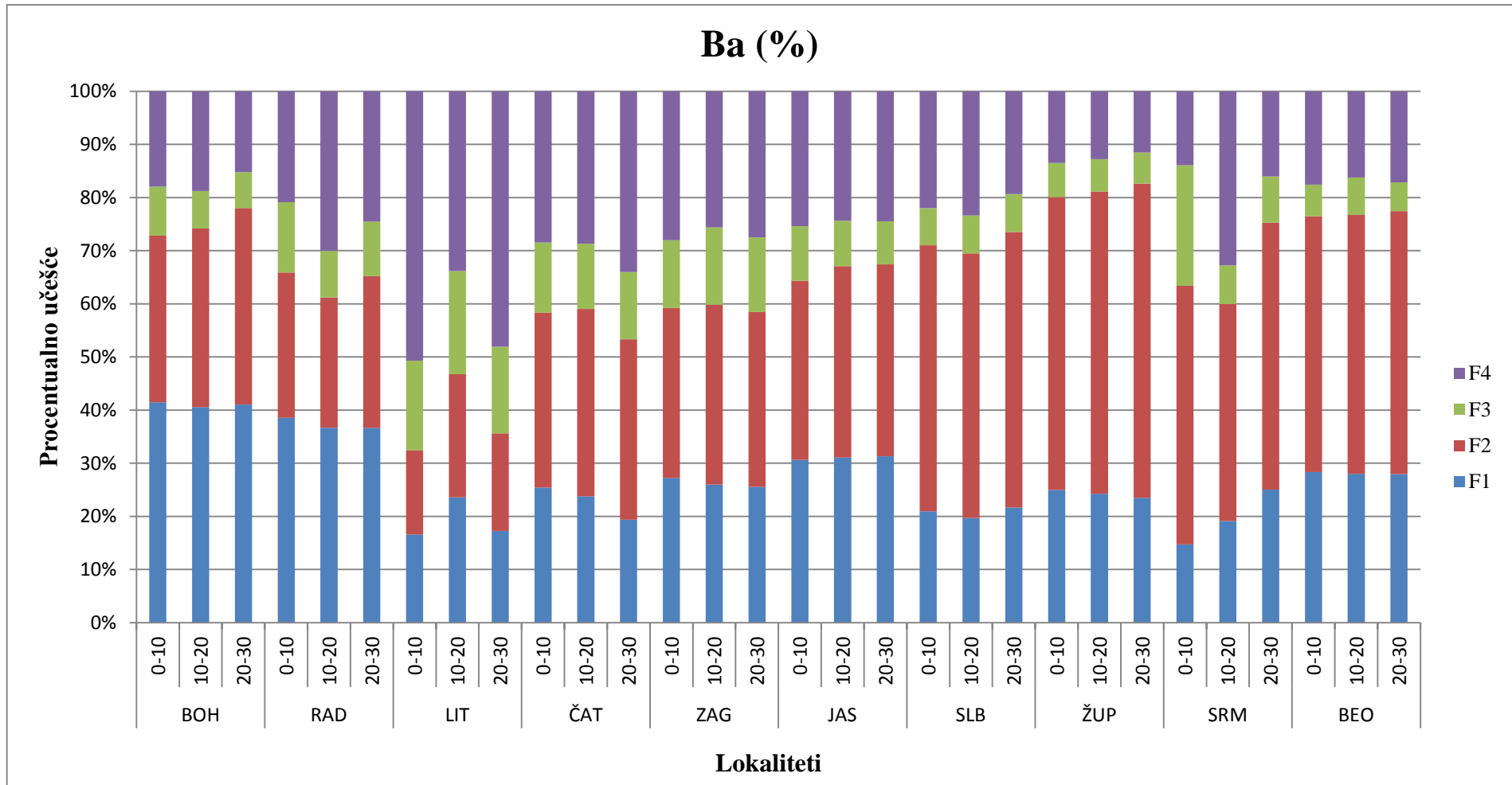
Grafik 1. – Raspodela Ag po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine



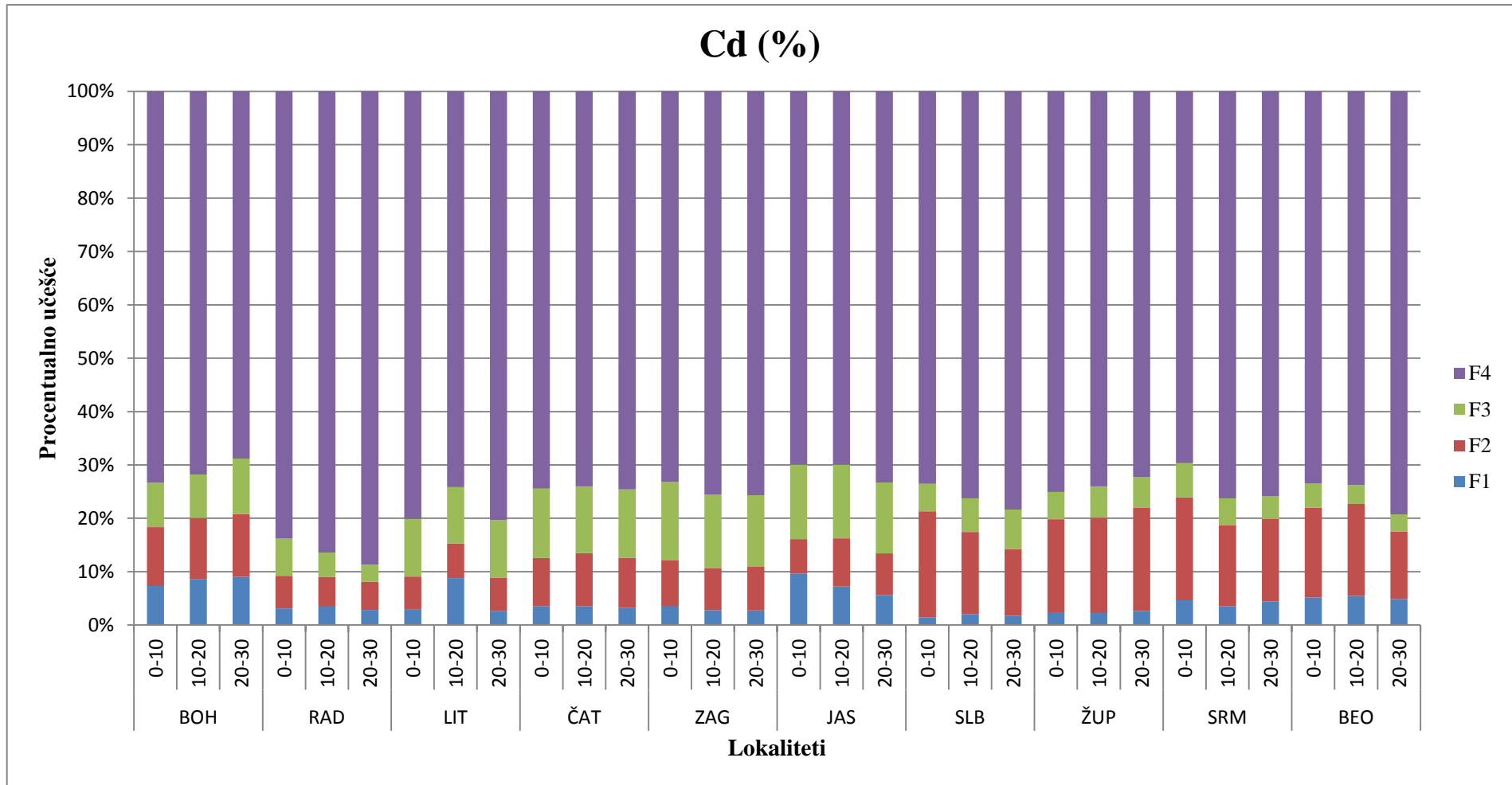
Grafik 2. – Raspodela AI po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine



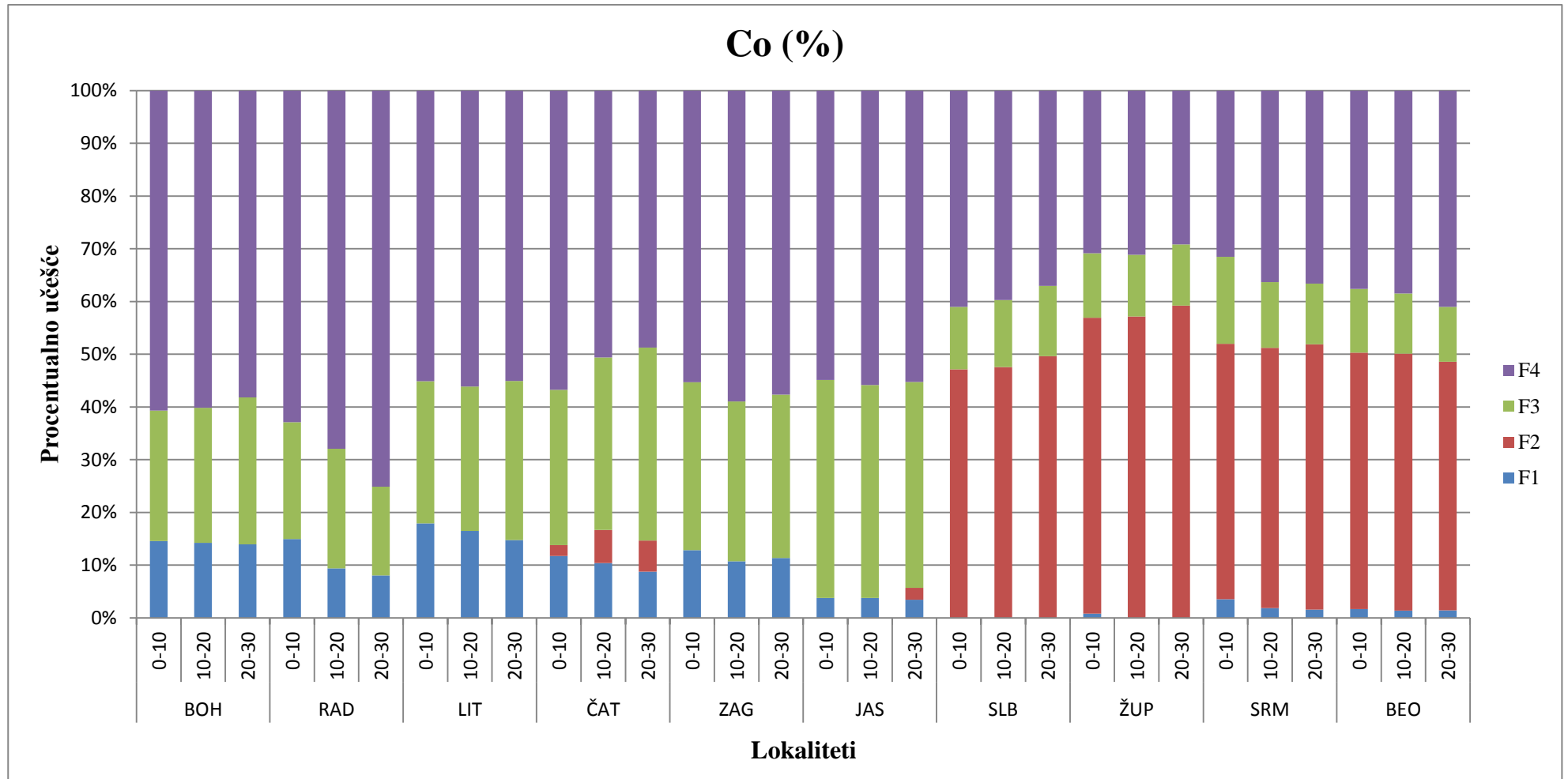
Grafik 3. – Raspodela As po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine



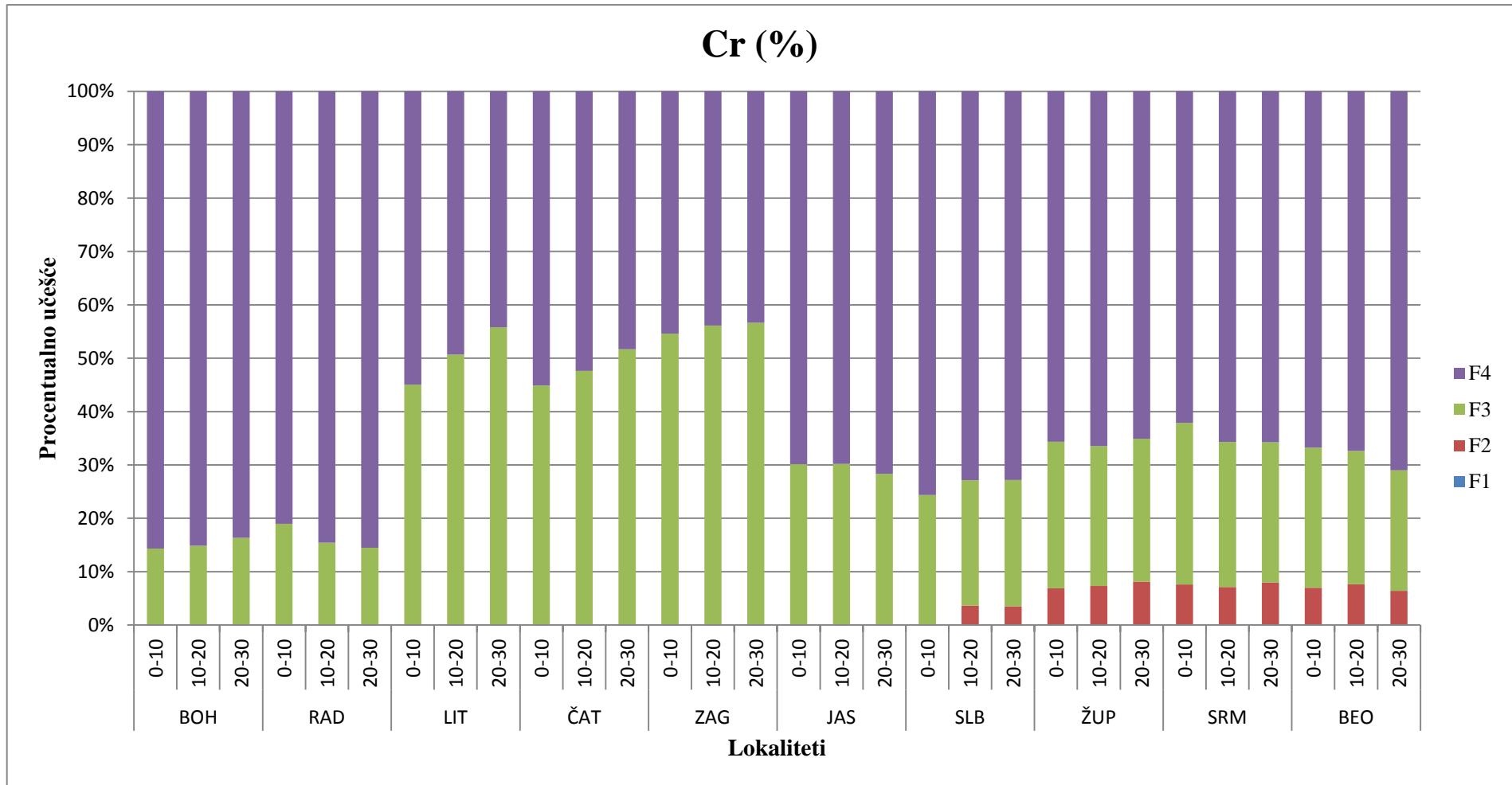
Grafik 4. – Raspodela Ba po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine



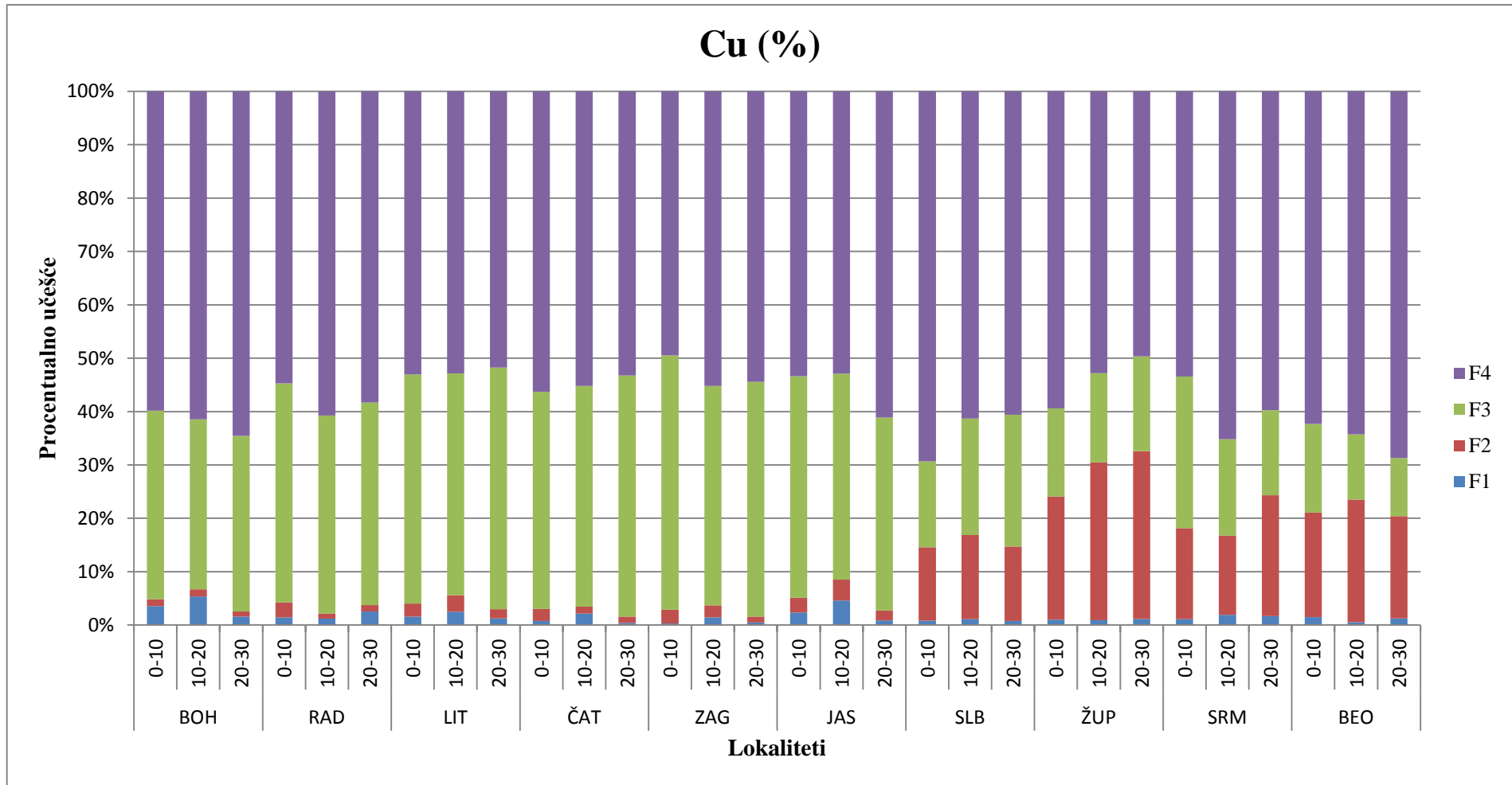
Grafik 5. – Raspodela Cd po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine



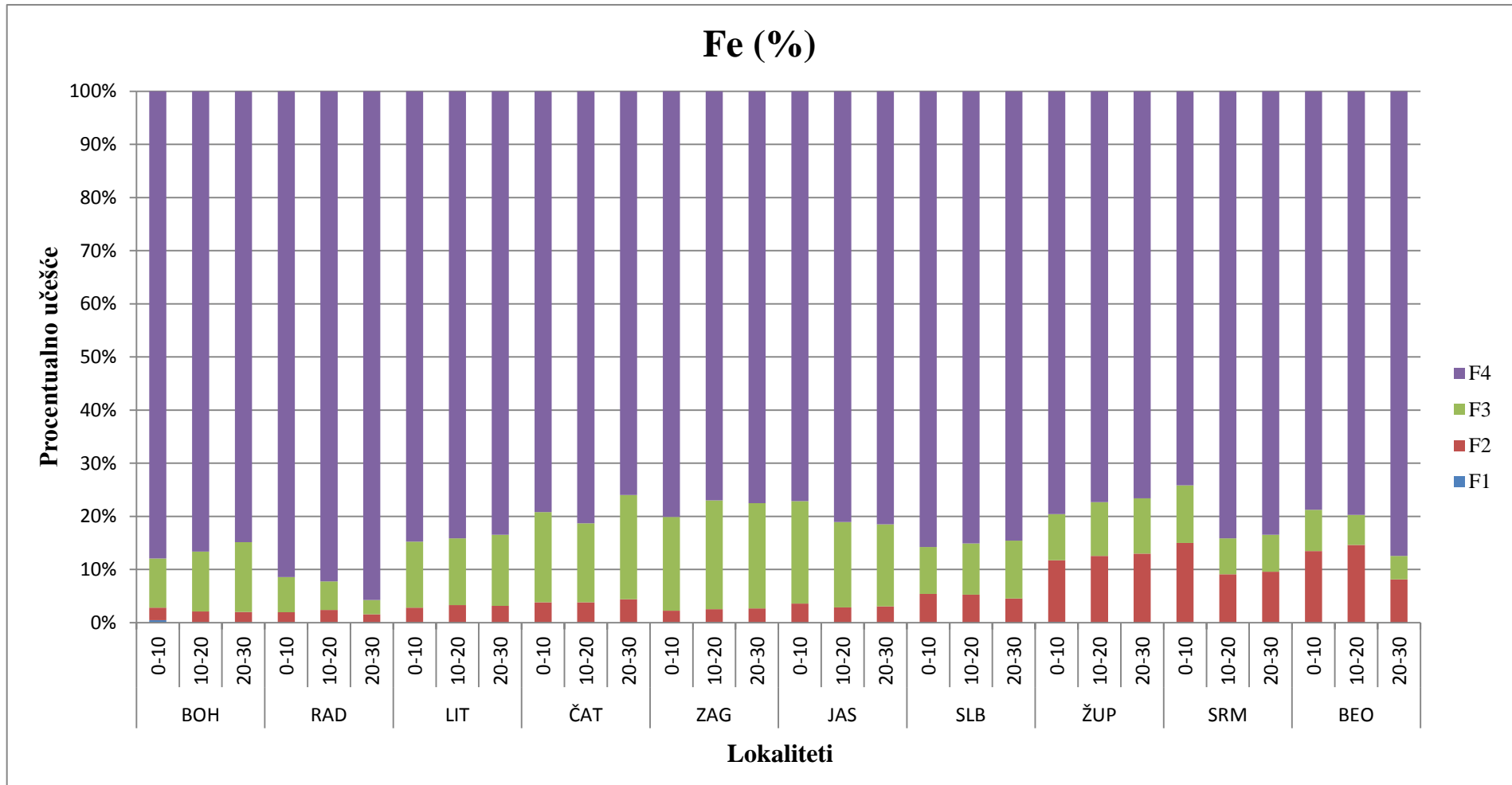
Grafik 6. – Raspodela Co po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine



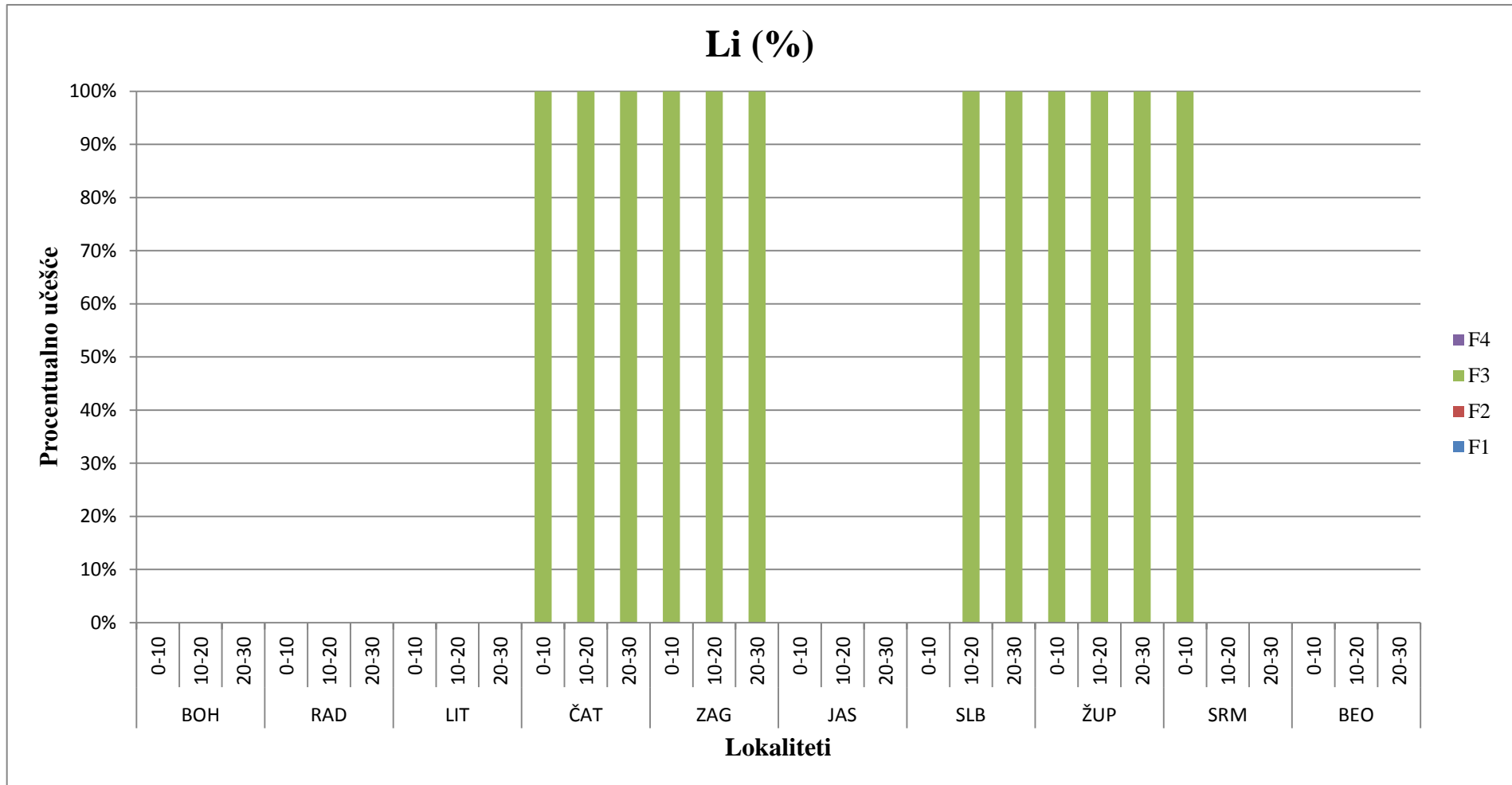
Grafik 7. – Raspodela Cr po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine



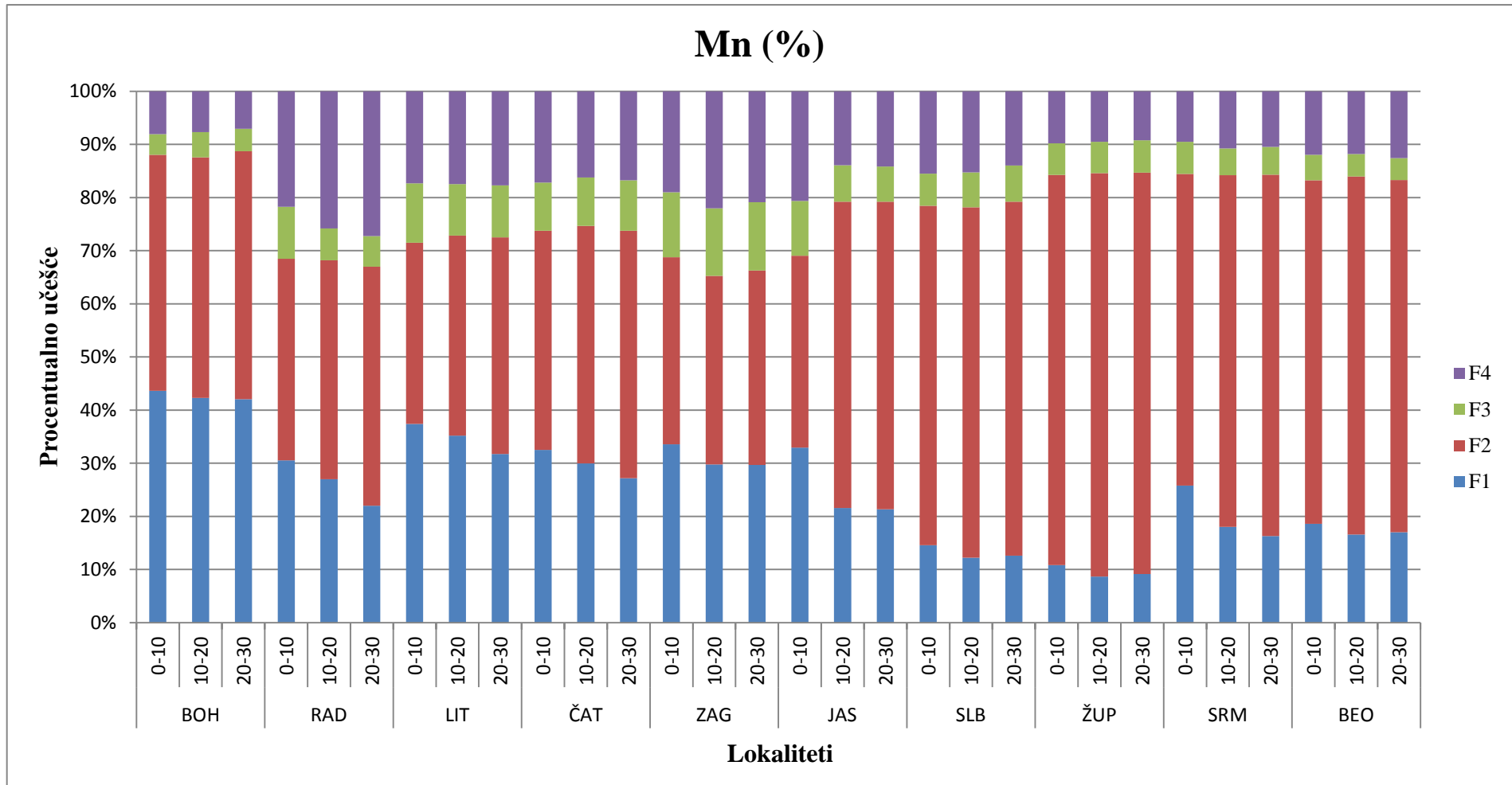
Grafik 8. – Raspodela Cu po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine



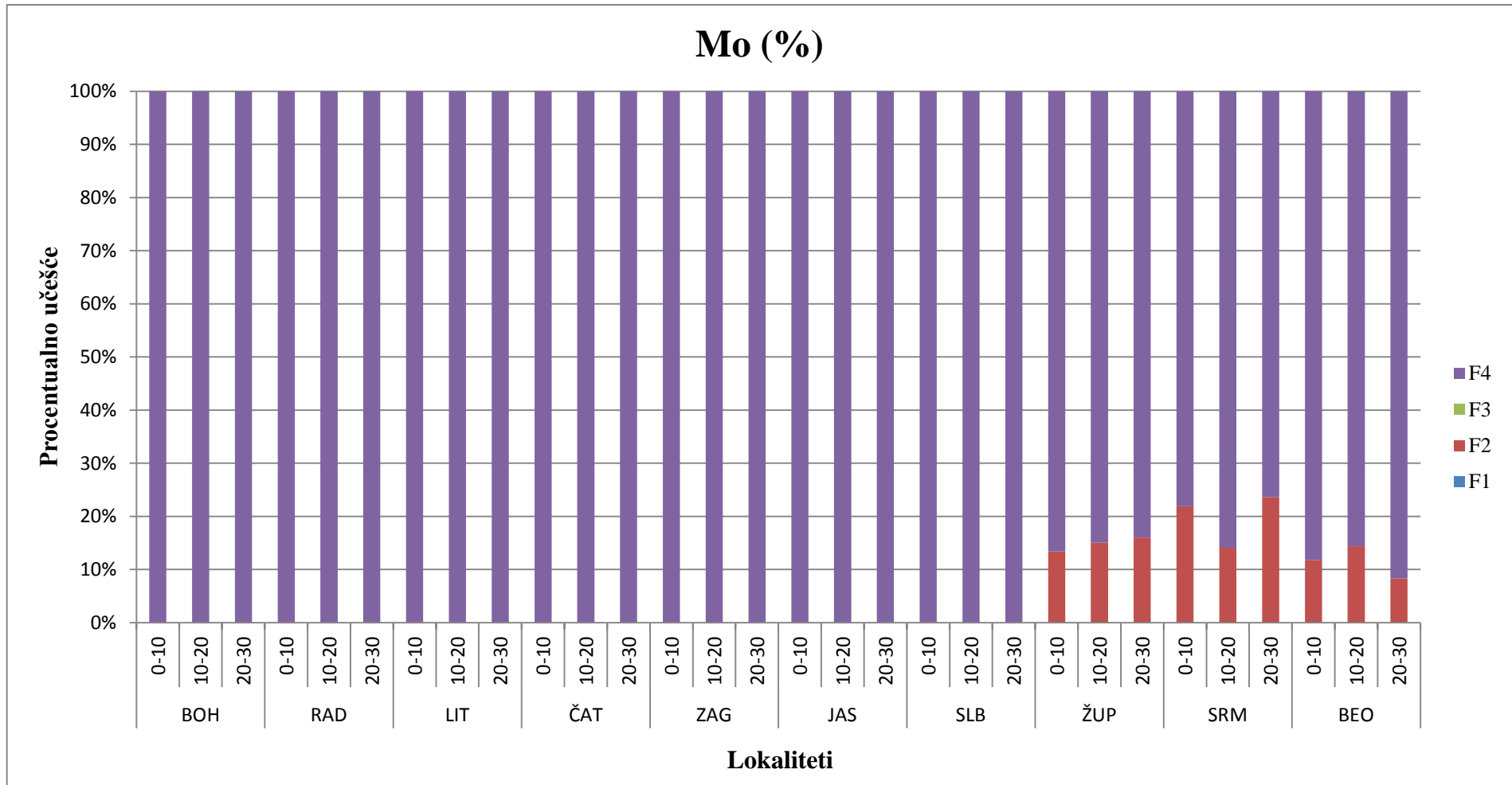
Grafik 9. – Raspodela Fe u po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine



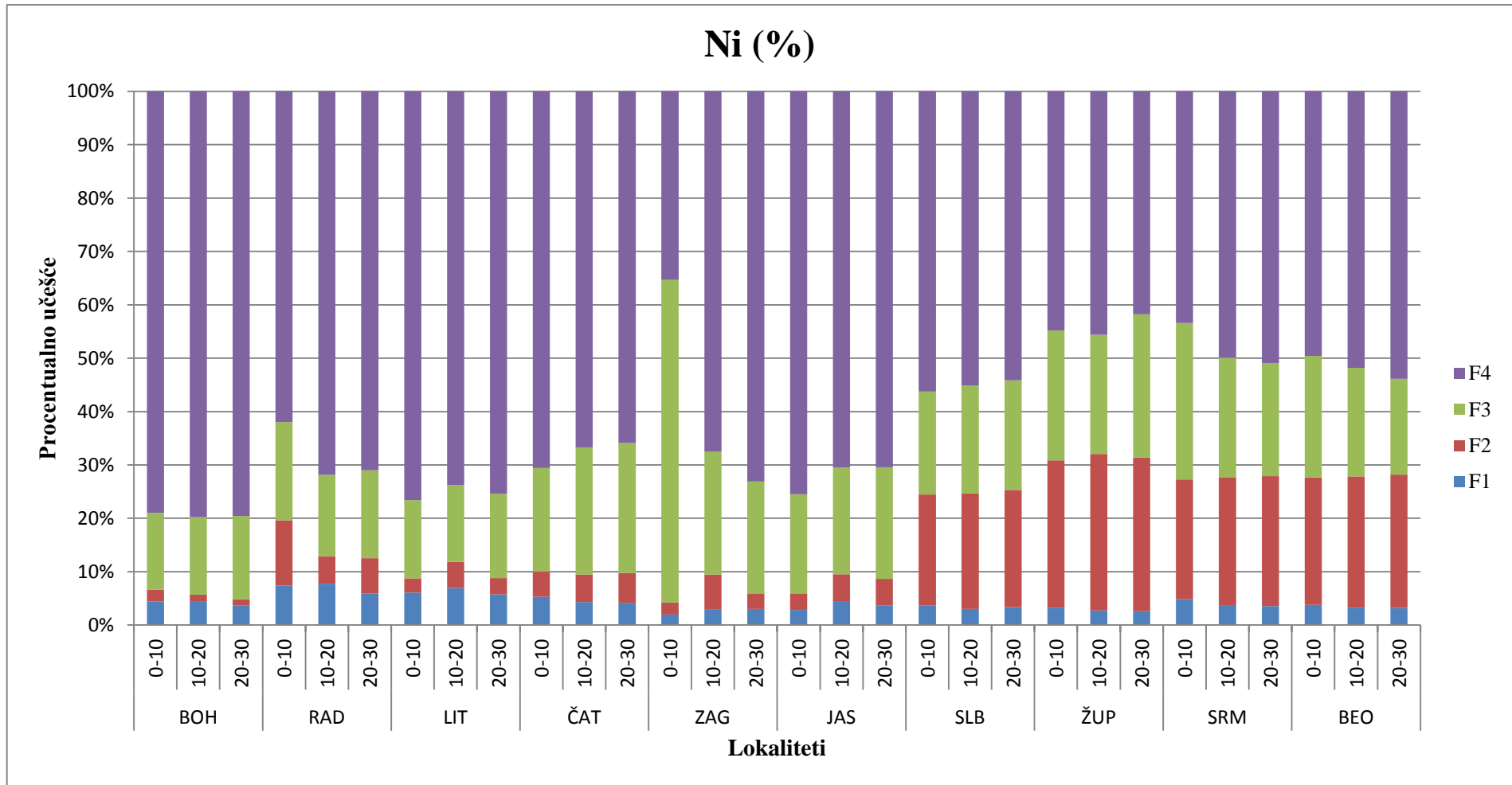
Grafik 10. – Raspodela Li u po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine



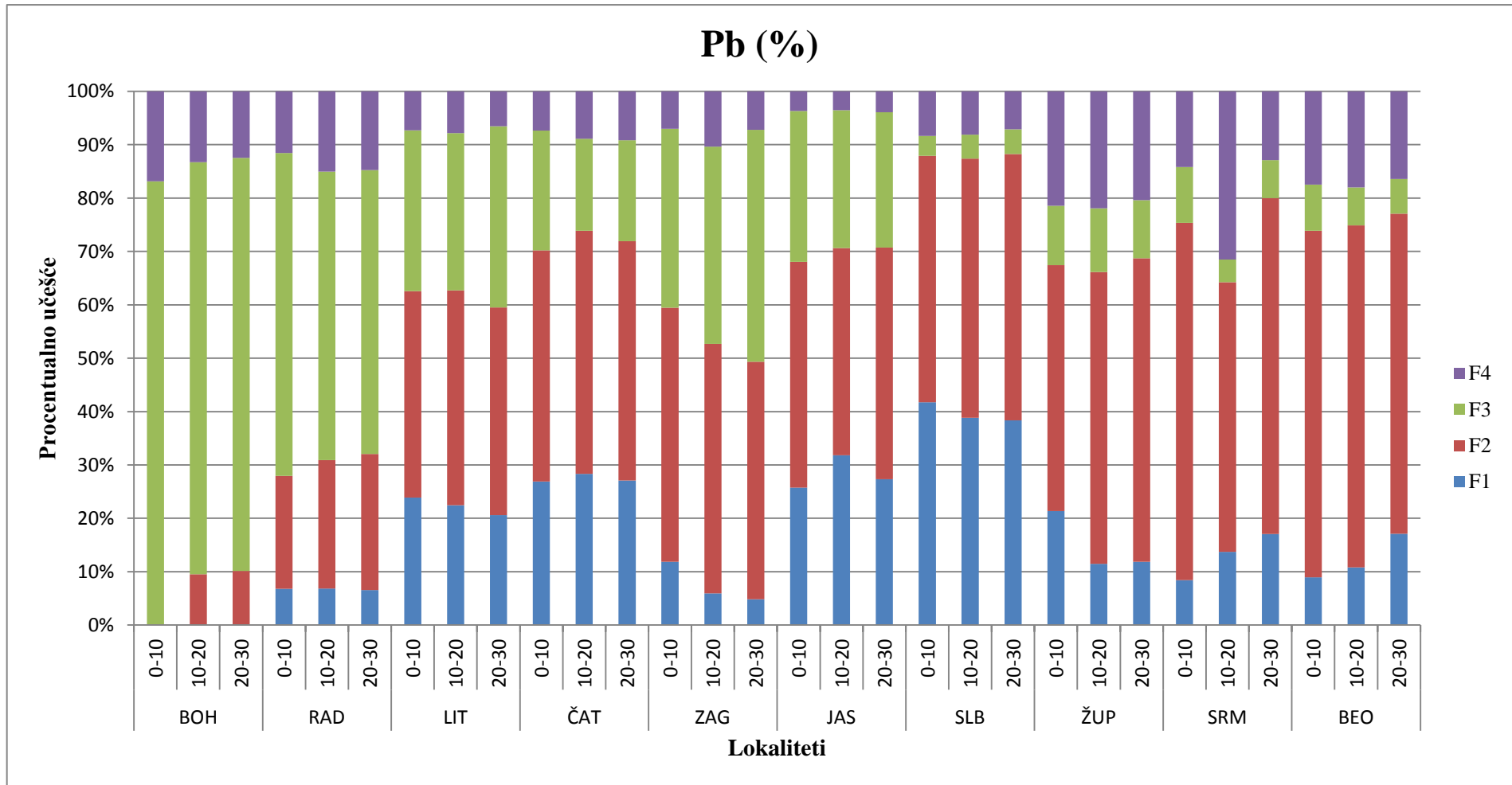
Grafik 11. – Raspodela Mn u po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine



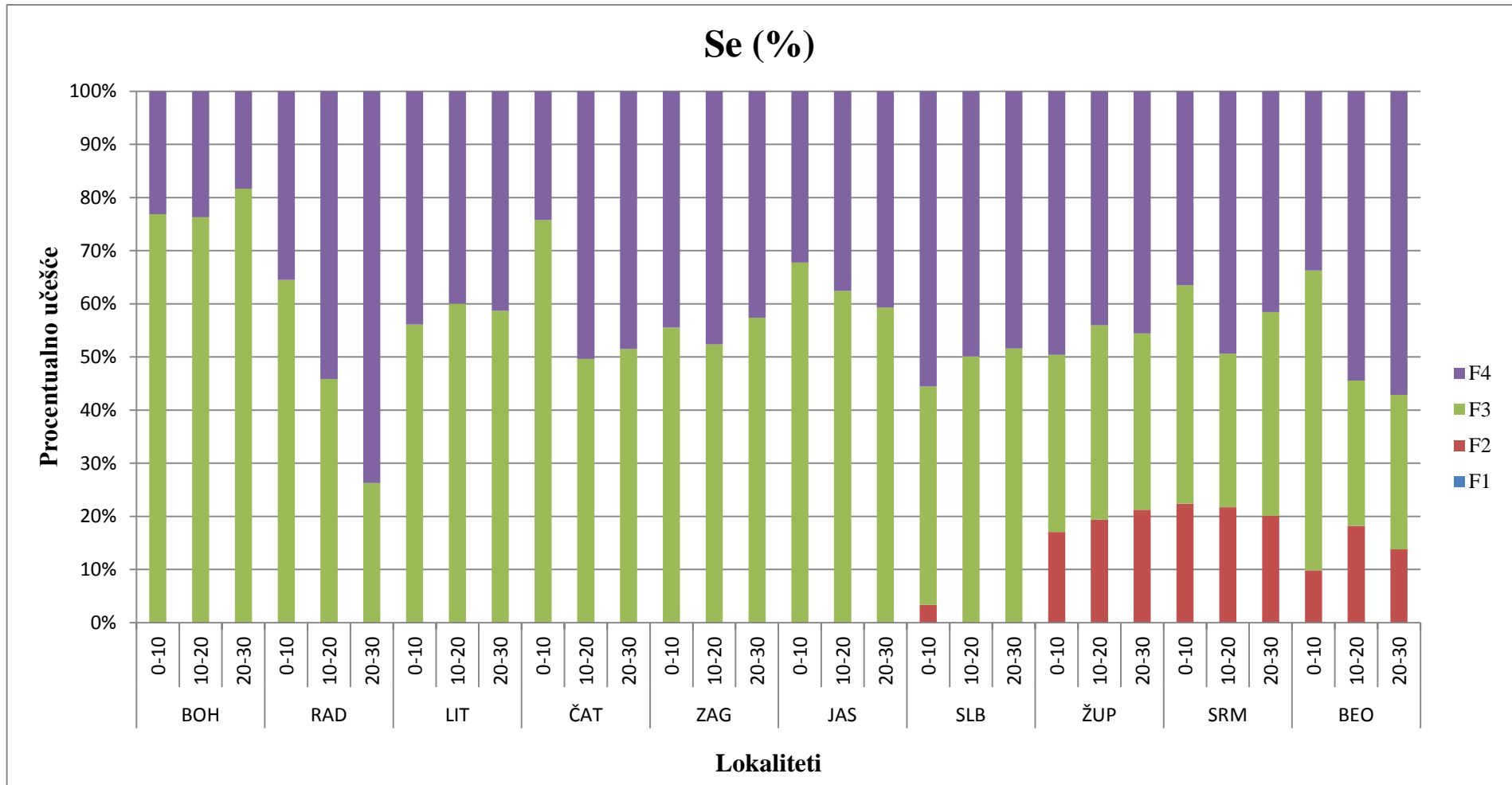
Grafik 12. – Raspodela Mo u po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine



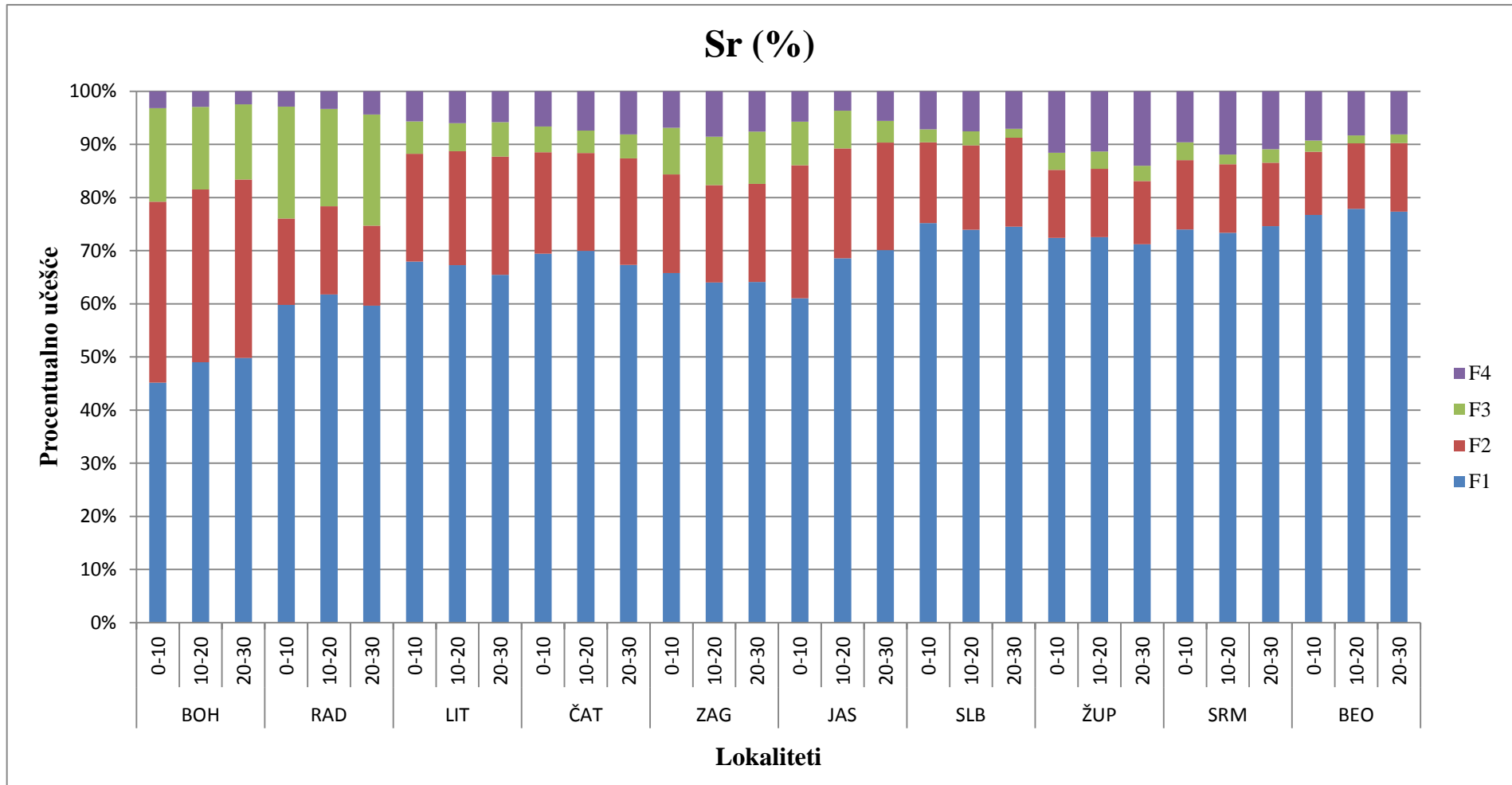
Grafik 13. – Raspodela Ni u po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine



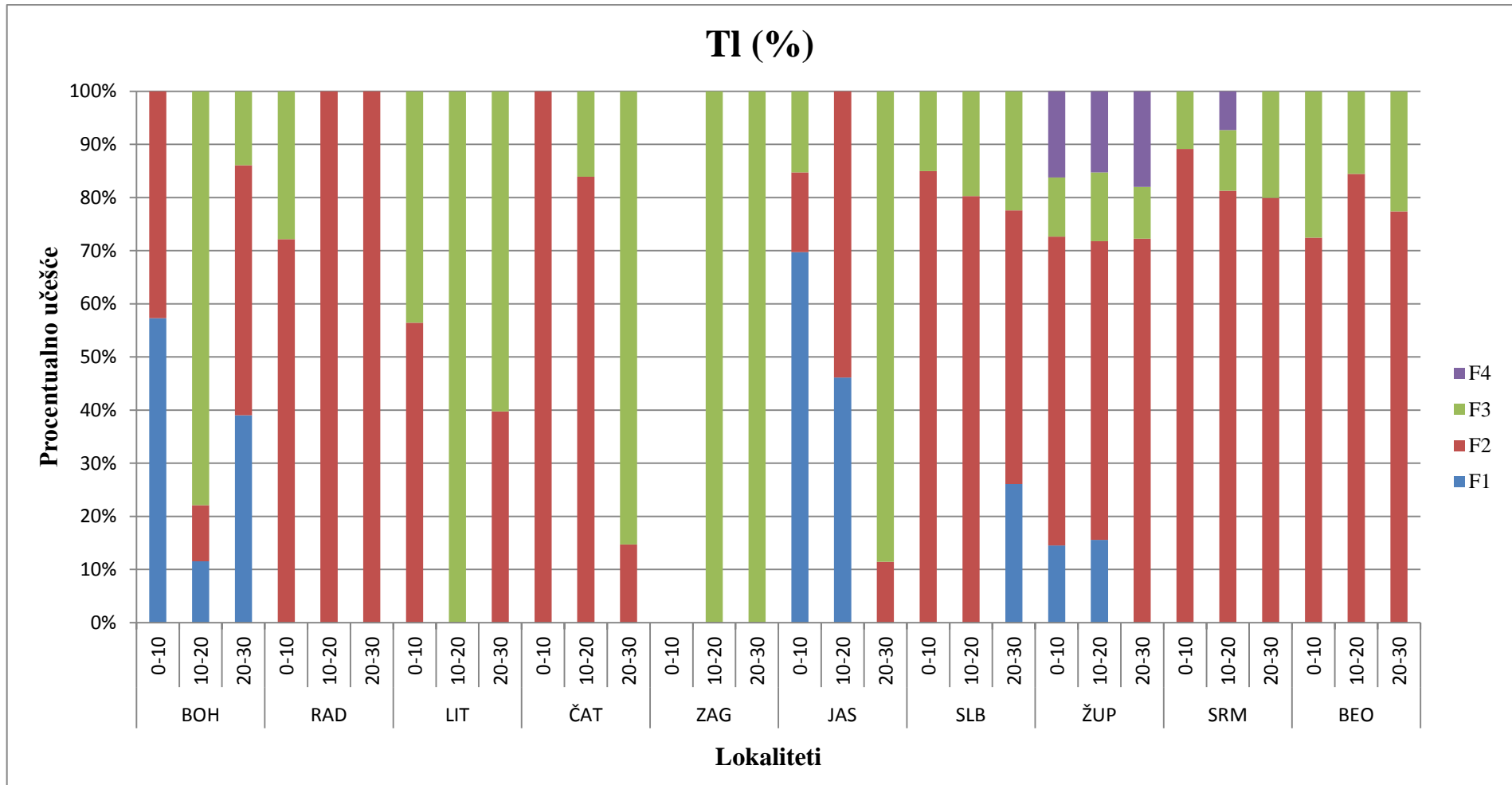
Grafik 14. – Raspodela Pb u po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine



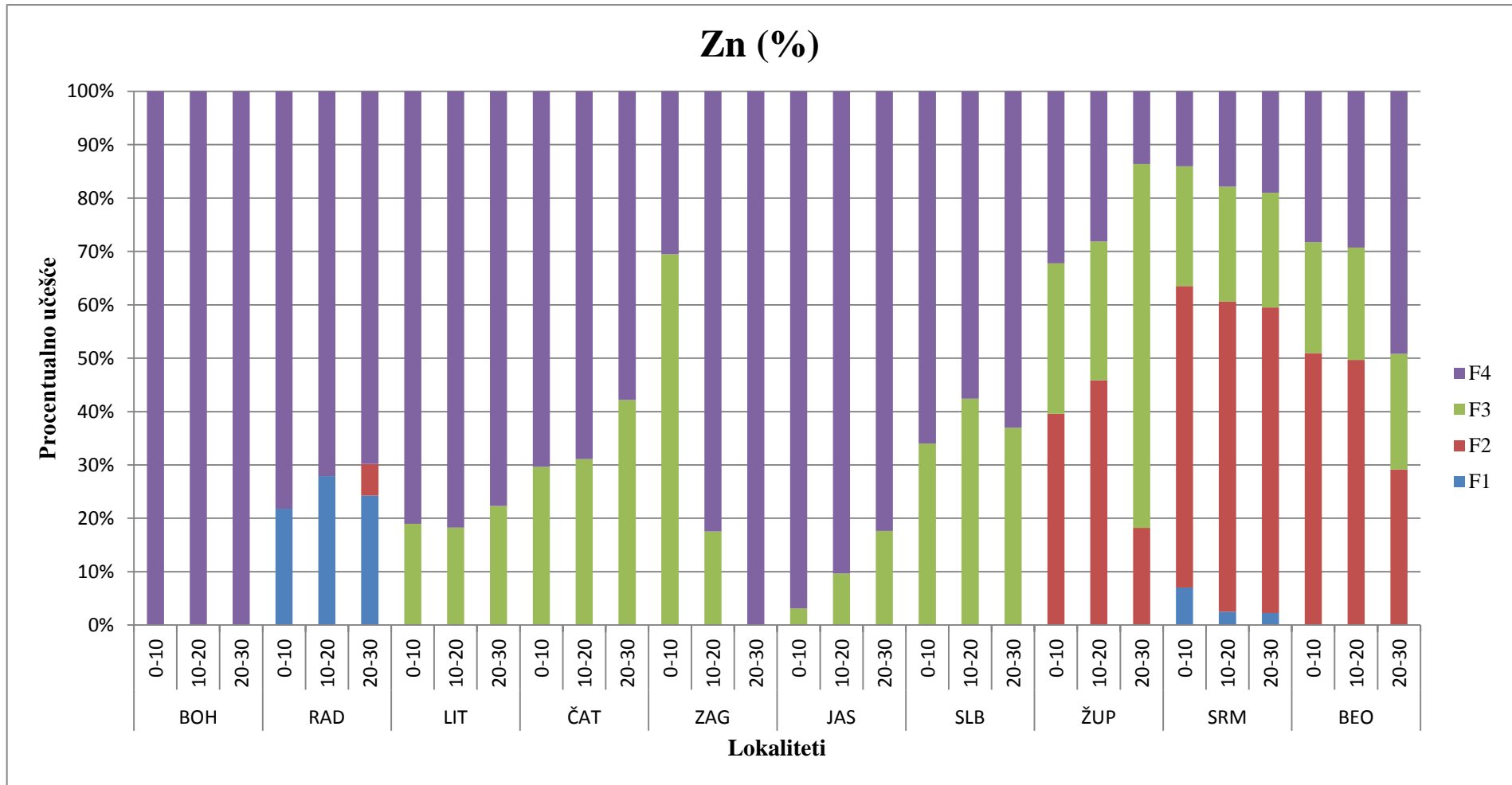
Grafik 15. – Raspodela Se u po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine



Grafik 16. – Raspodela Sr u po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine



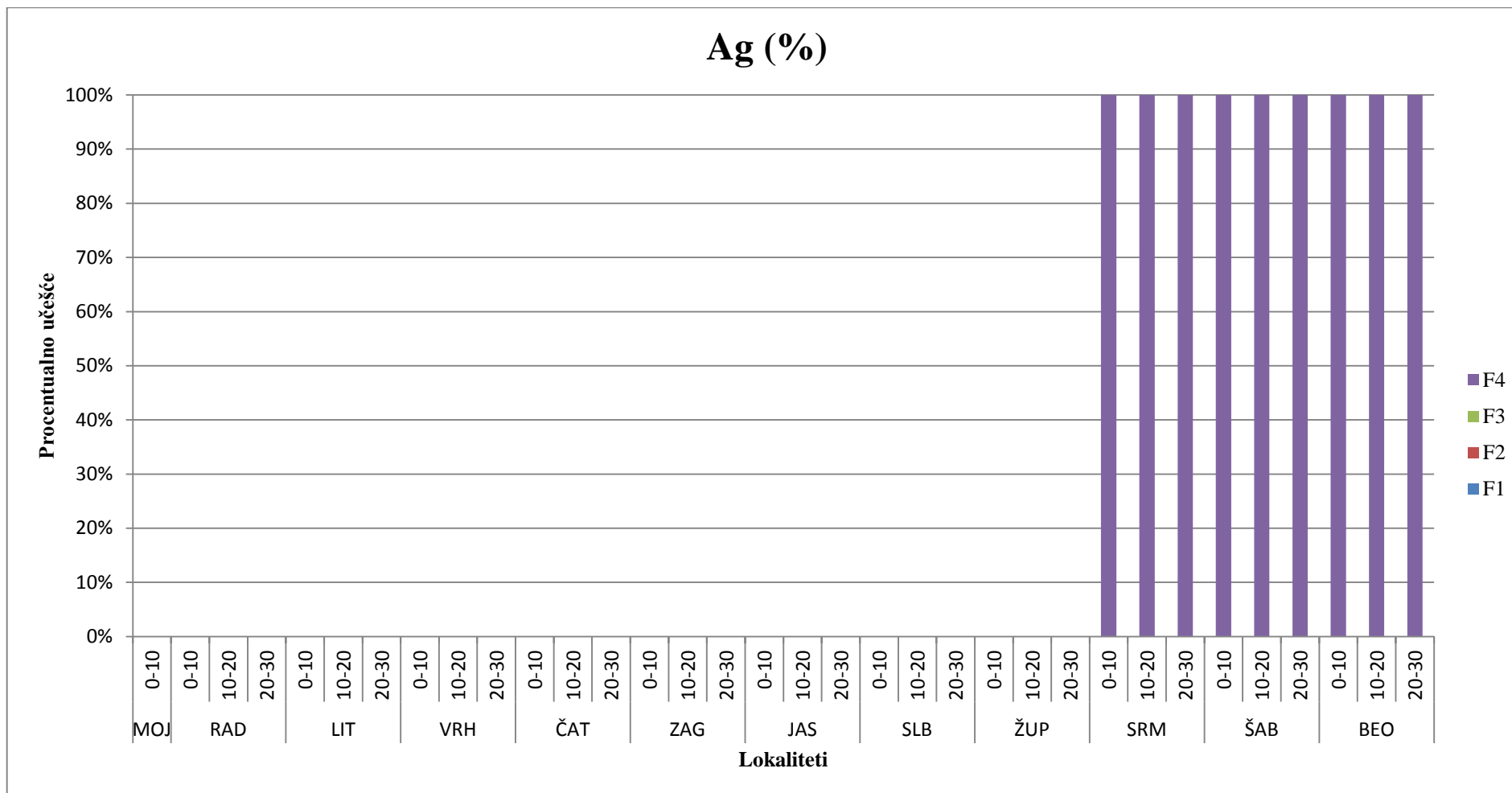
Grafik 17. – Raspodela Tl u po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine



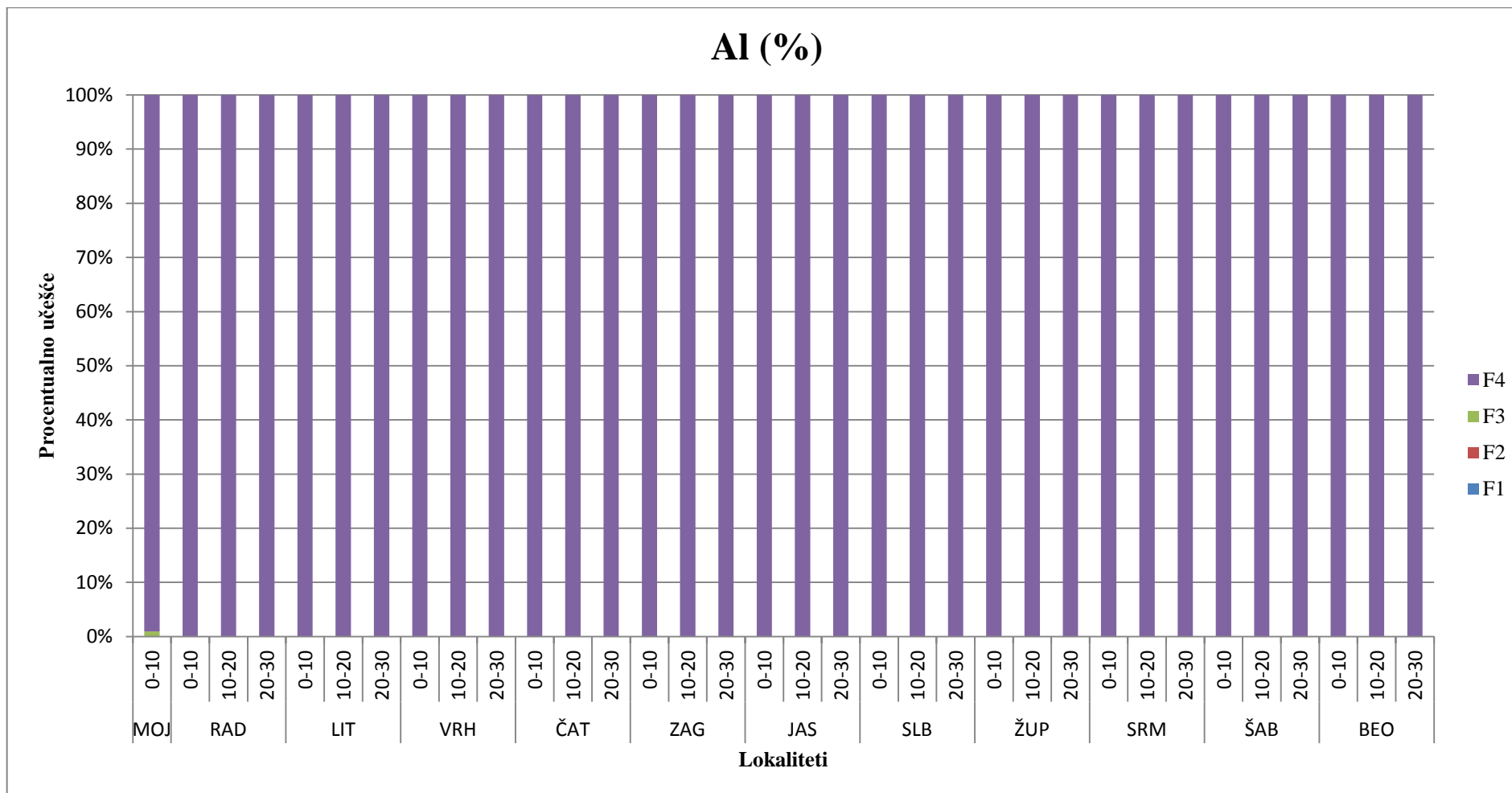
Grafik 18. – Raspodela Zn u po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2014. godine

PRILOG 2

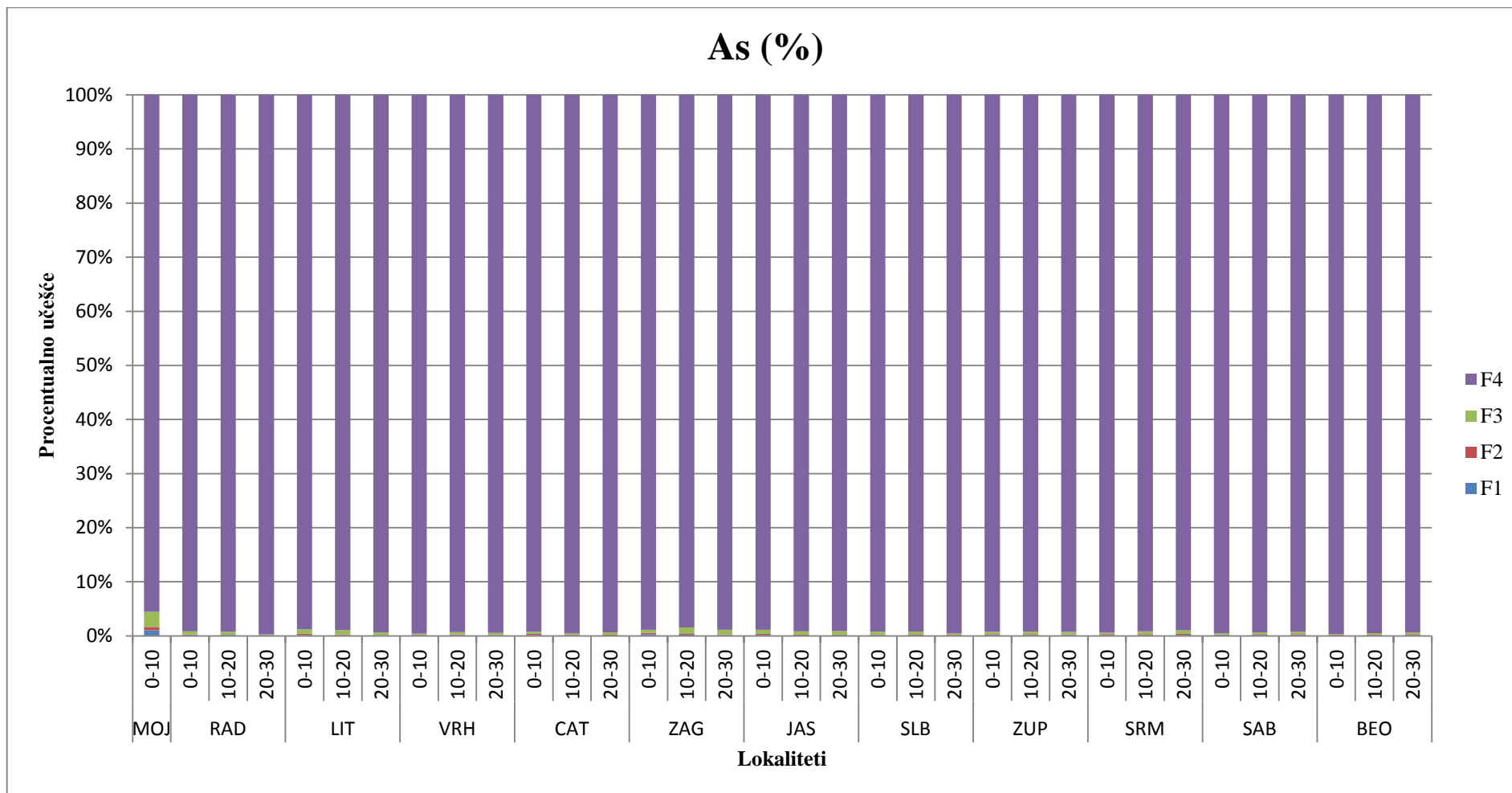
Raspodela ispitivanih elemenata (Ag, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Tl, Zn) po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2015. godine



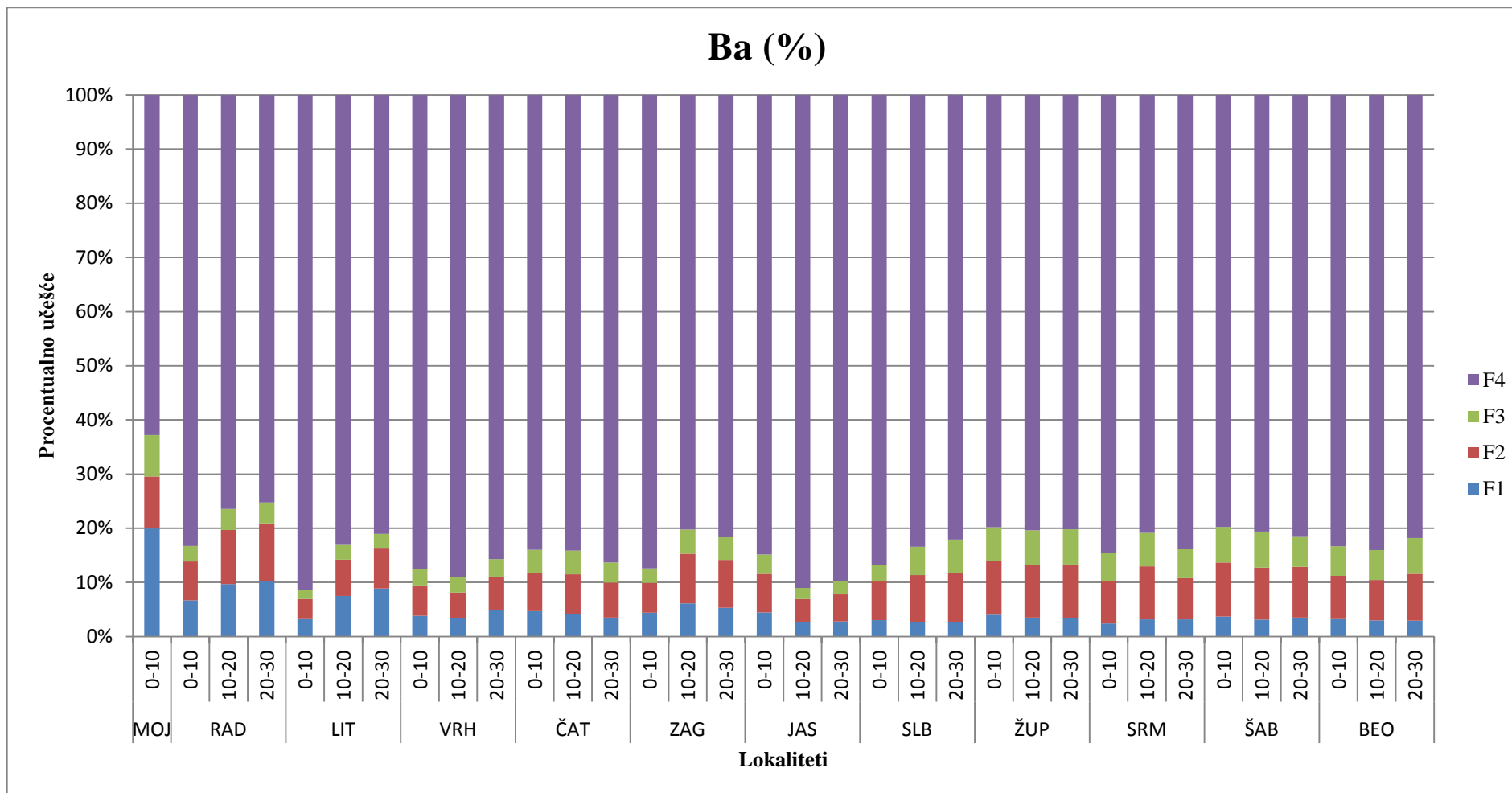
Grafik 19. – Raspodela Ag po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2015. godine



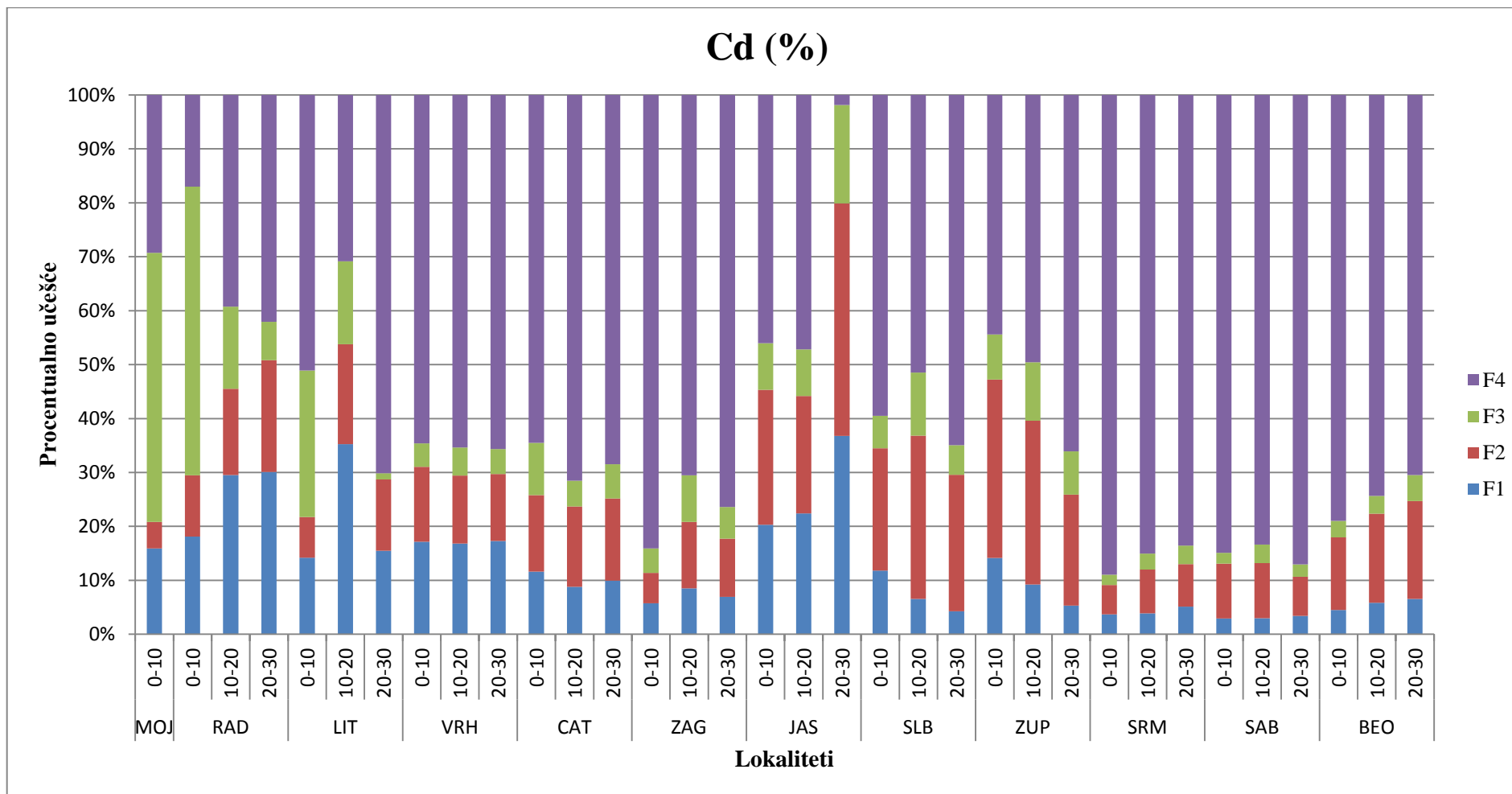
Grafik 20. – Raspodela AI po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2015. godine



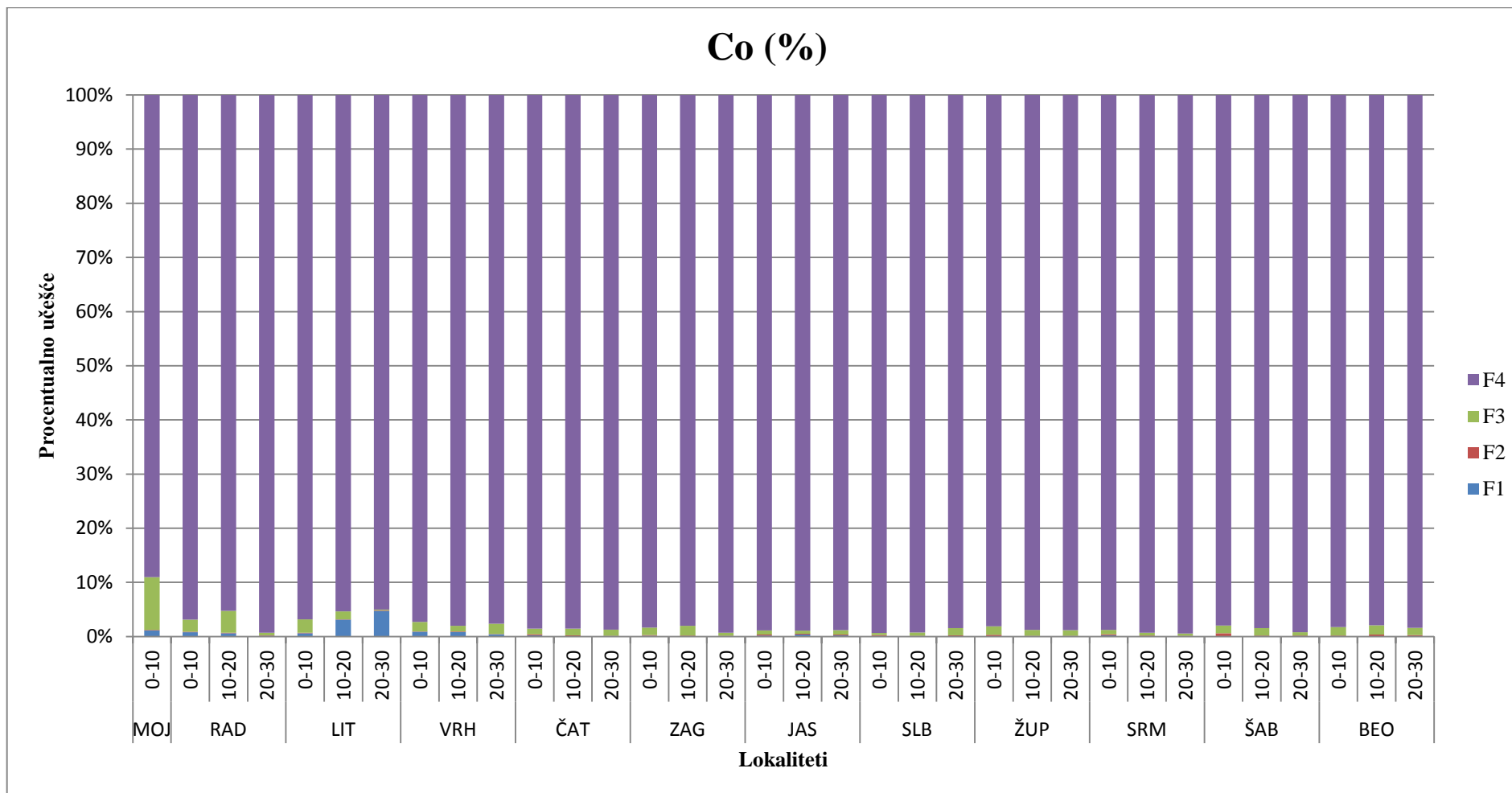
Grafik 21. – Raspodela As po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2015. godine



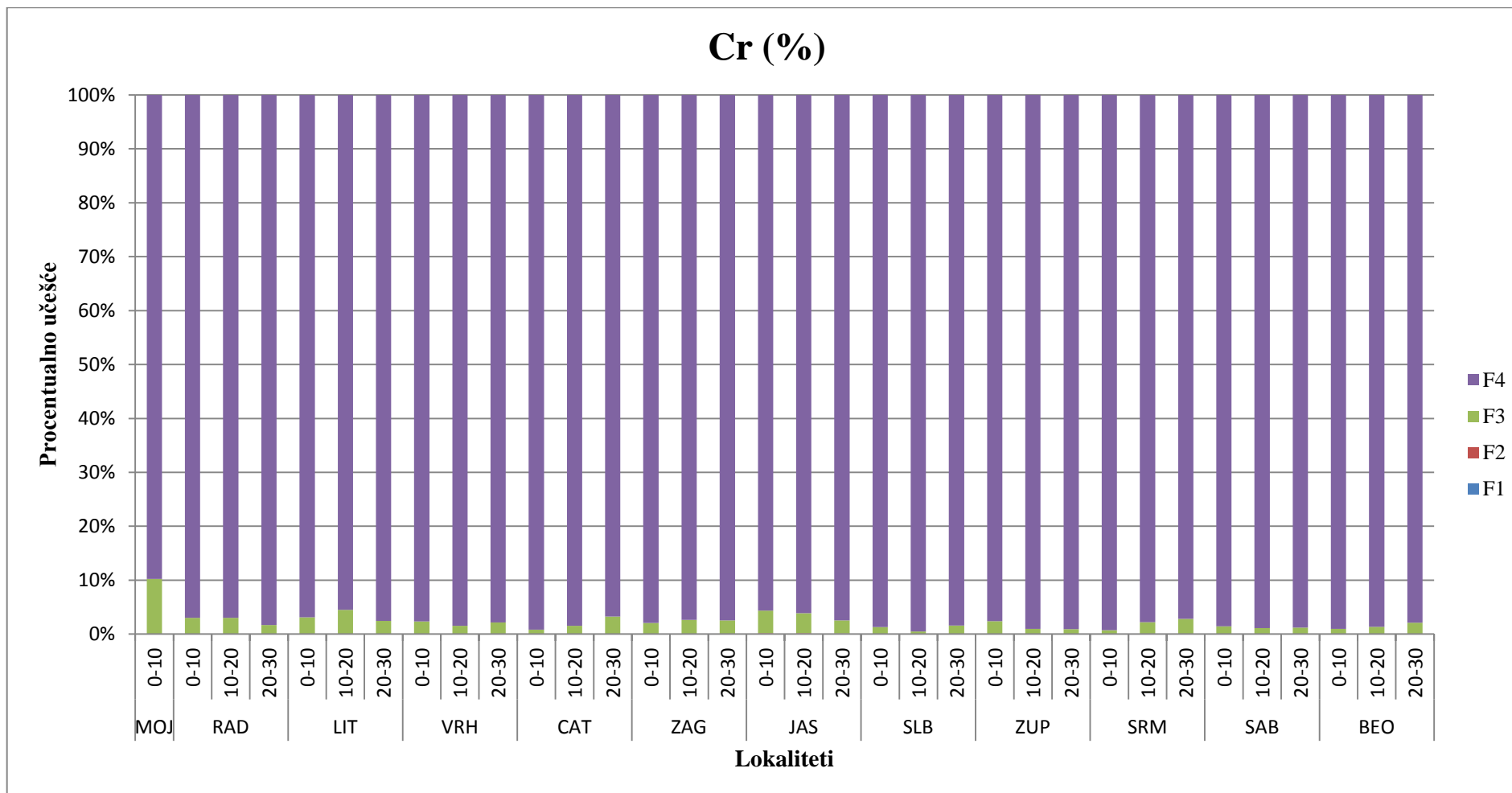
Grafik 22. – Raspodela Ba po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2015. godine



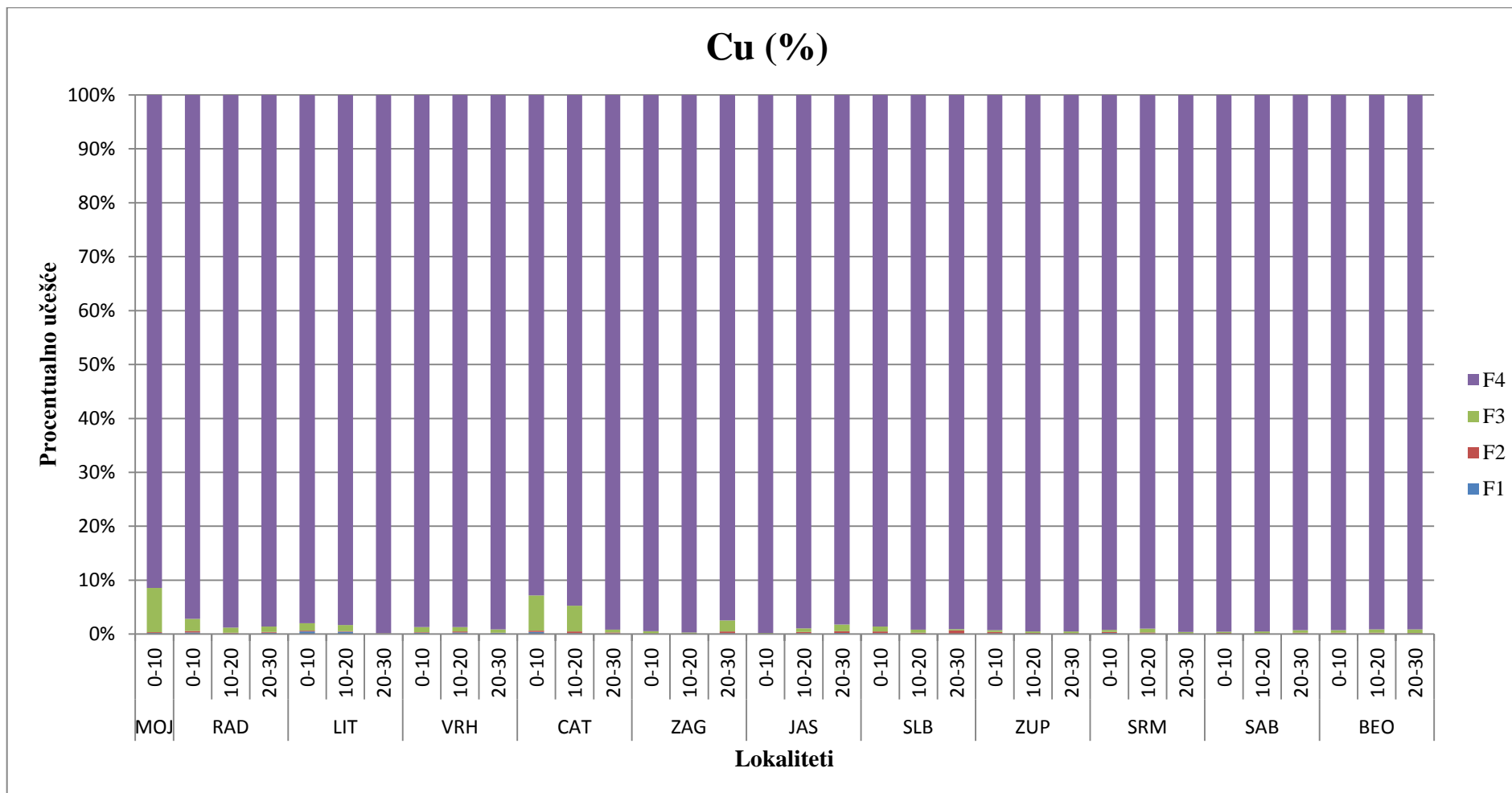
Grafik 23. – Raspodela Cd po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2015. godine



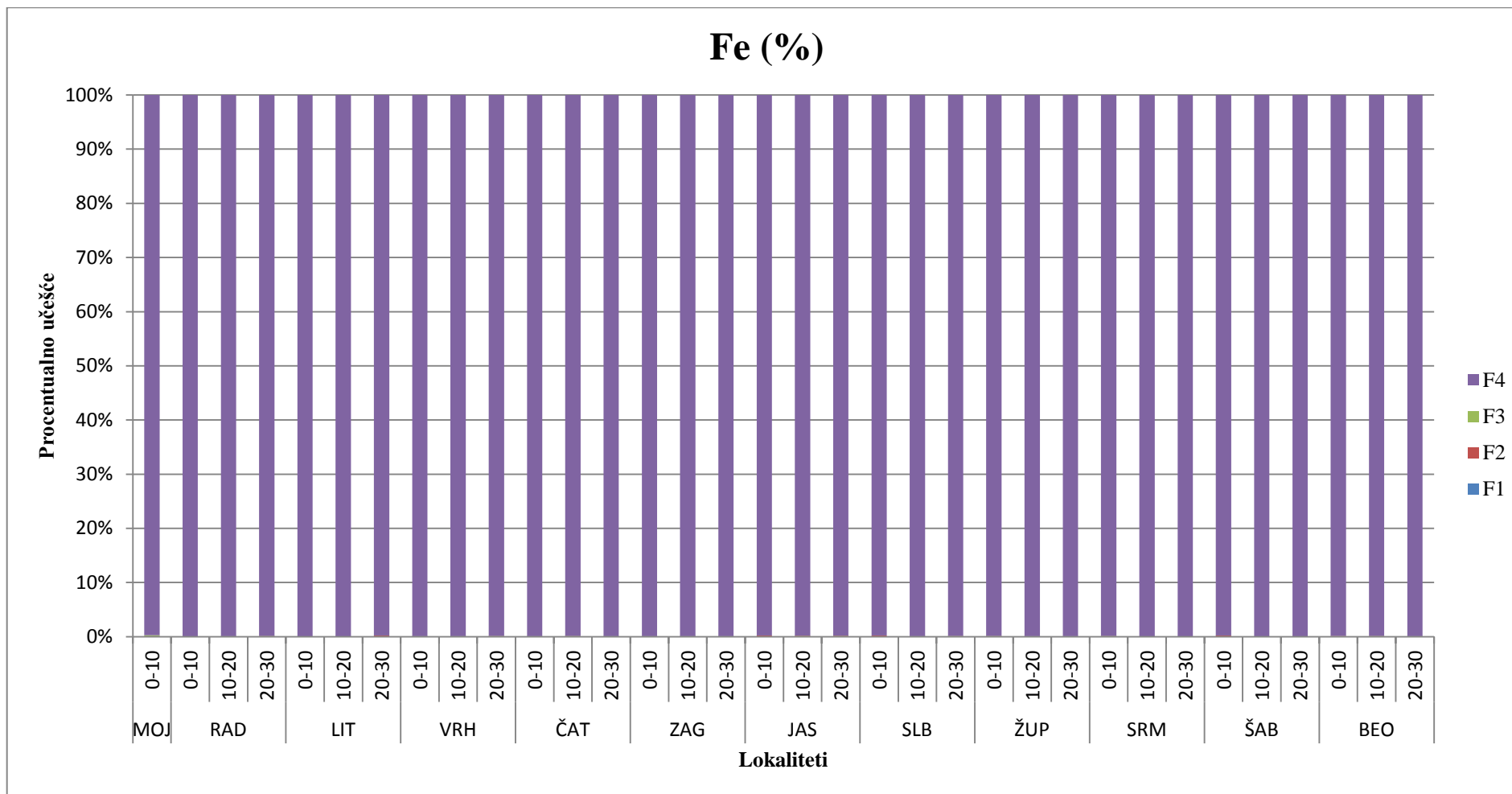
Grafik 24. – Raspodela Co po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2015. godine



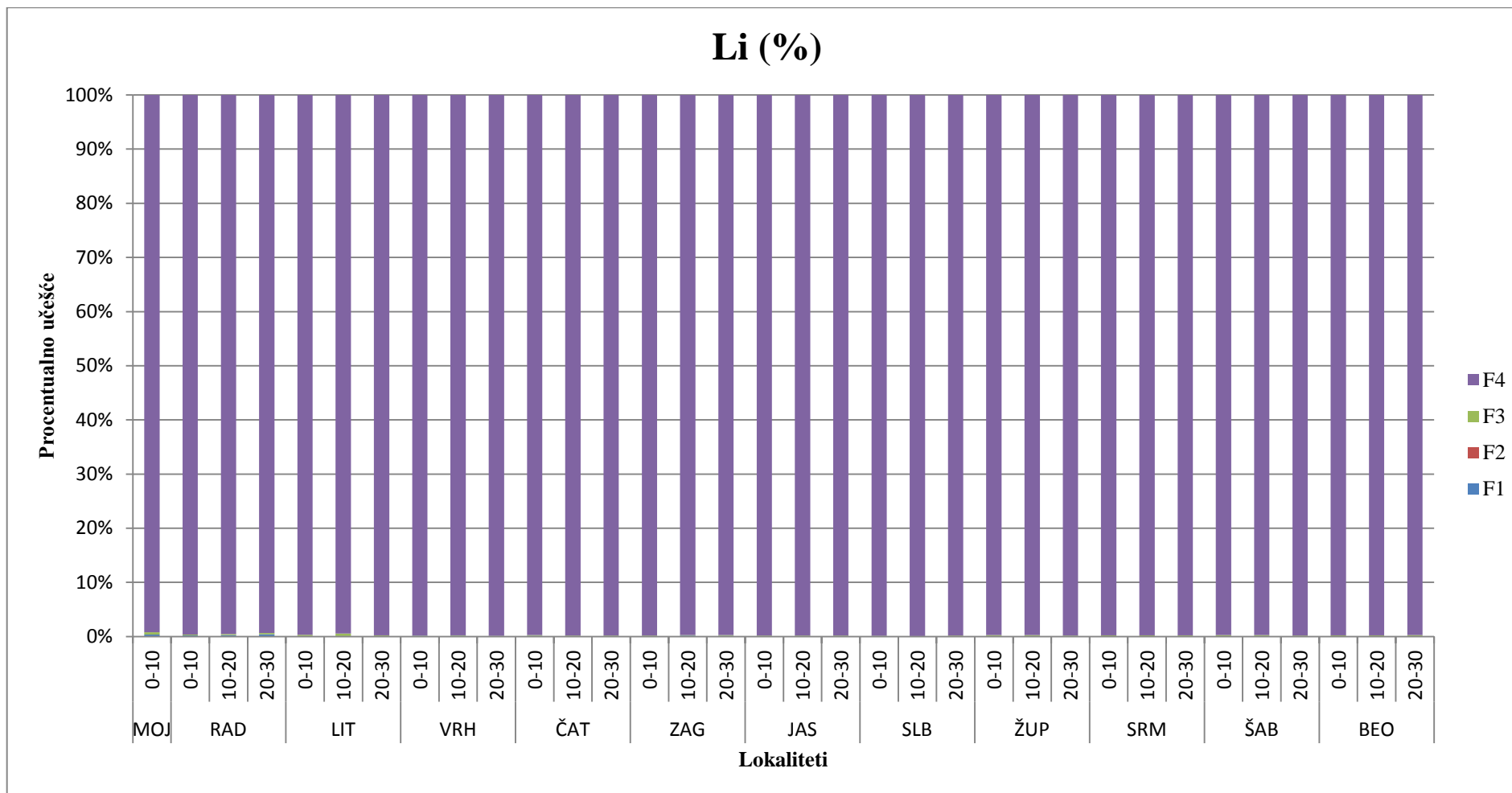
Grafik 25. – Raspodela Cr po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2015. godine



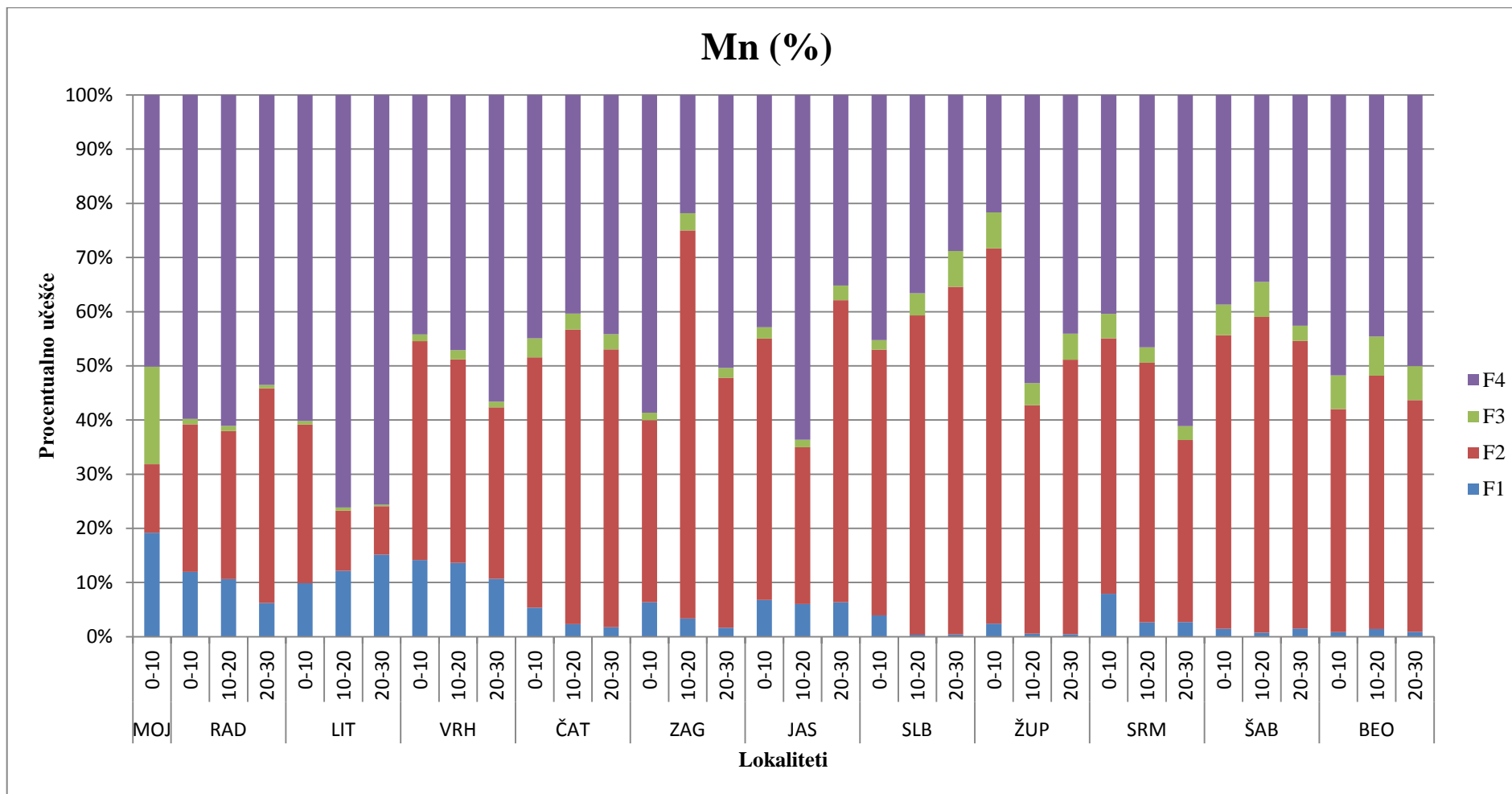
Grafik 26. – Raspodela Cu po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2015. godine



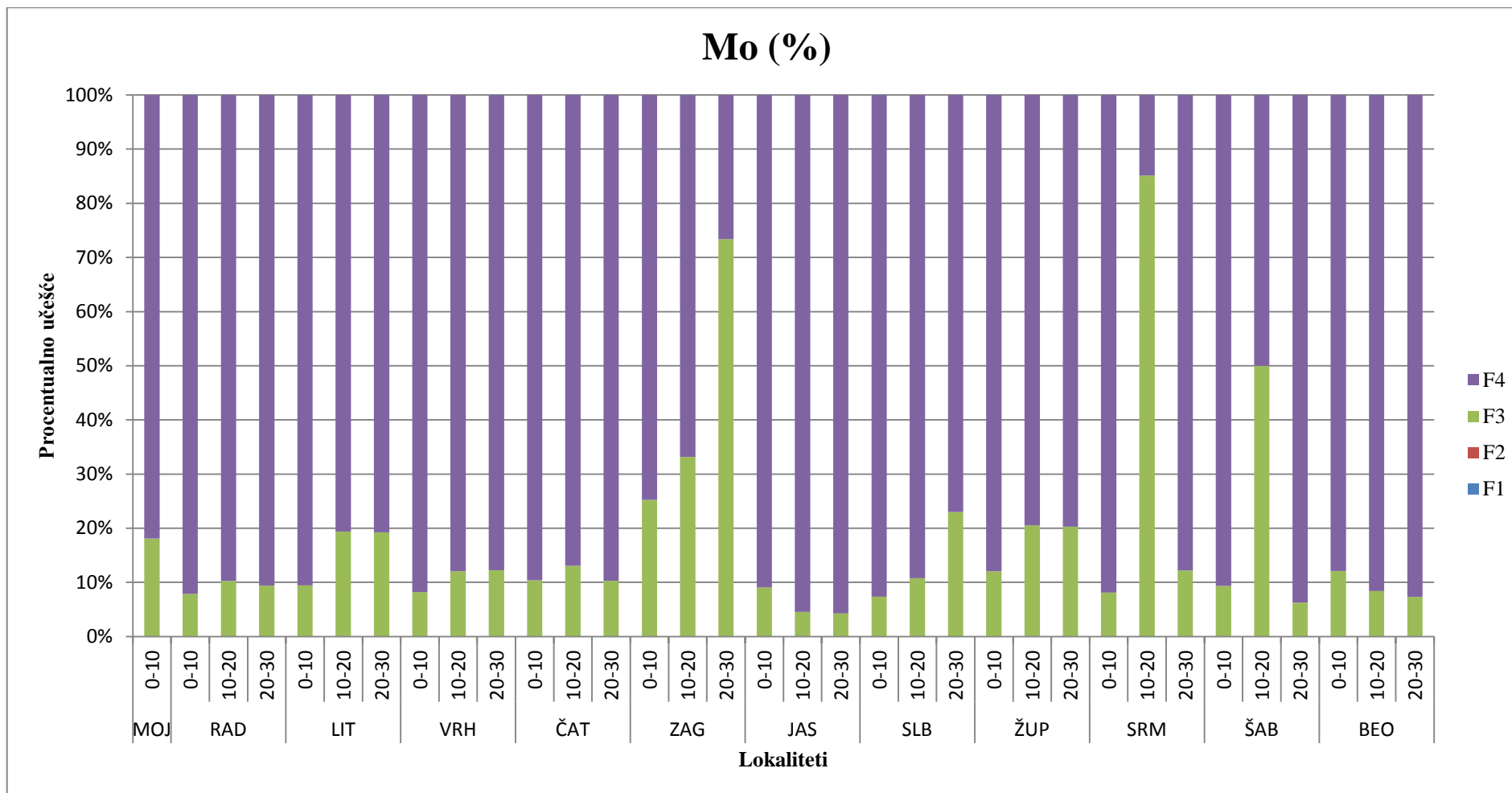
Grafik 27. – Raspodela Fe po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2015. godine



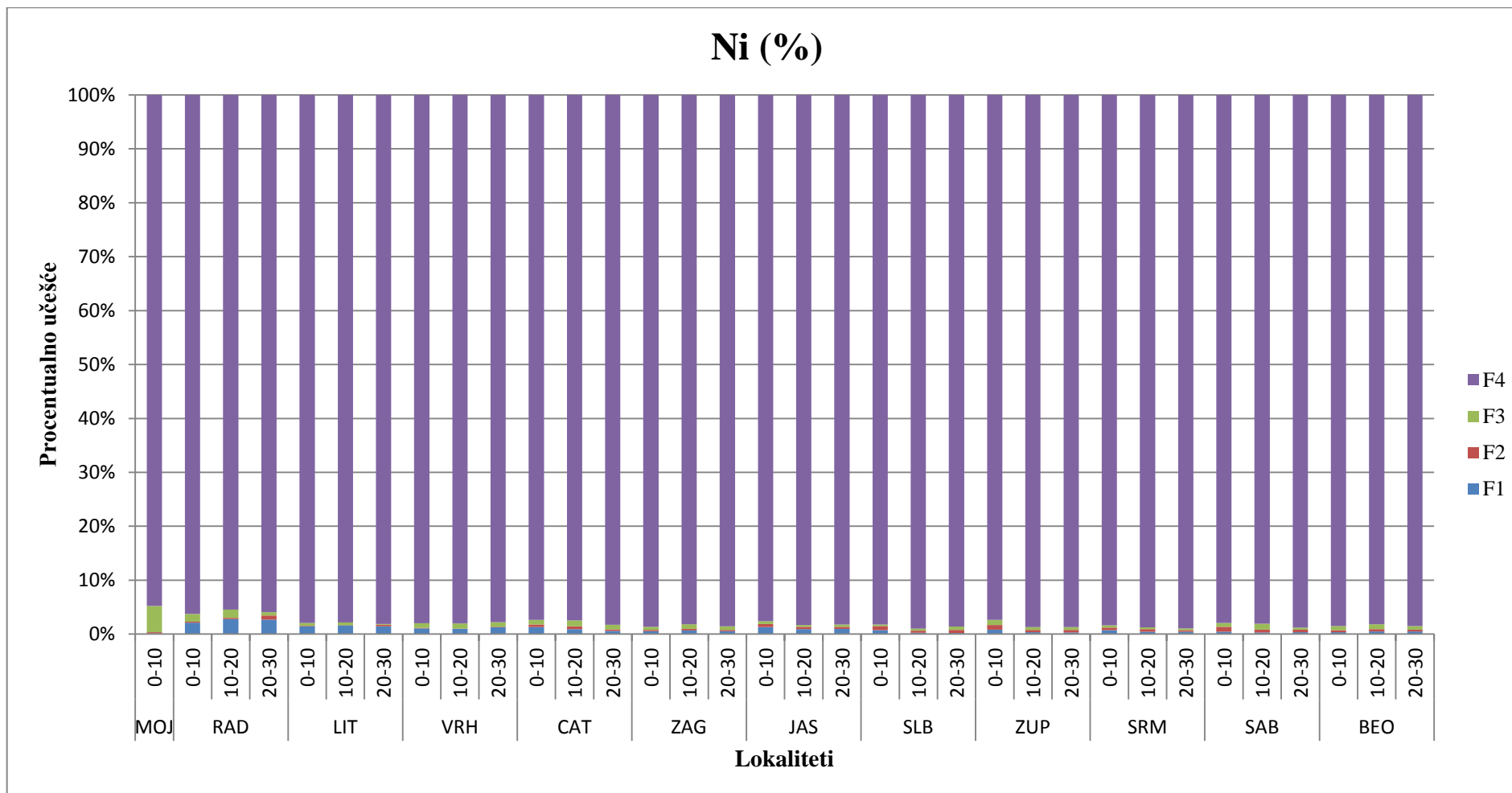
Grafik 28. – Raspodela Li po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2015. godine



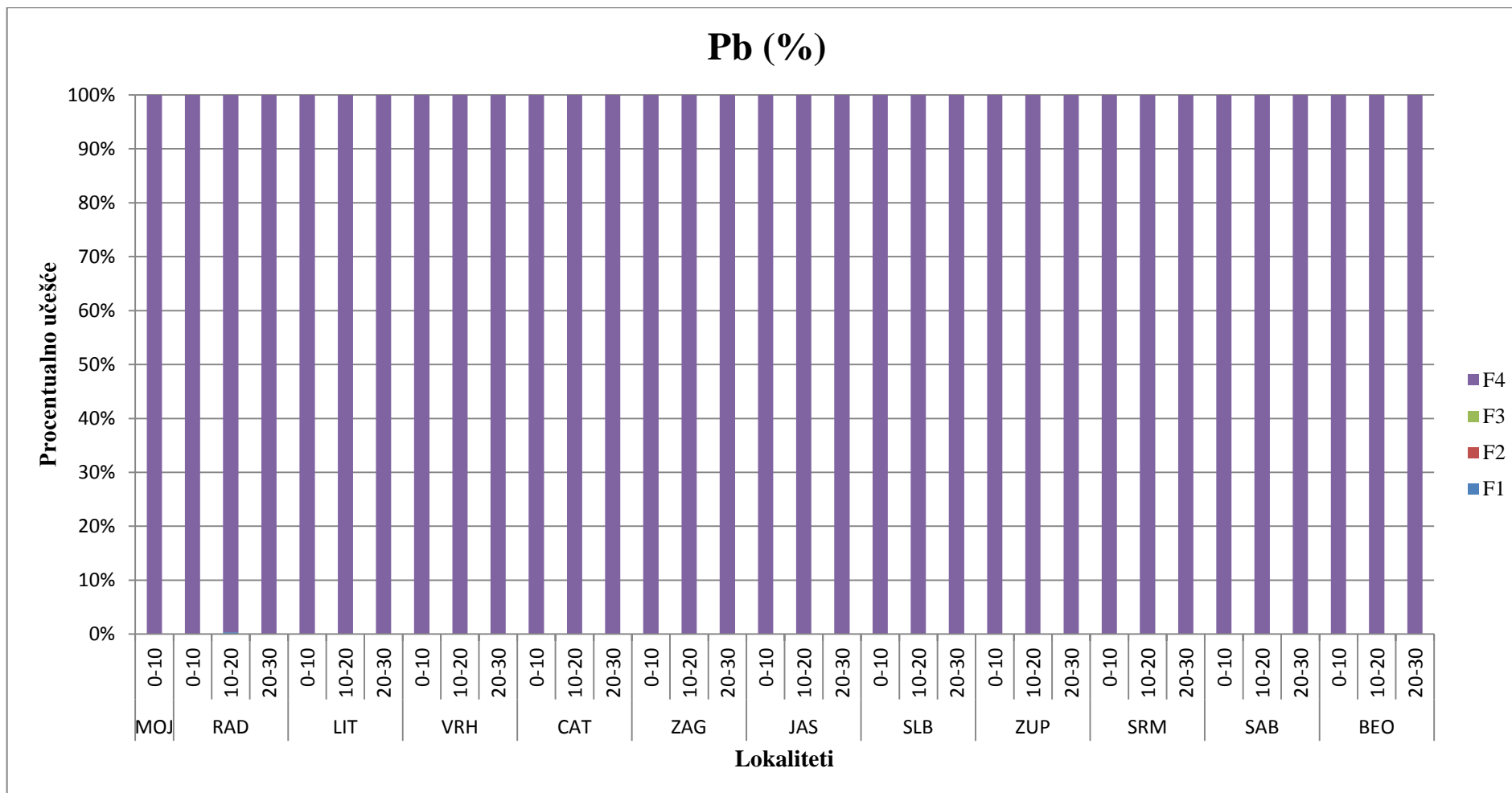
Grafik 29. – Raspodela Mn po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2015. godine



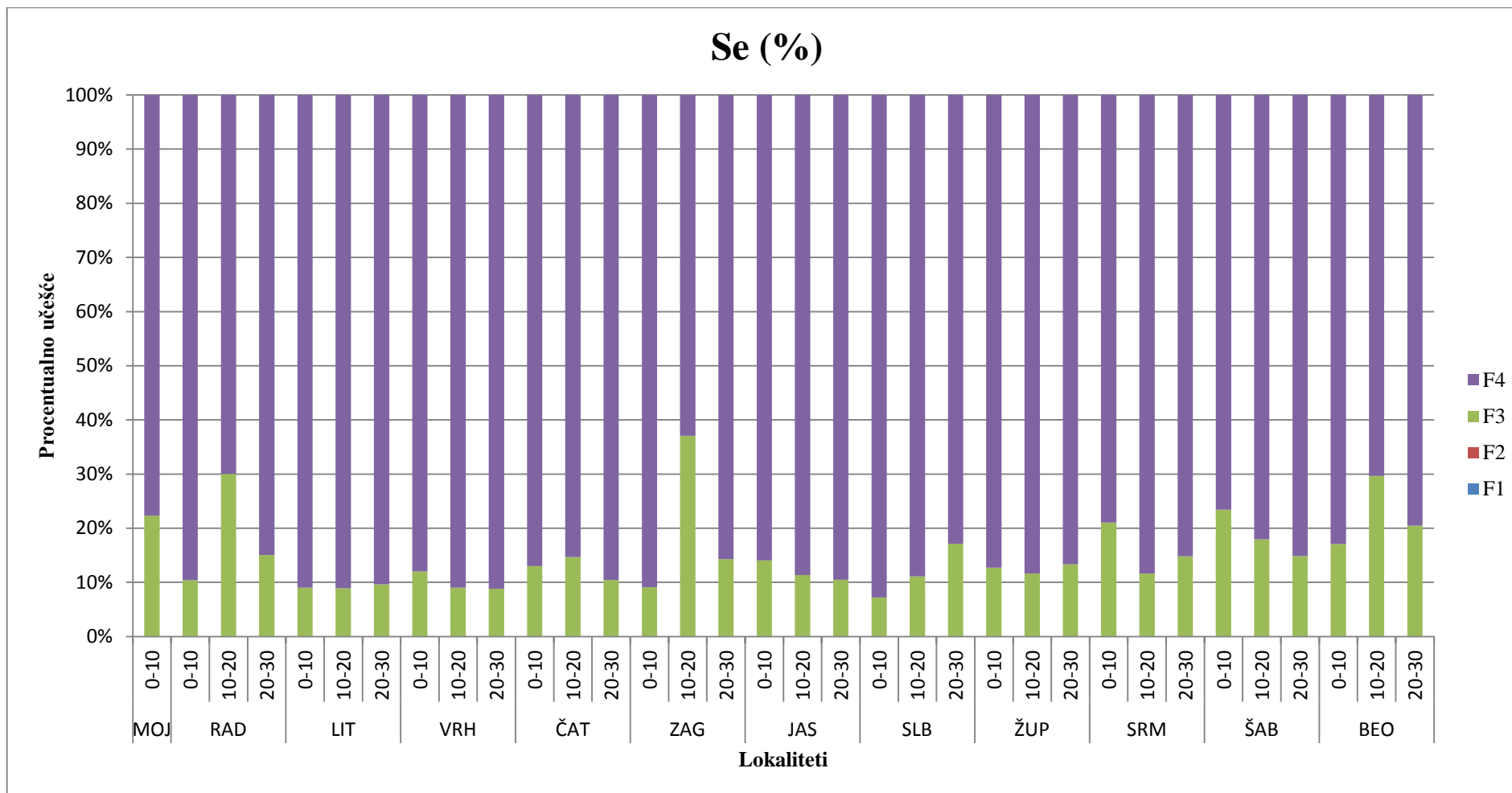
Grafik 30. – Raspodela Mo po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2015. godine



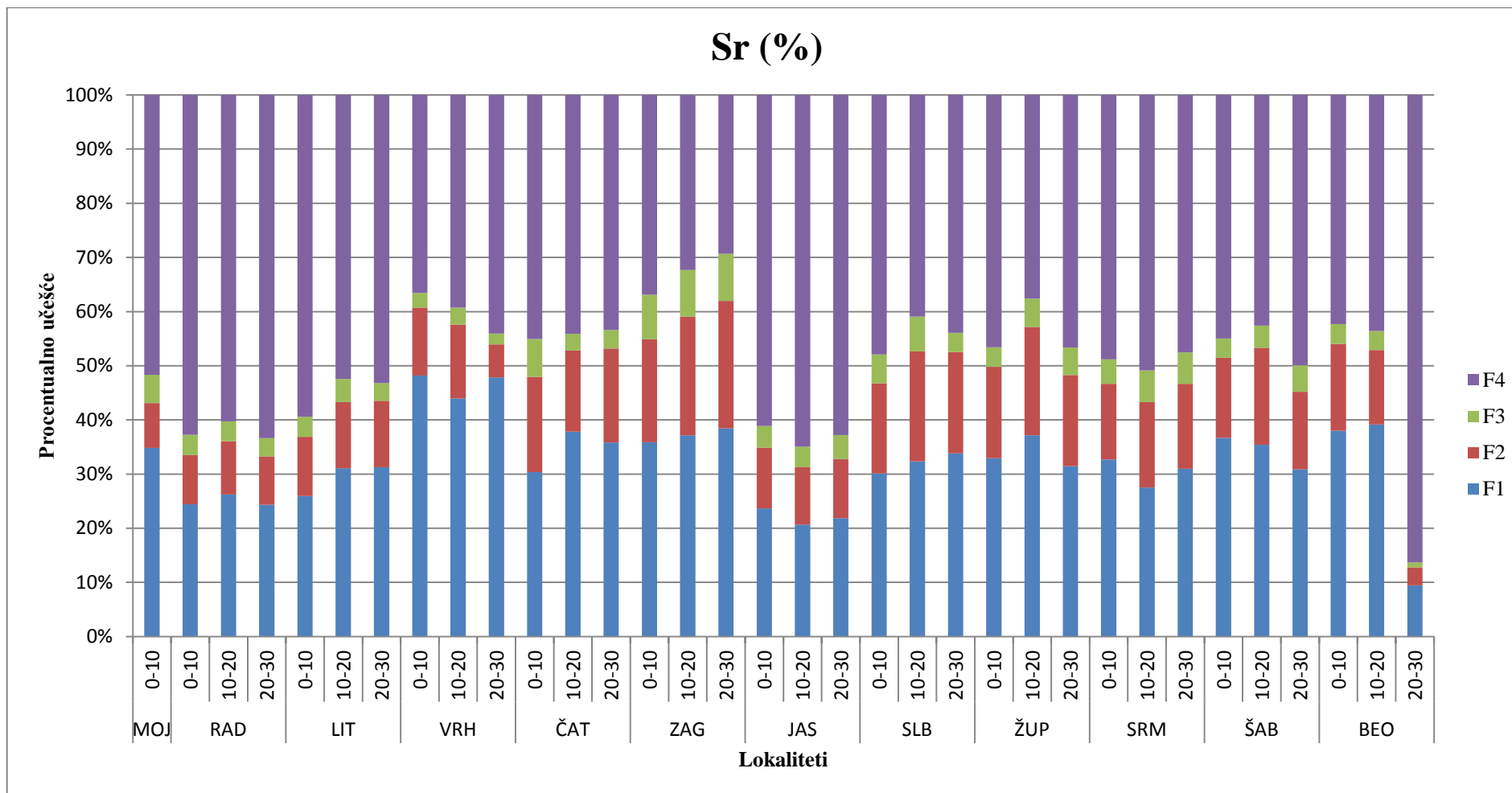
Grafik 31. – Raspodela Ni po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2015. godine



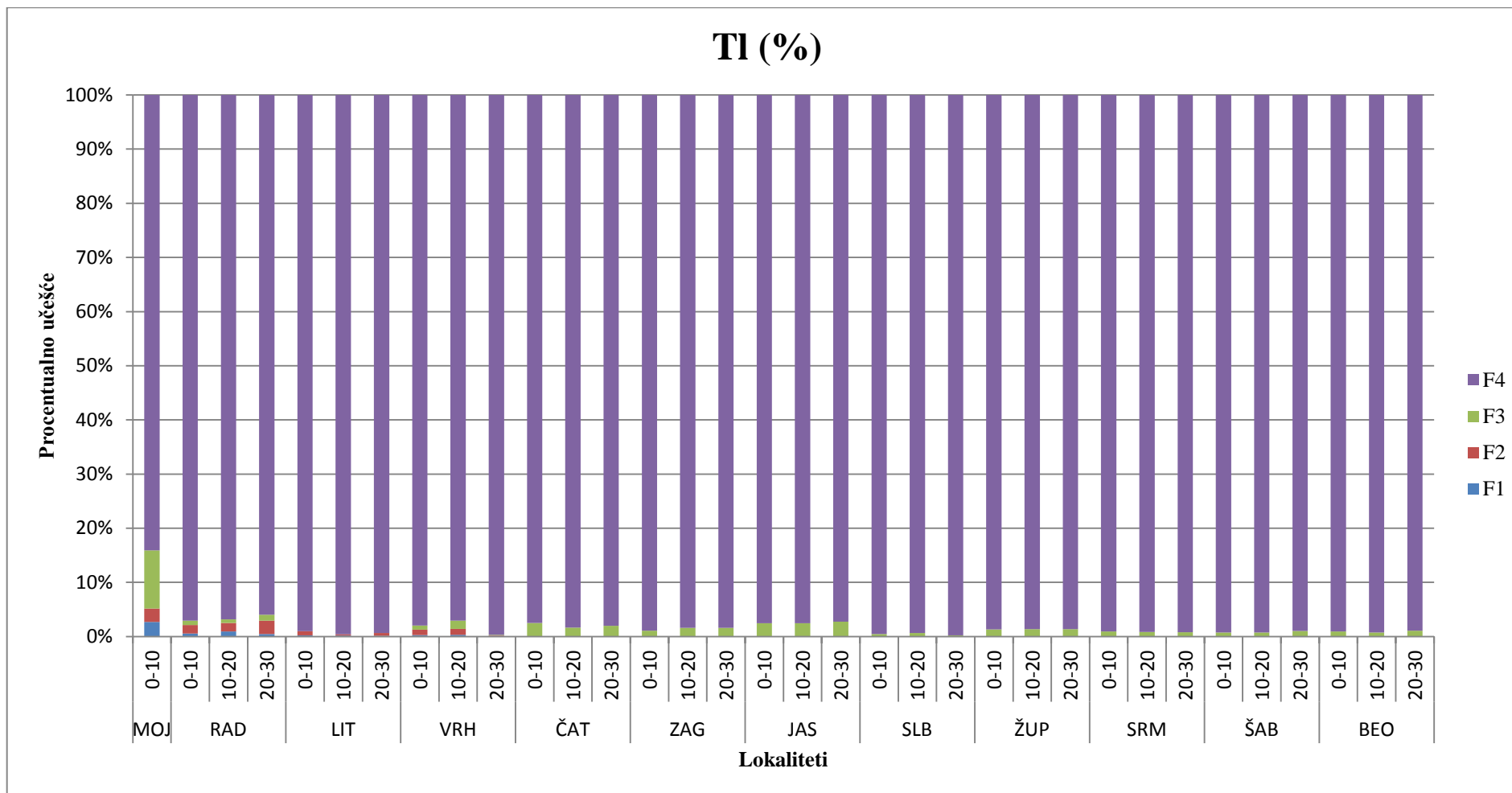
Grafik 32. – Raspodela Pb po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2015. godine



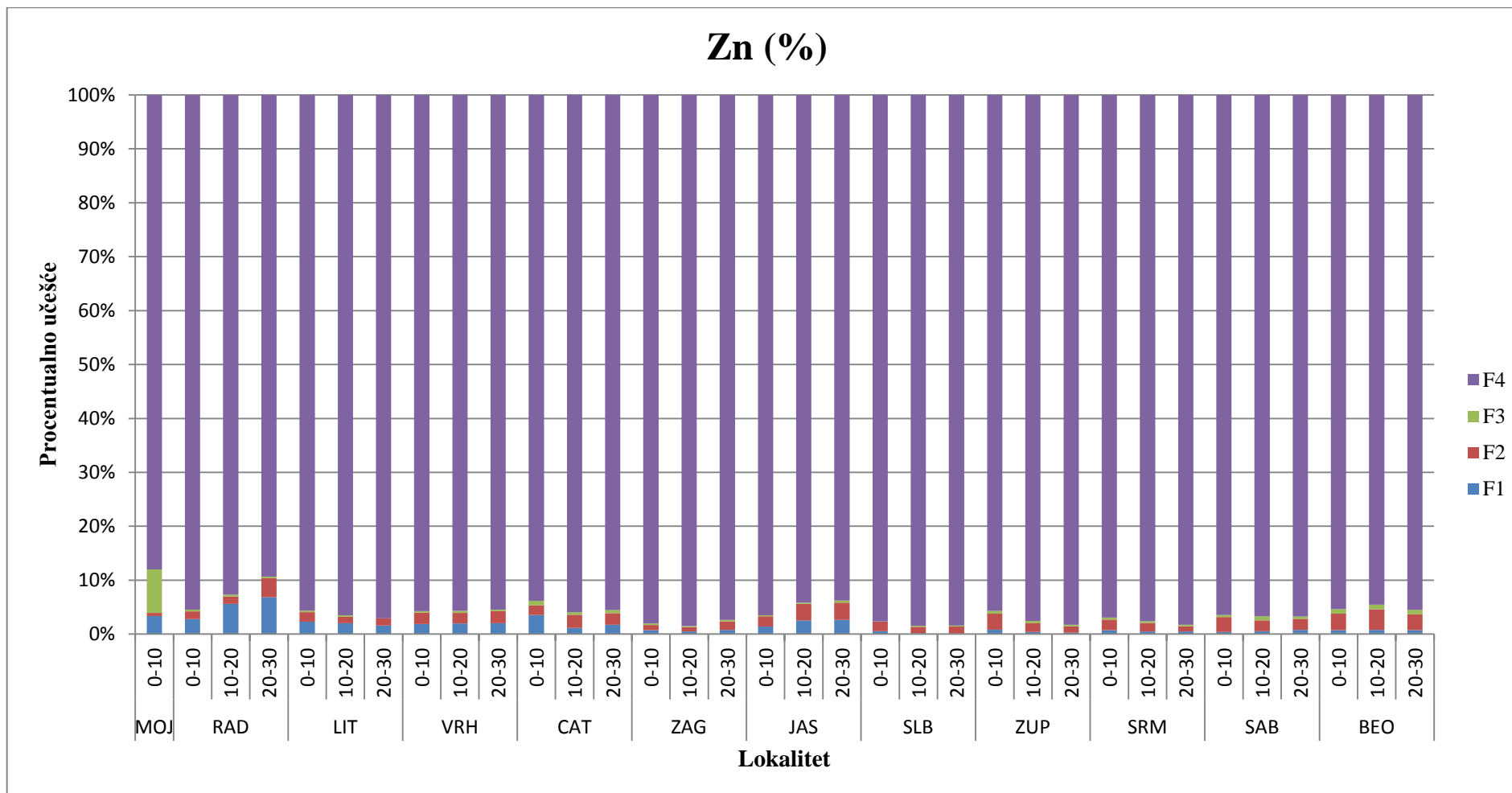
Grafik 33. – Raspodela Se po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2015. godine



Grafik 34. – Raspodela Sr po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2015. godine



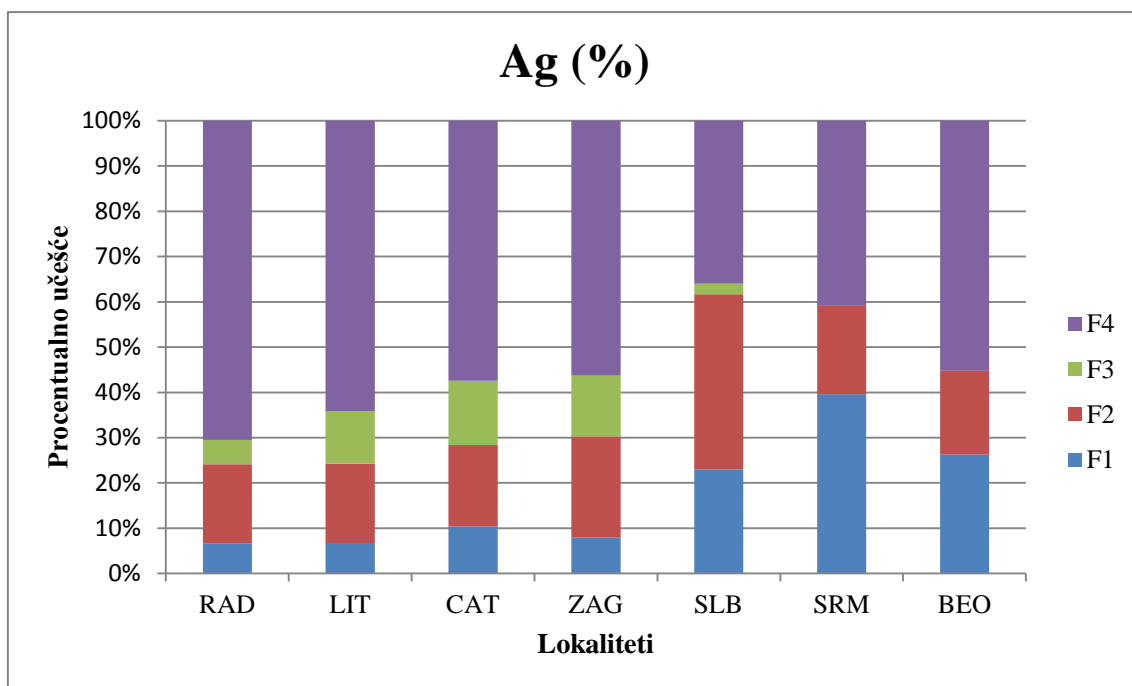
Grafik 35. – Raspodela Tl po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2015. godine



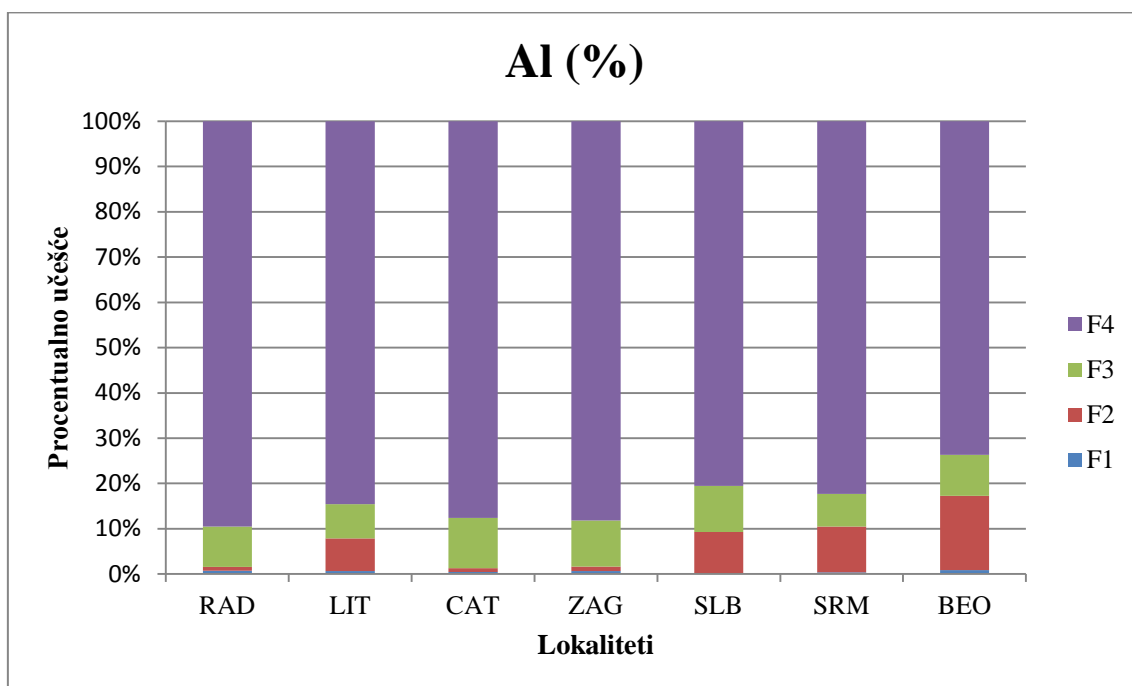
Grafik 36. – Raspodela Zn po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima zemljišta iz 2015. godine

PRILOG 3

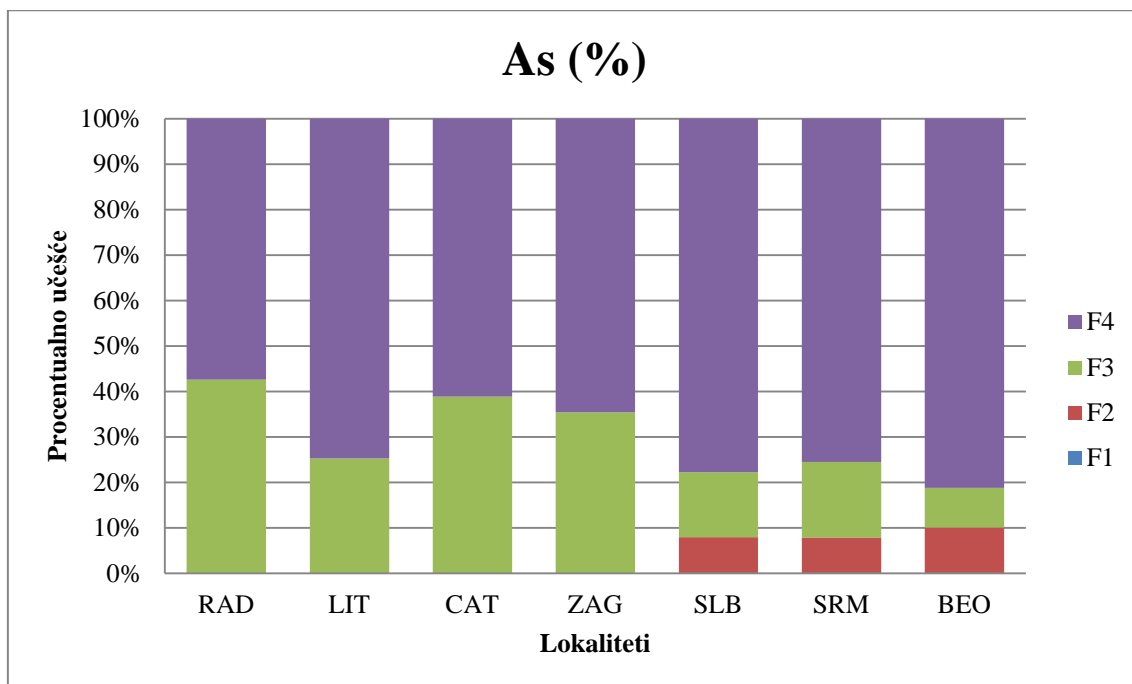
Raspodela ispitivanih elemenata (Ag, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Tl, Zn) po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta/nanosa iz 2014. godine



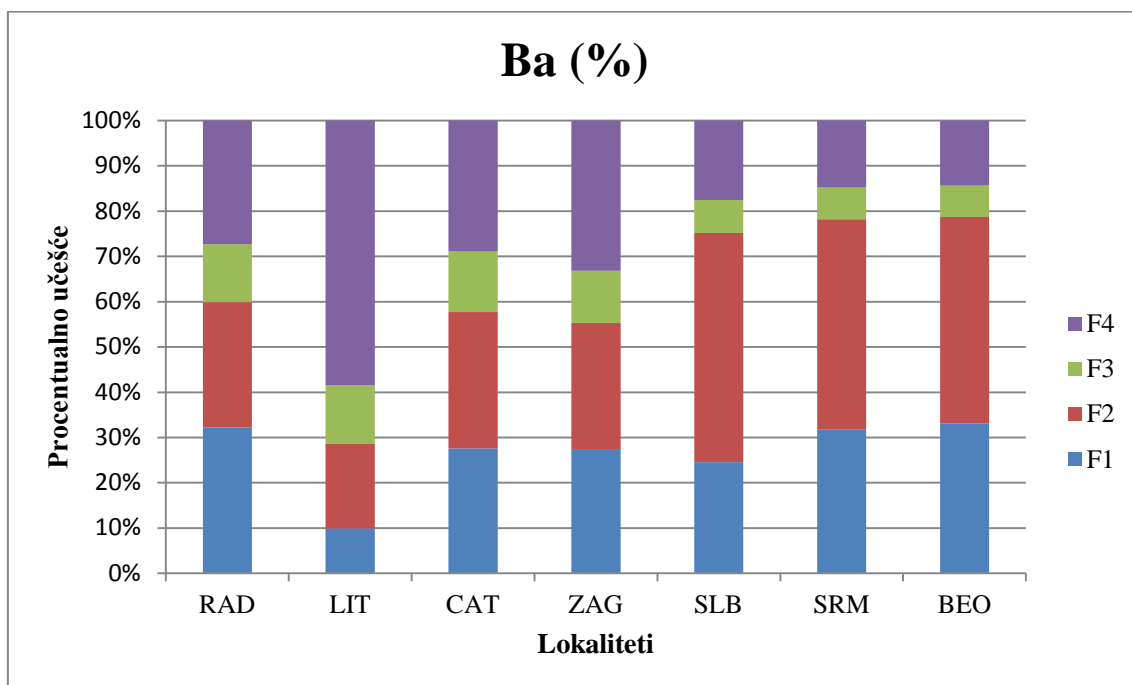
Grafik 37. – Raspodela Ag po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2014. Godine



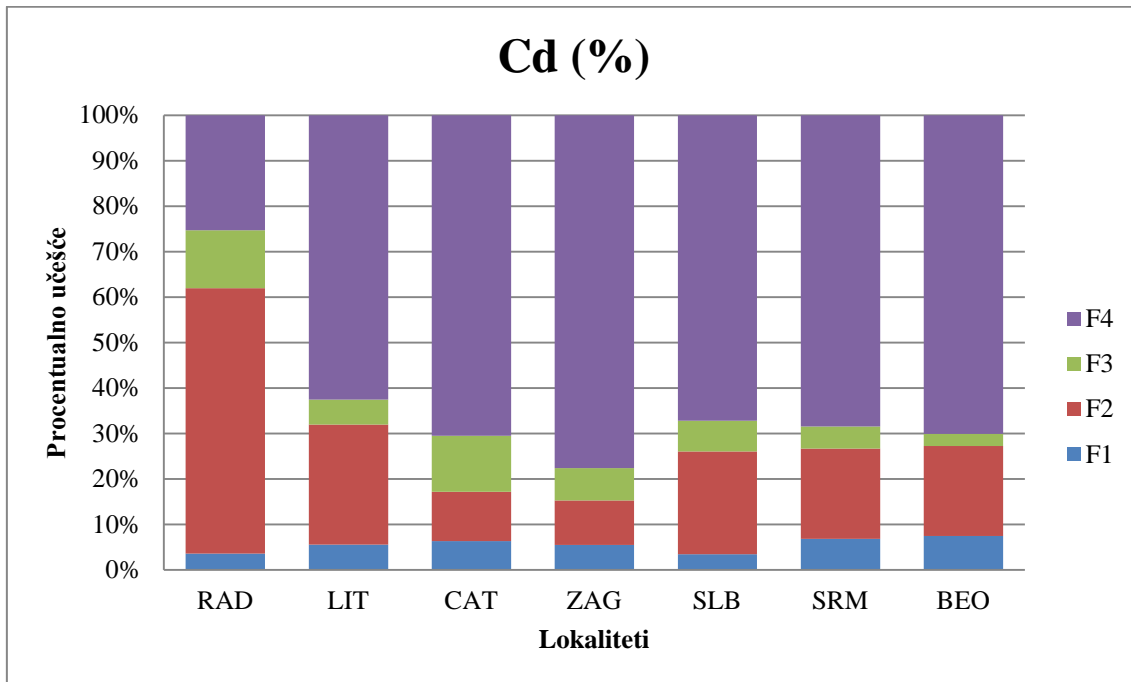
Grafik 38. – Raspodela Al po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2014. godine



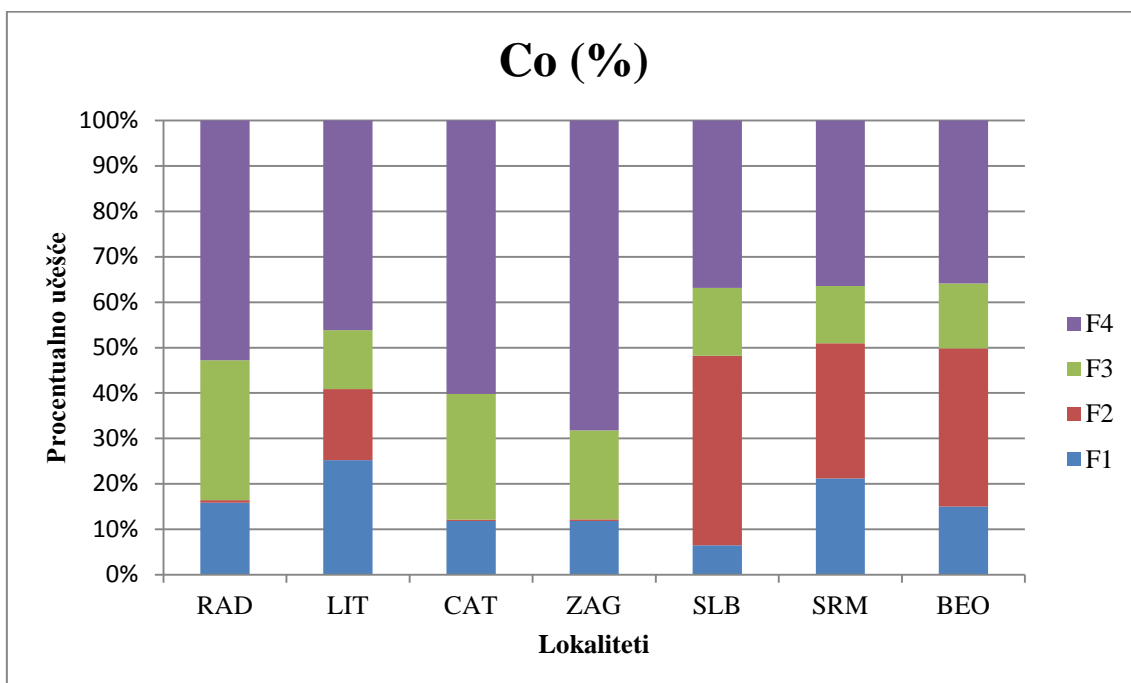
Grafik 39. – Raspodela As po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2014. godine



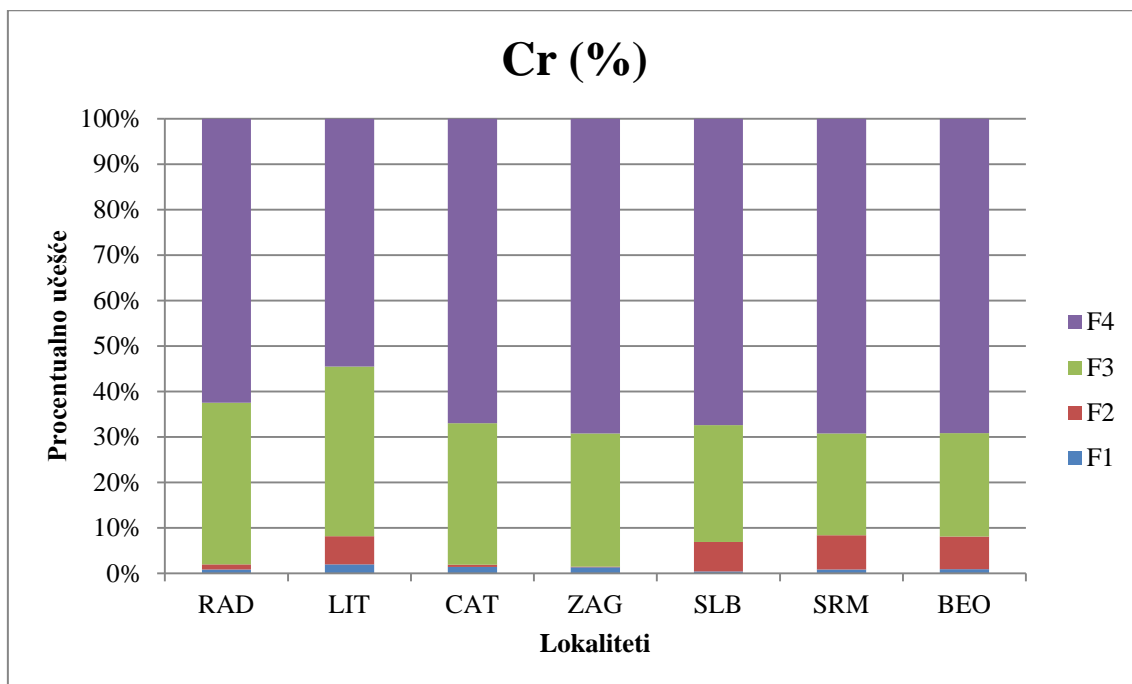
Grafik 40. – Raspodela Ba po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2014. godine



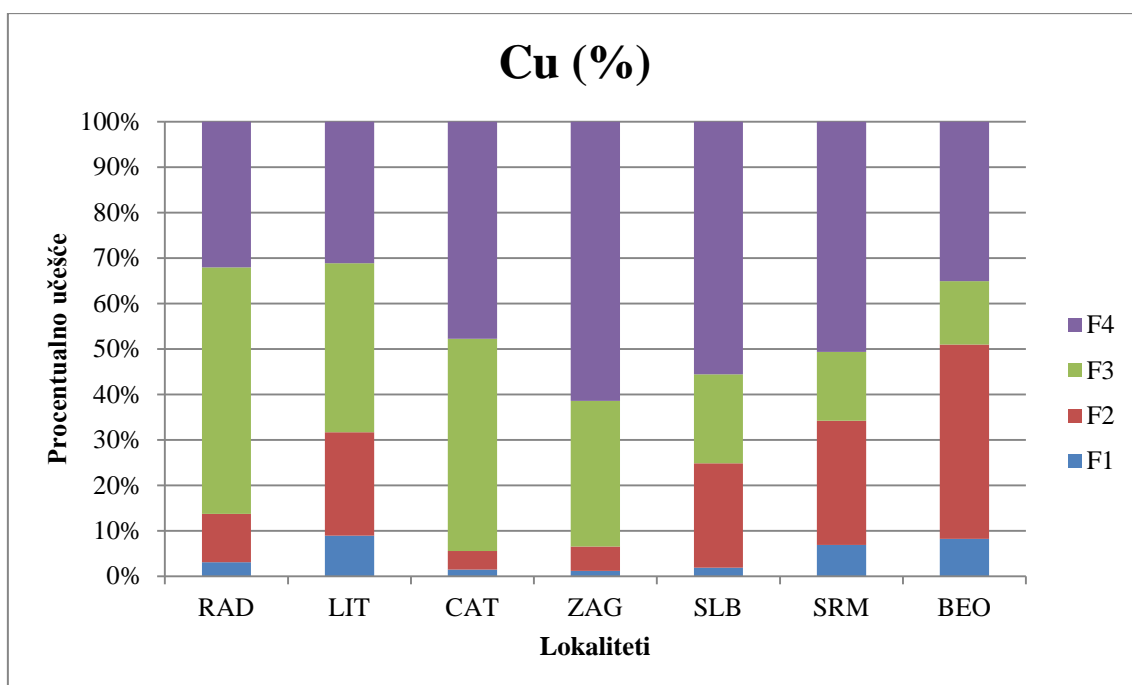
Grafik 41. – Raspodela Cd po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2014. godine



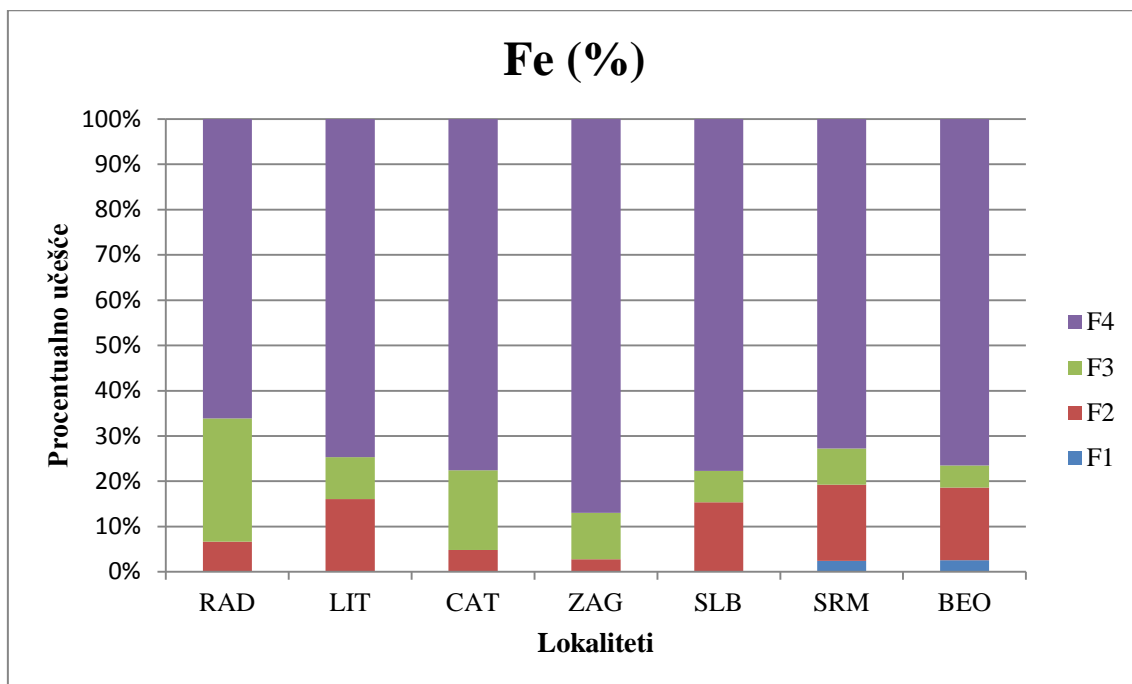
Grafik 42. – Raspodela Co po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2014. godine



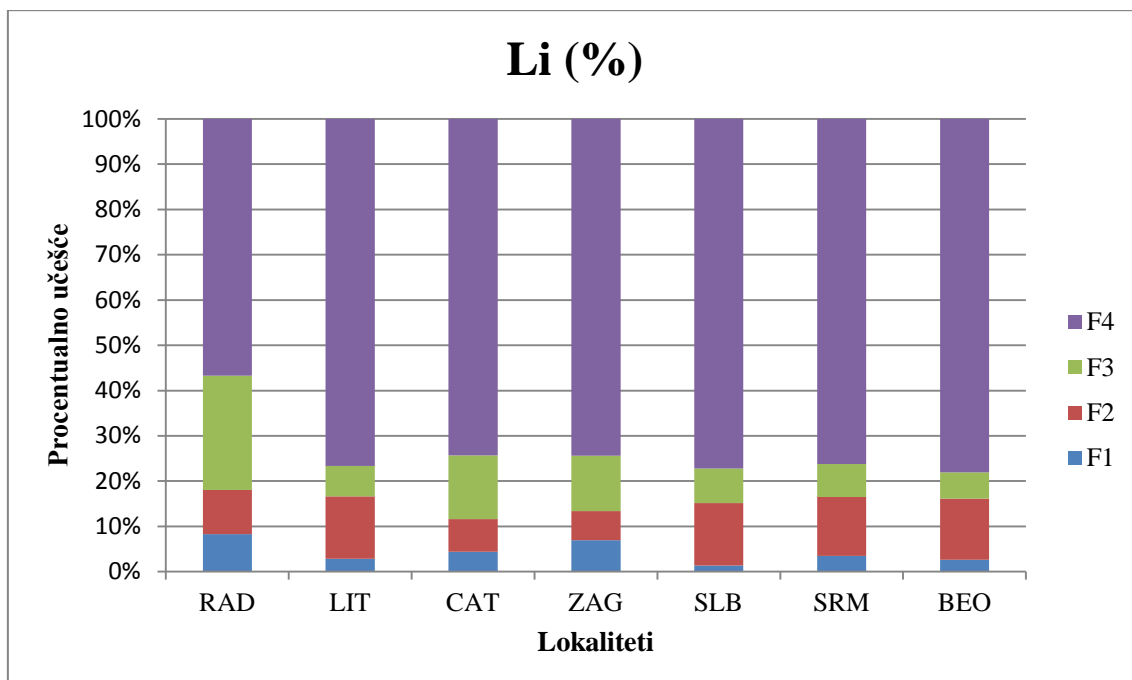
Grafik 43. – Raspodela Cr po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2014. godine



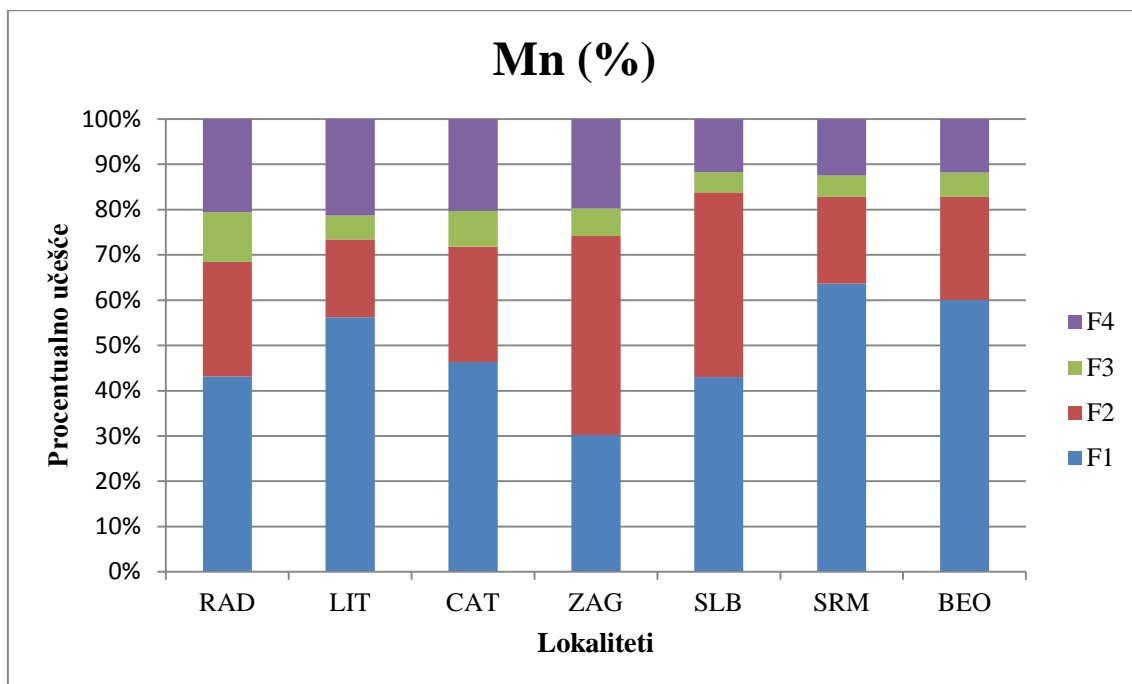
Grafik 44. – Raspodela Cu po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2014. godine



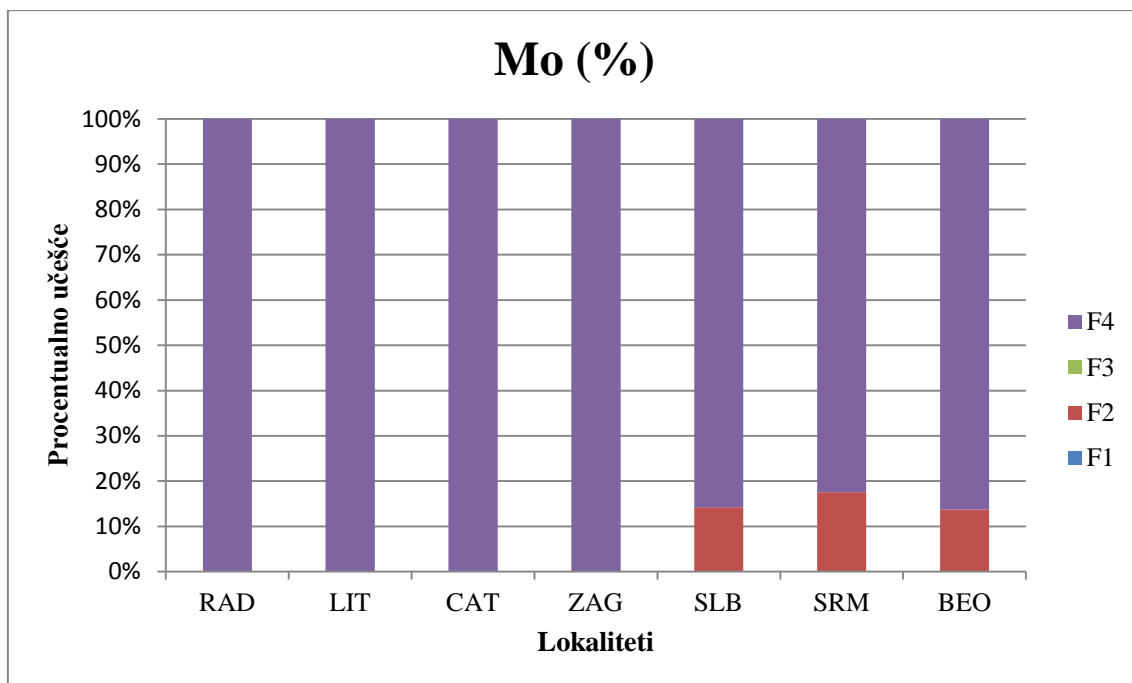
Grafik 45. – Raspodela Fe po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2014. godine



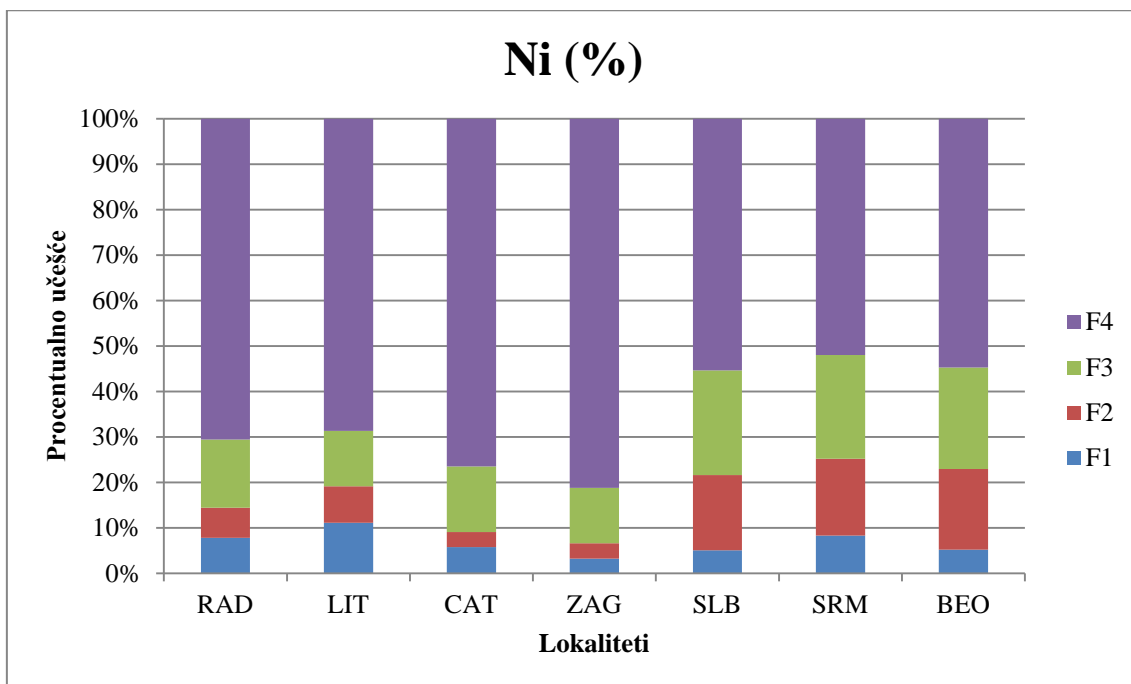
Grafik 46. – Raspodela Li po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2014. godine



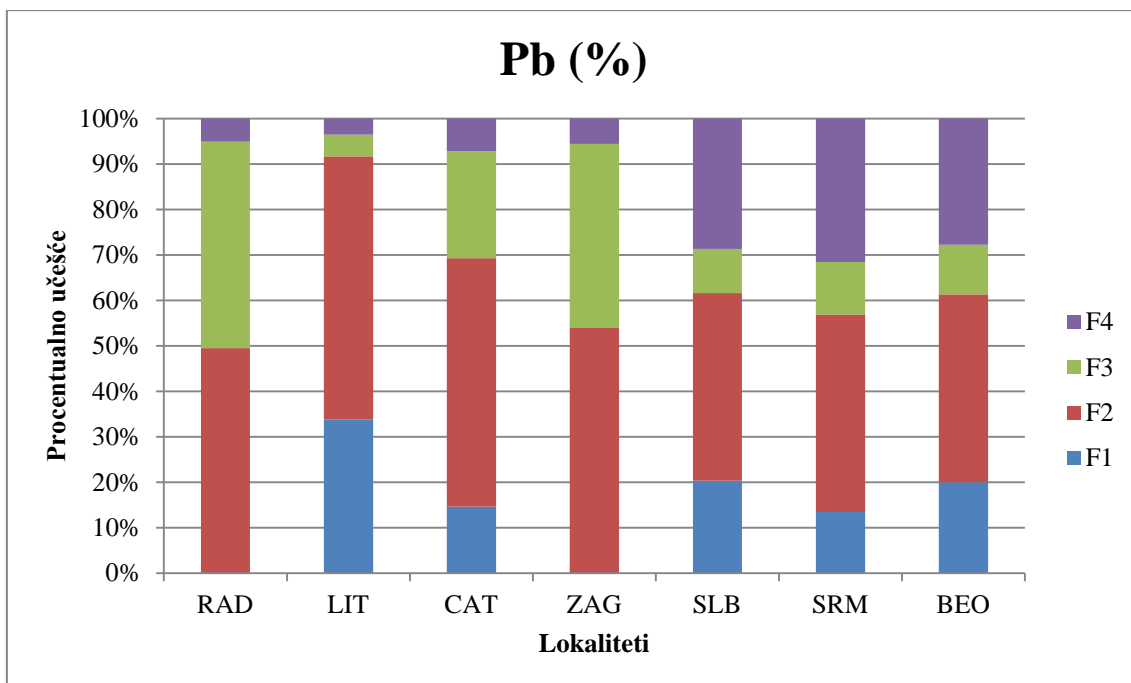
Grafik 47. – Raspodela Mn po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2014. godine



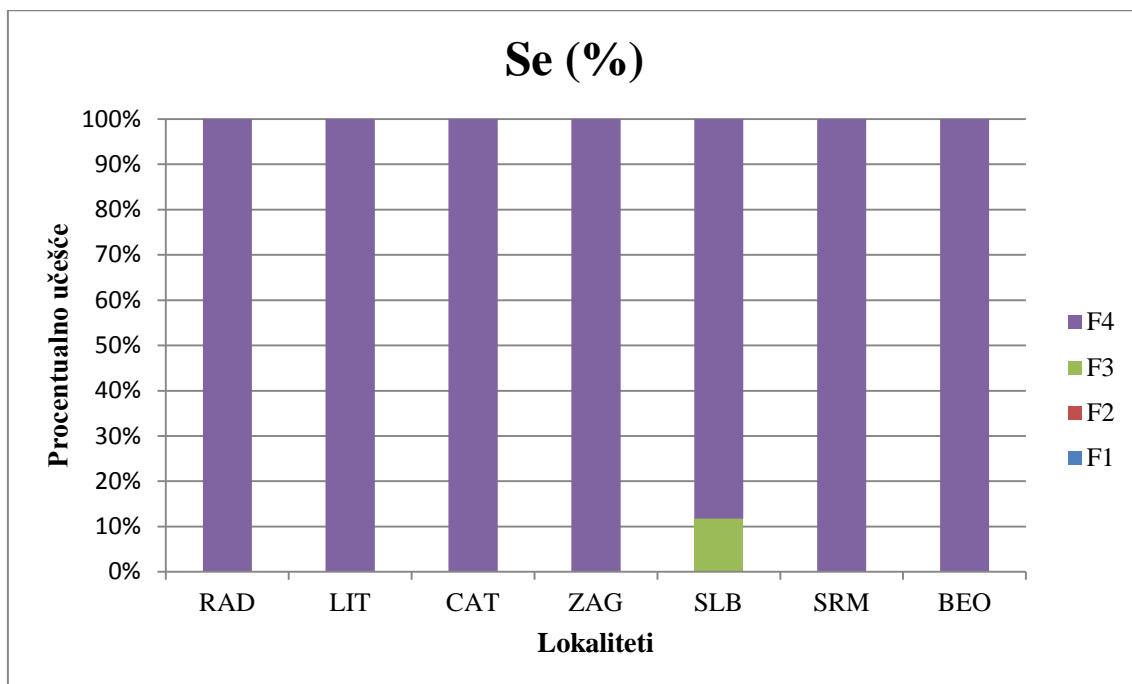
Grafik 48. – Raspodela Mo po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2014. godine



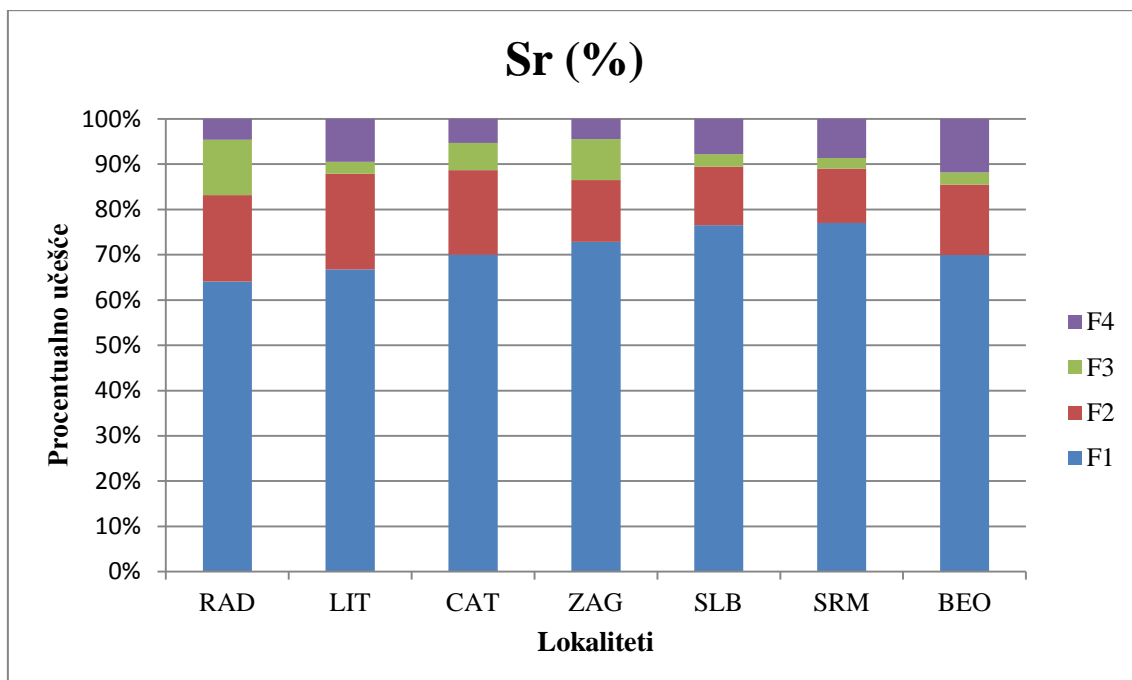
Grafik 49. – Raspodela Ni po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2014. godine



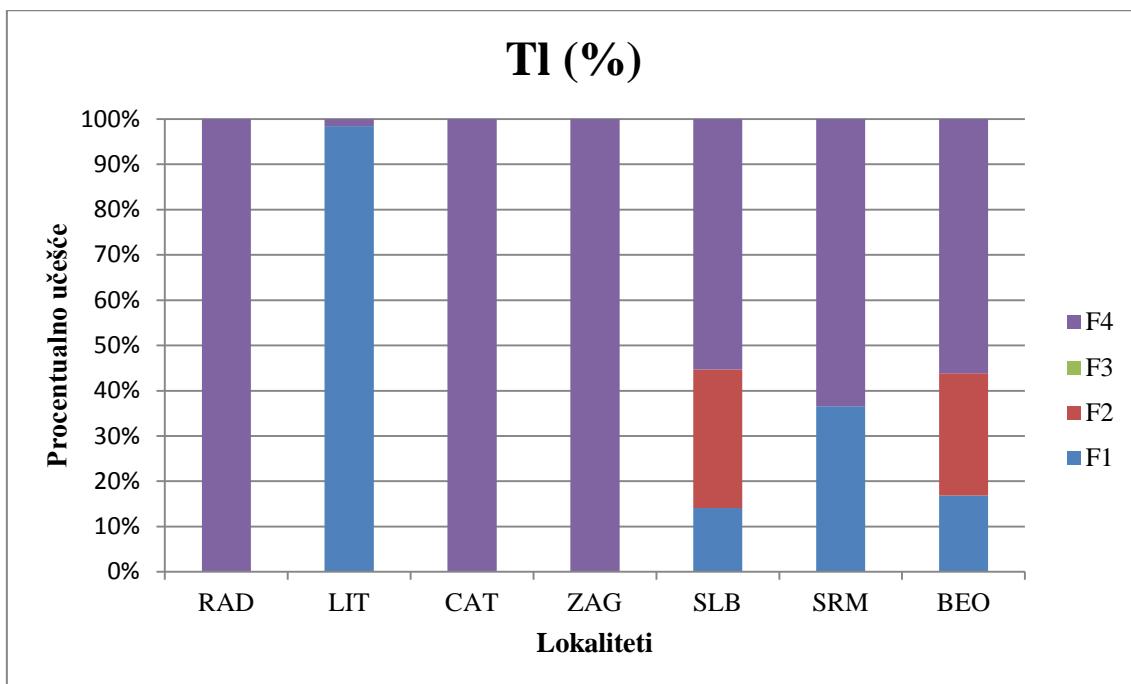
Grafik 50. – Raspodela Pb po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2014. godine



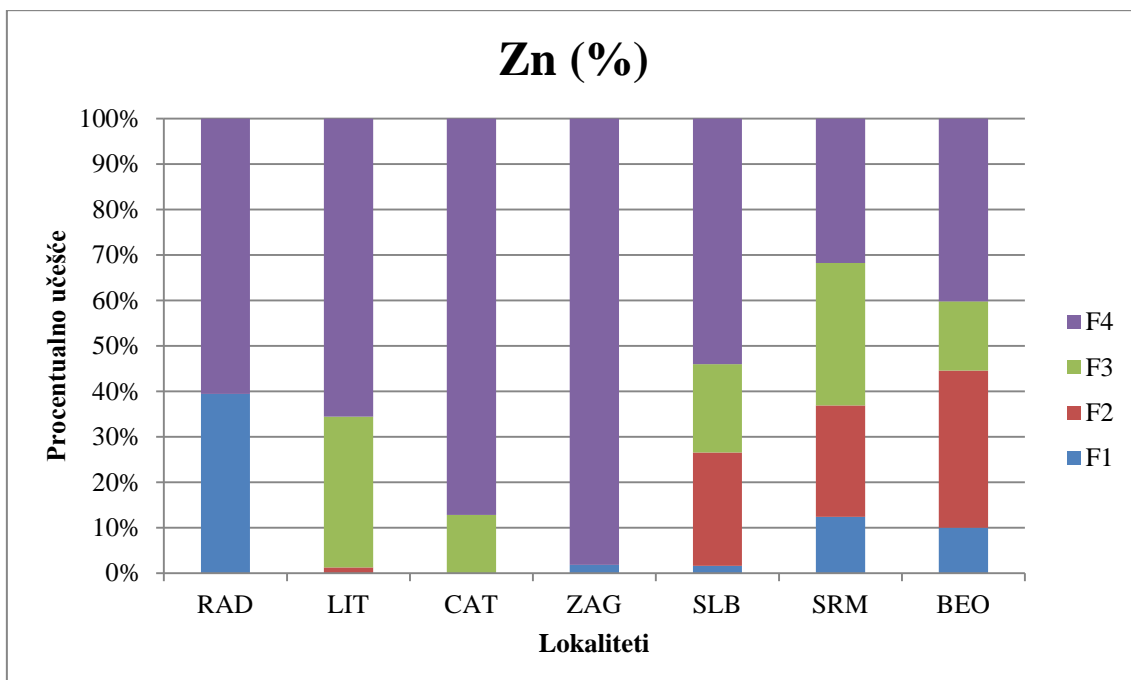
Grafik 51. – Raspodela Se po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2014. godine



Grafik 52. – Raspodela Sr po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2014. godine



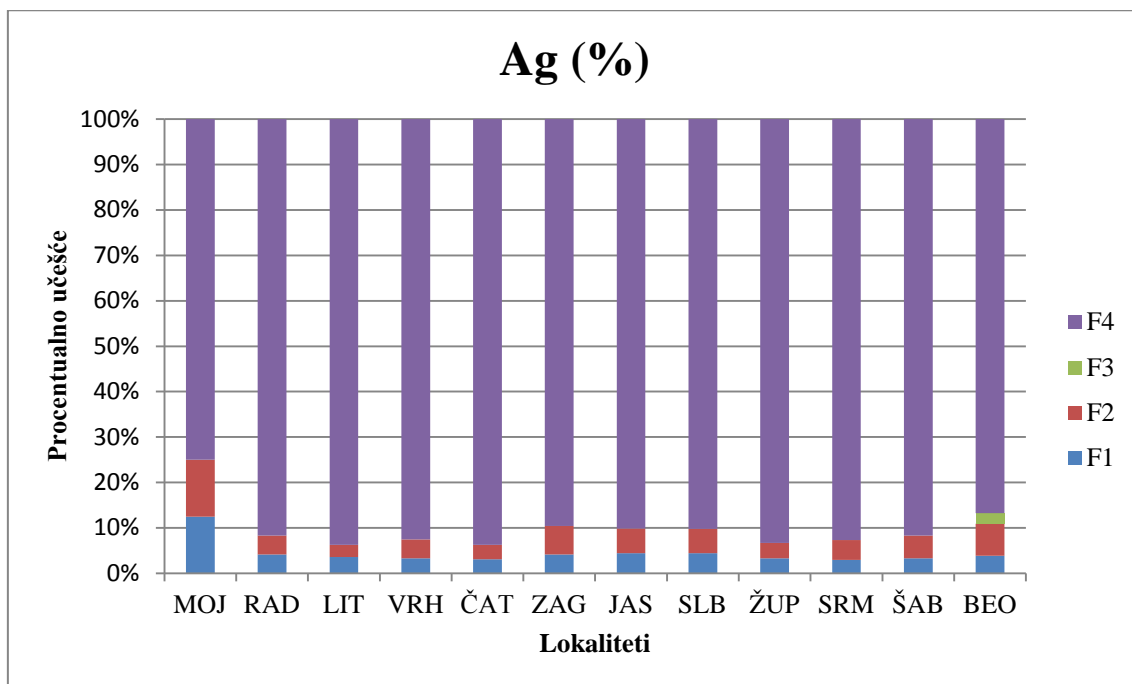
Grafik 53. – Raspodela Tl po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2014. godine



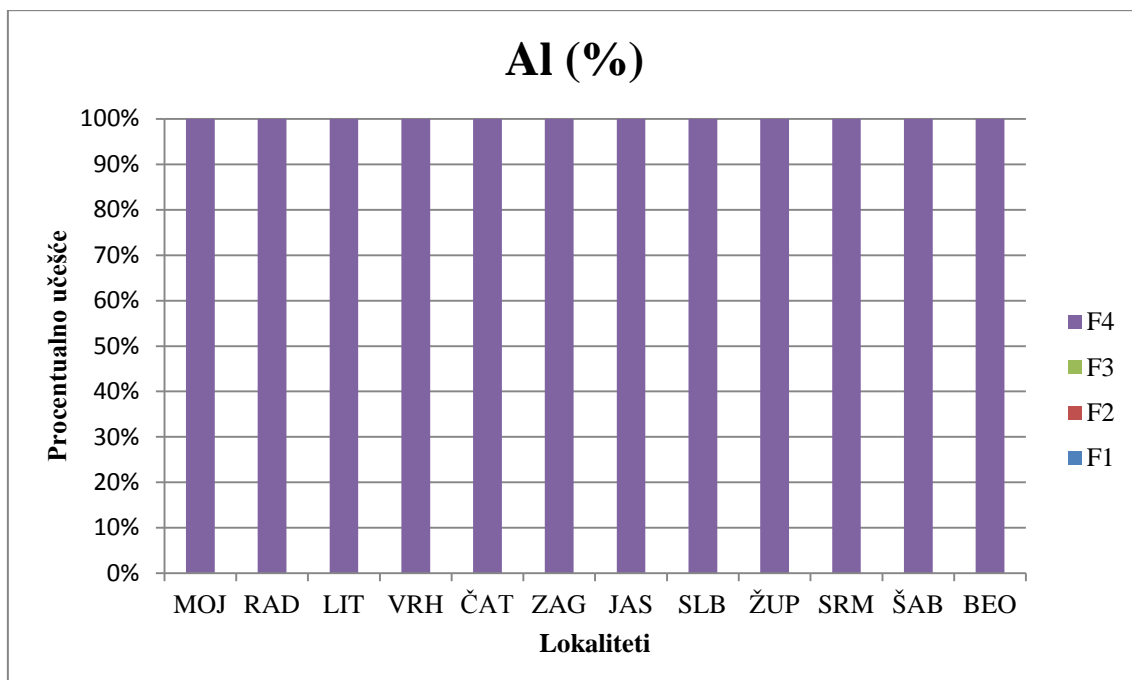
Grafik 54. – Raspodela Zn po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2014. godine

PRILOG 4

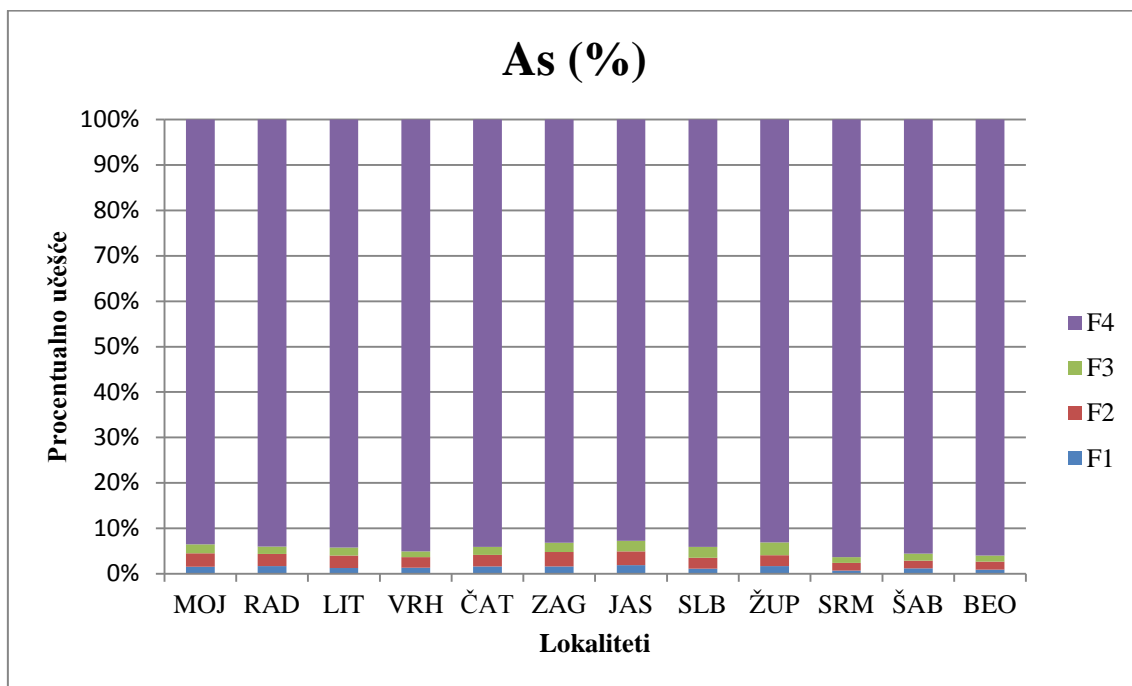
Raspodela ispitivanih elemenata (Ag, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Tl, Zn) po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta/nanosa iz 2015. godine



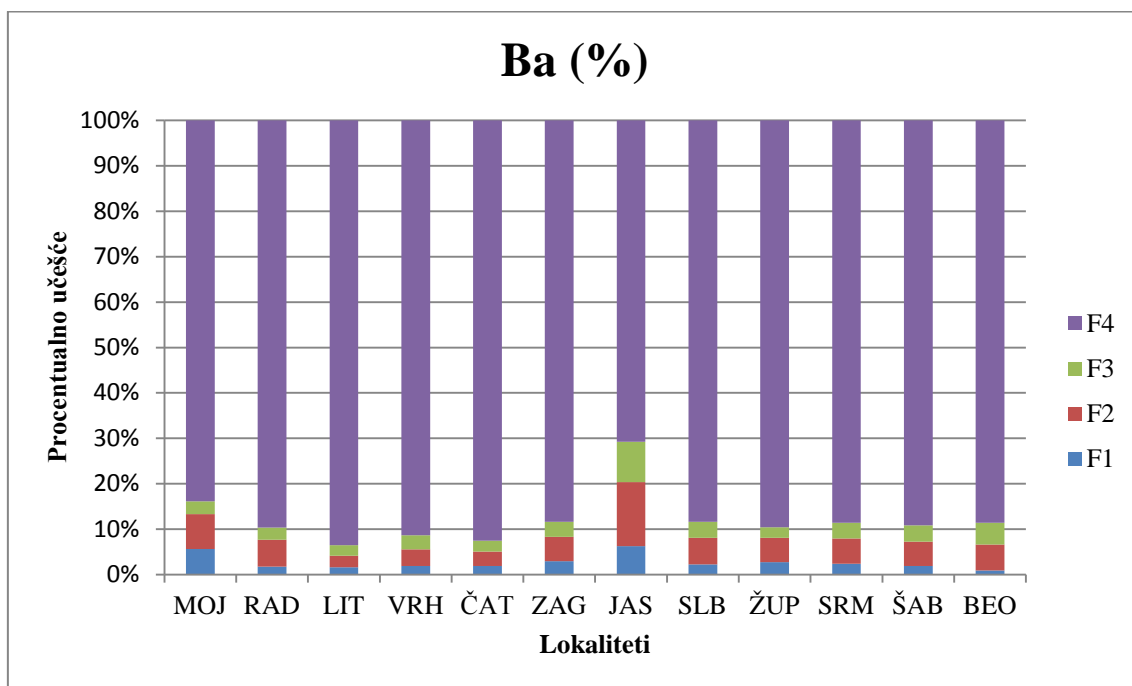
Grafik 55. – Raspodela Ag po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2015. godine



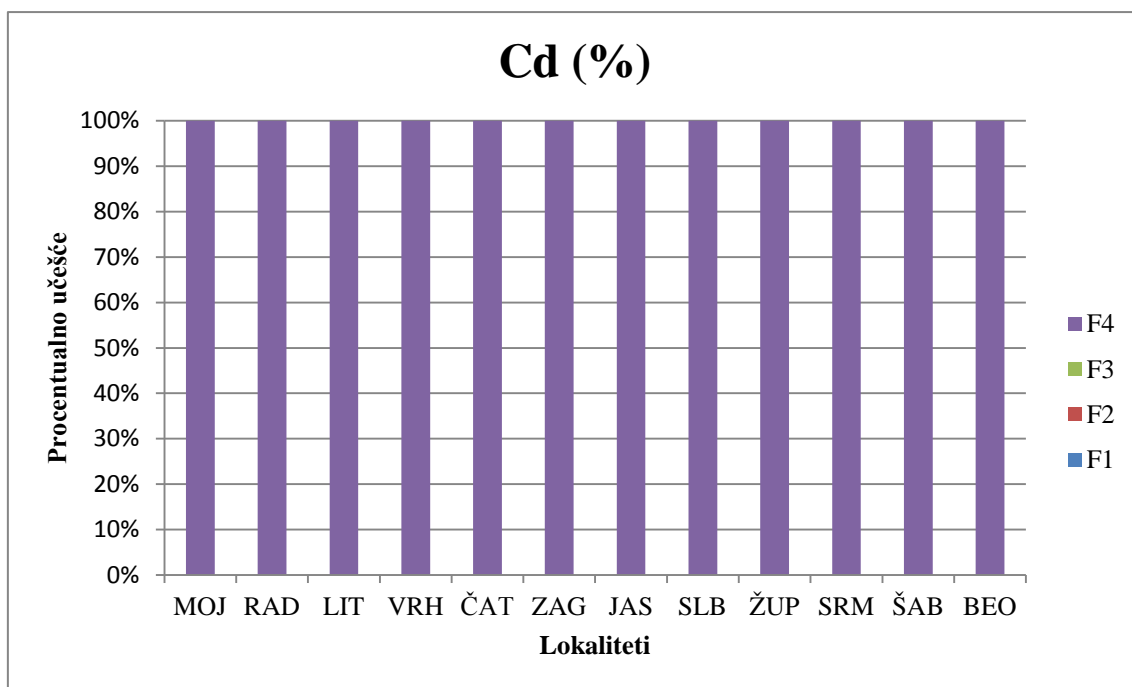
Grafik 56. – Raspodela Al po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2015. godine



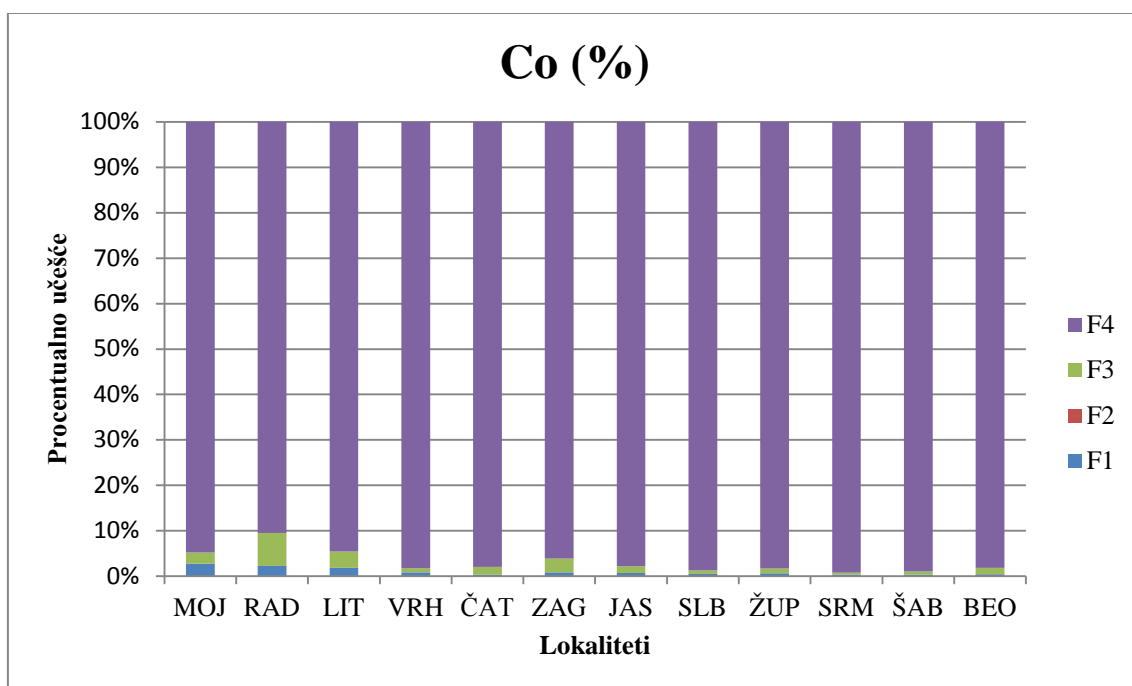
Grafik 57. – Raspodela As po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2015. godine



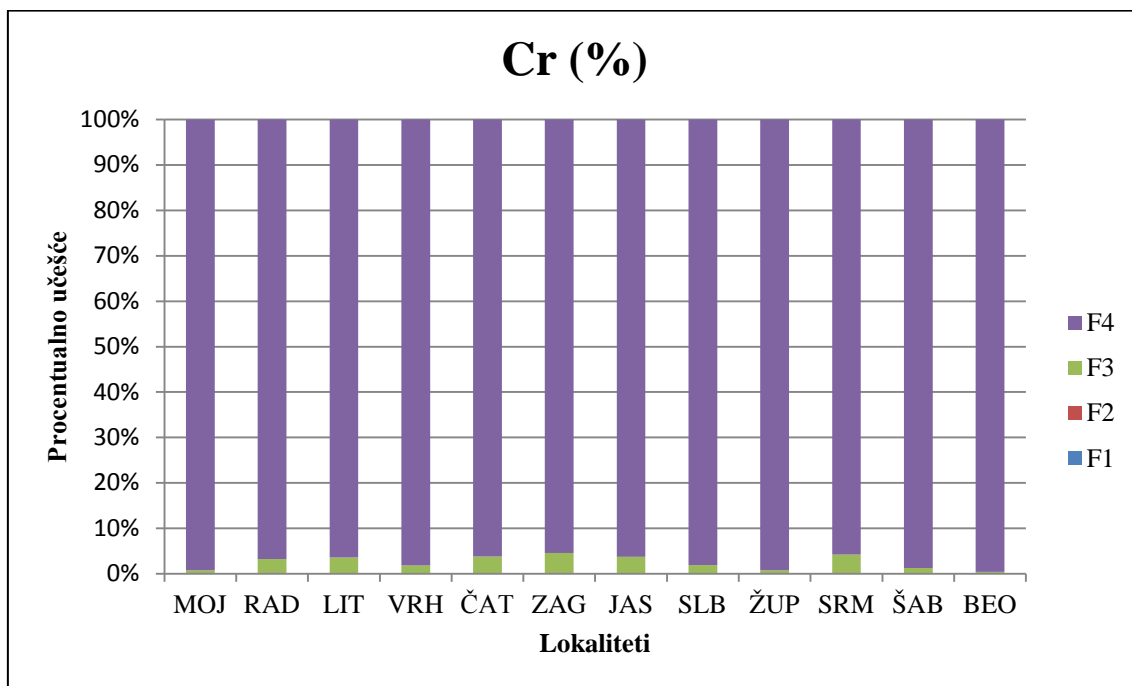
Grafik 58. – Raspodela Ba po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2015. godine



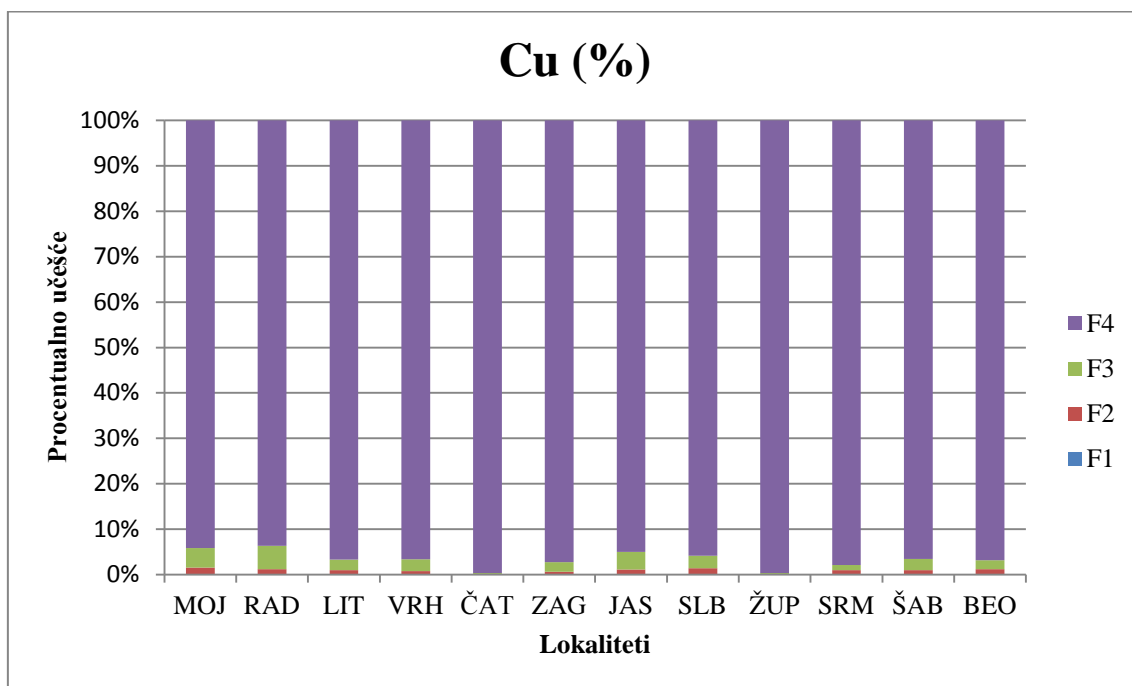
Grafik 59. – Raspodela Cd po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2015. godine



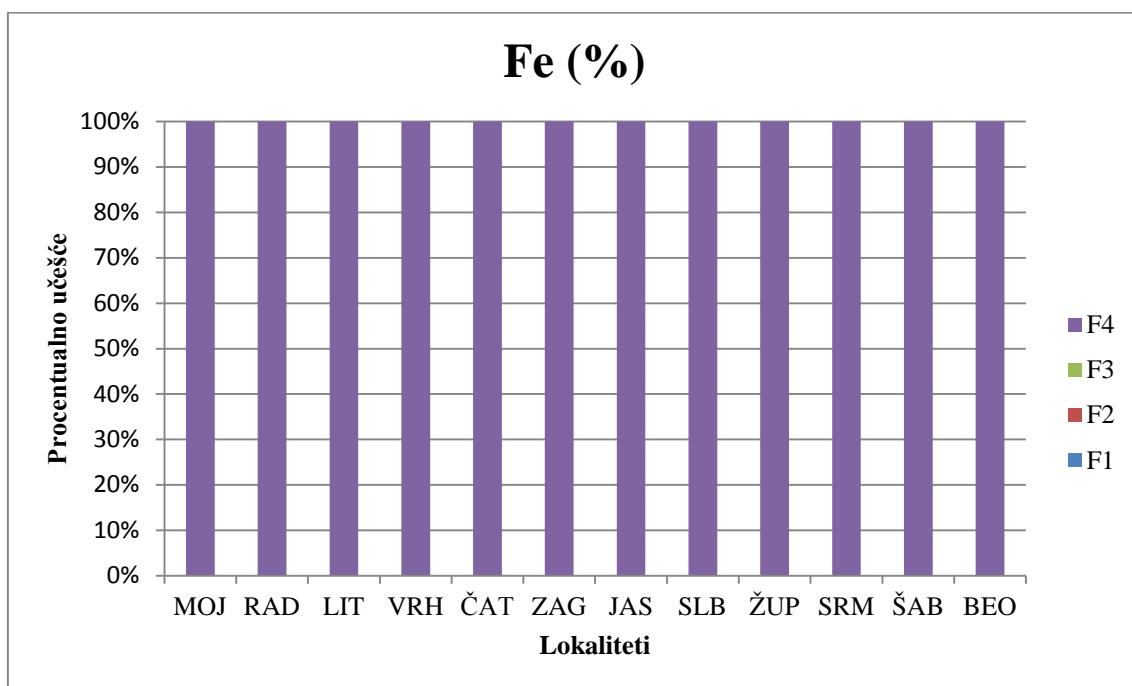
Grafik 60. – Raspodela Co po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2015. godine



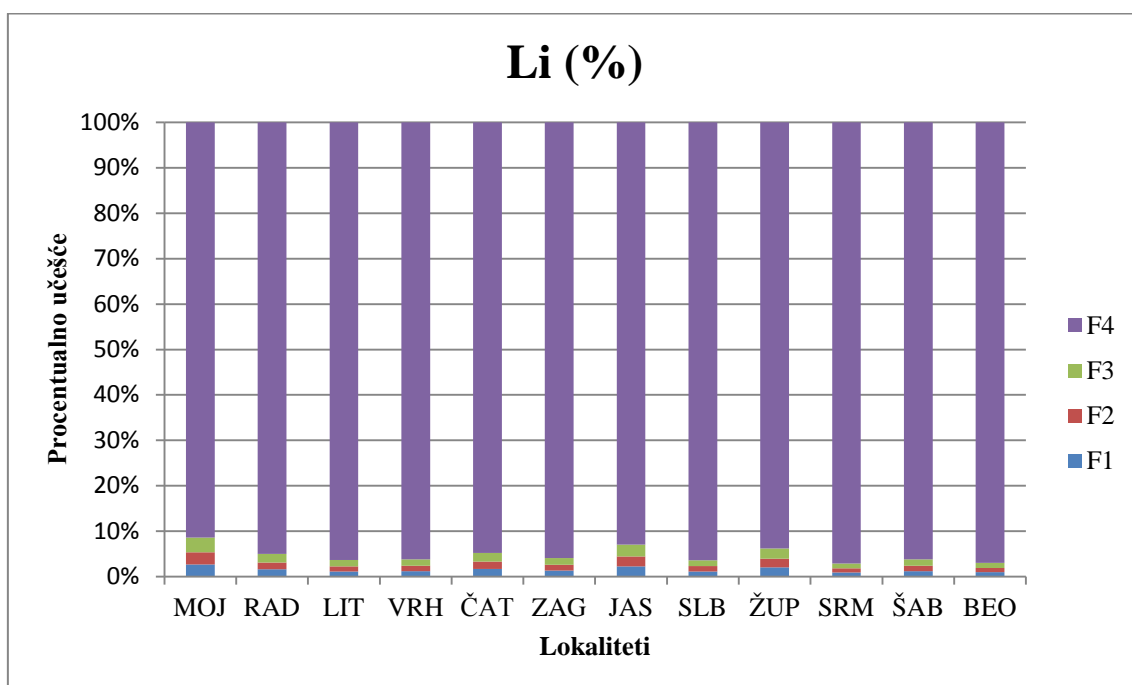
Grafik 61. – Raspodela Cr po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2015. godine



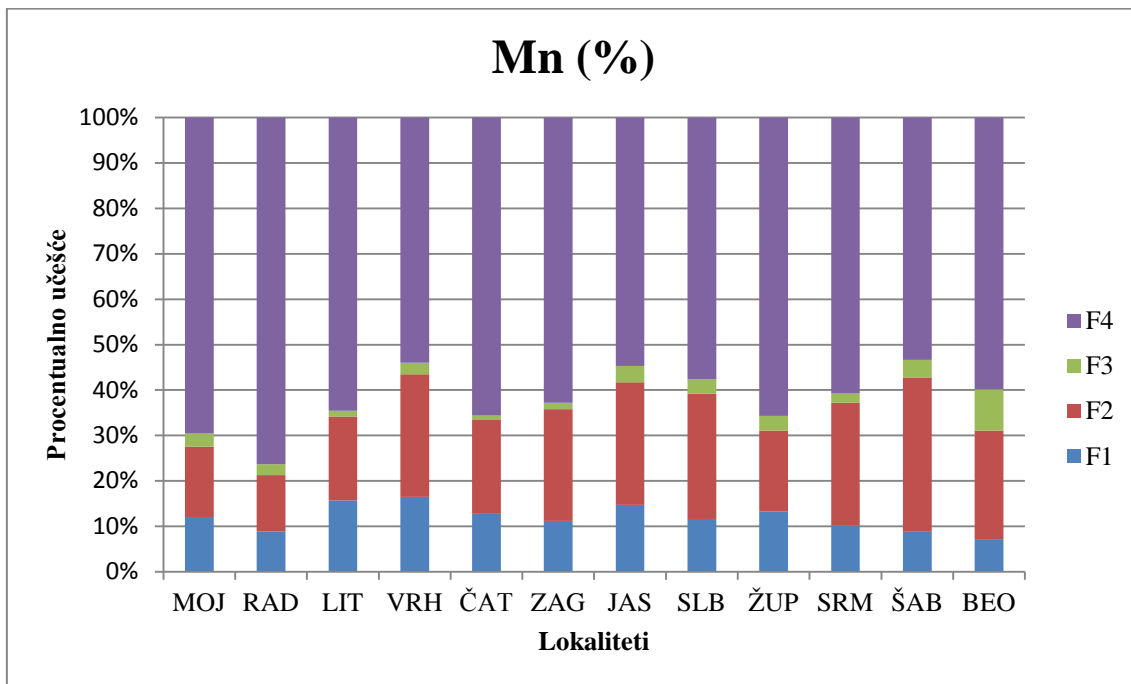
Grafik 62. – Raspodela Cu po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2015. godine



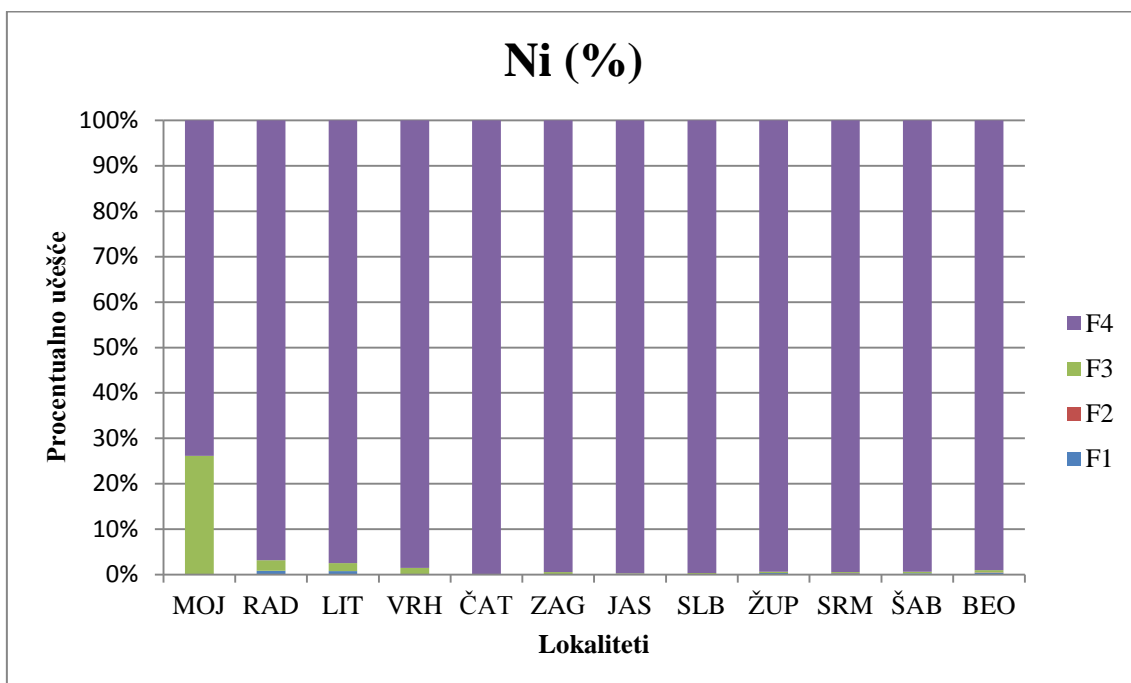
Grafik 63. – Raspodela Fe po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2015. godine



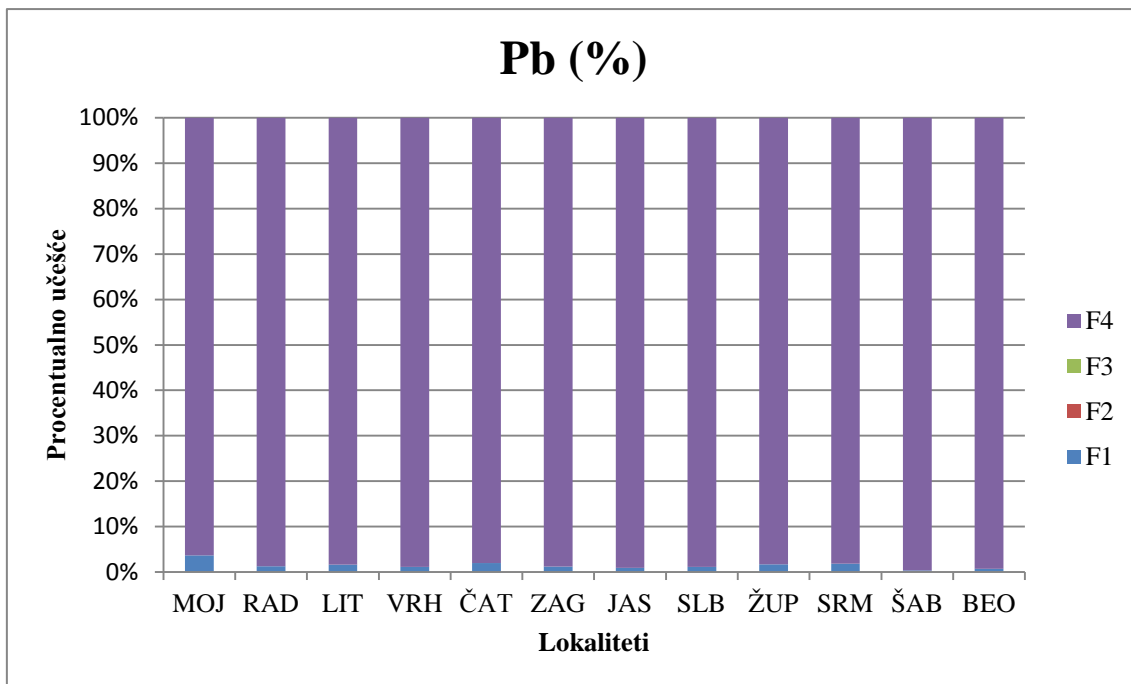
Grafik 64. – Raspodela Li po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2015. godine



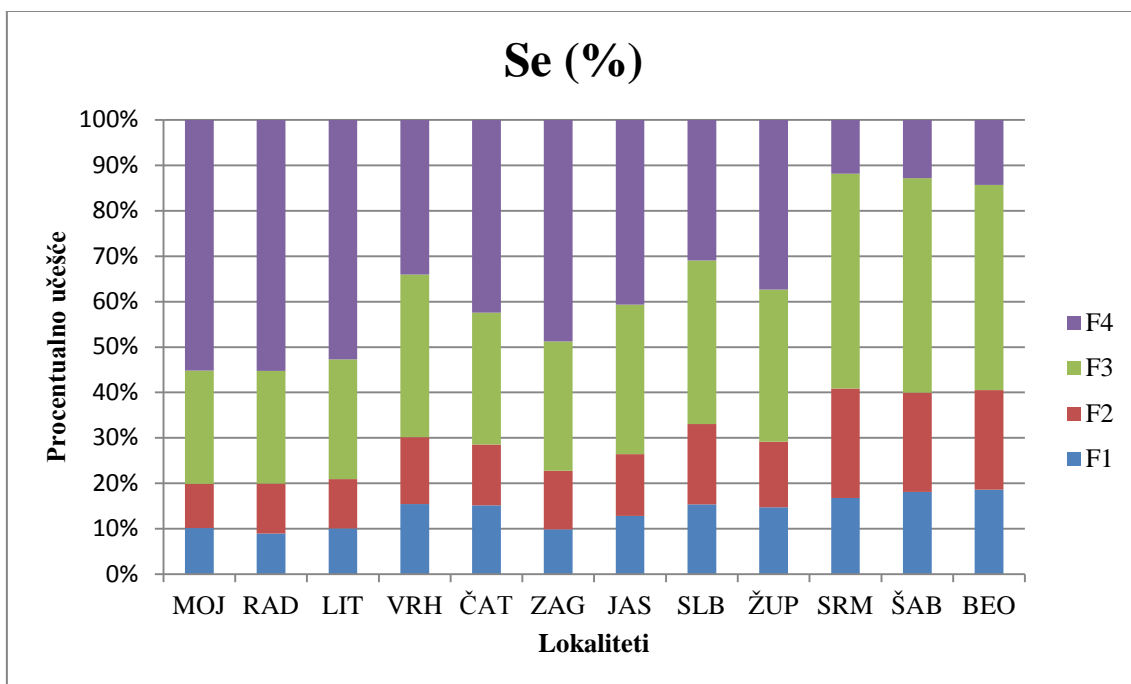
Grafik 65. – Raspodela Mn po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2015. godine



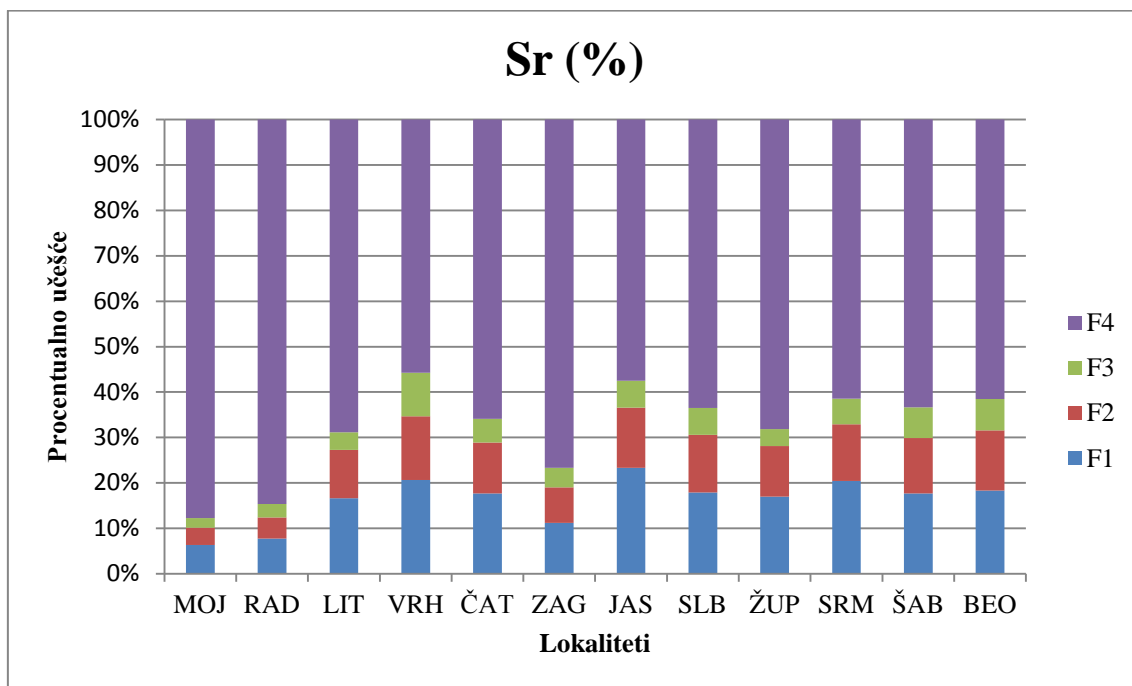
Grafik 66. – Raspodela Ni po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2015. godine



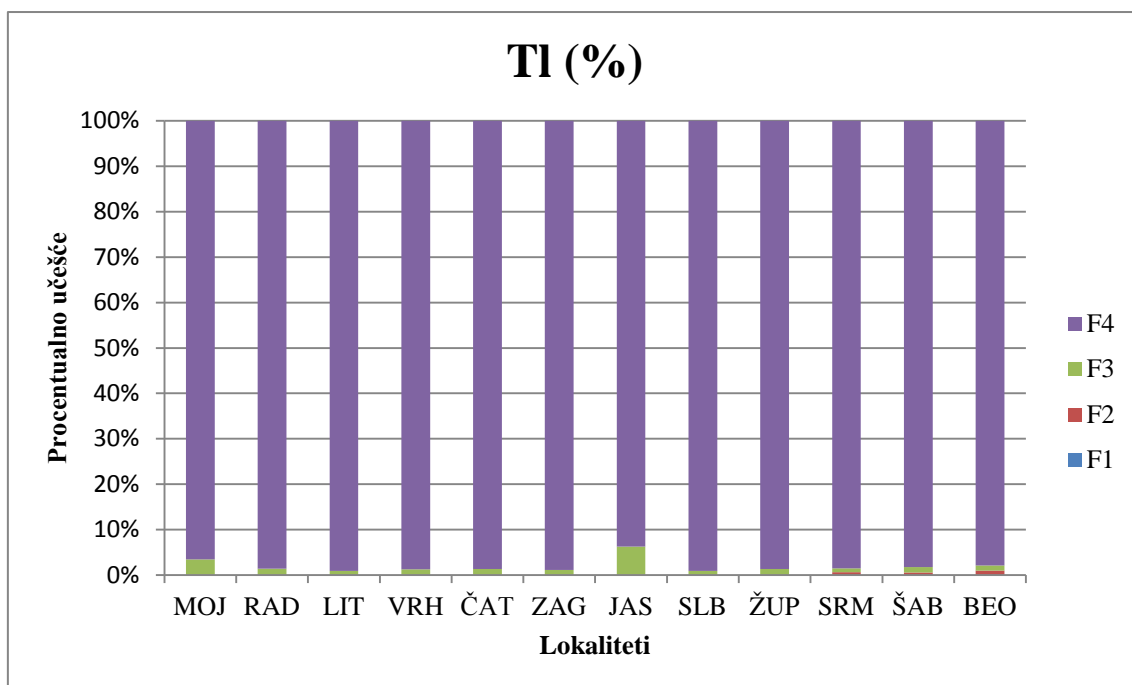
Grafik 67. – Raspodela Al po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2015. godine



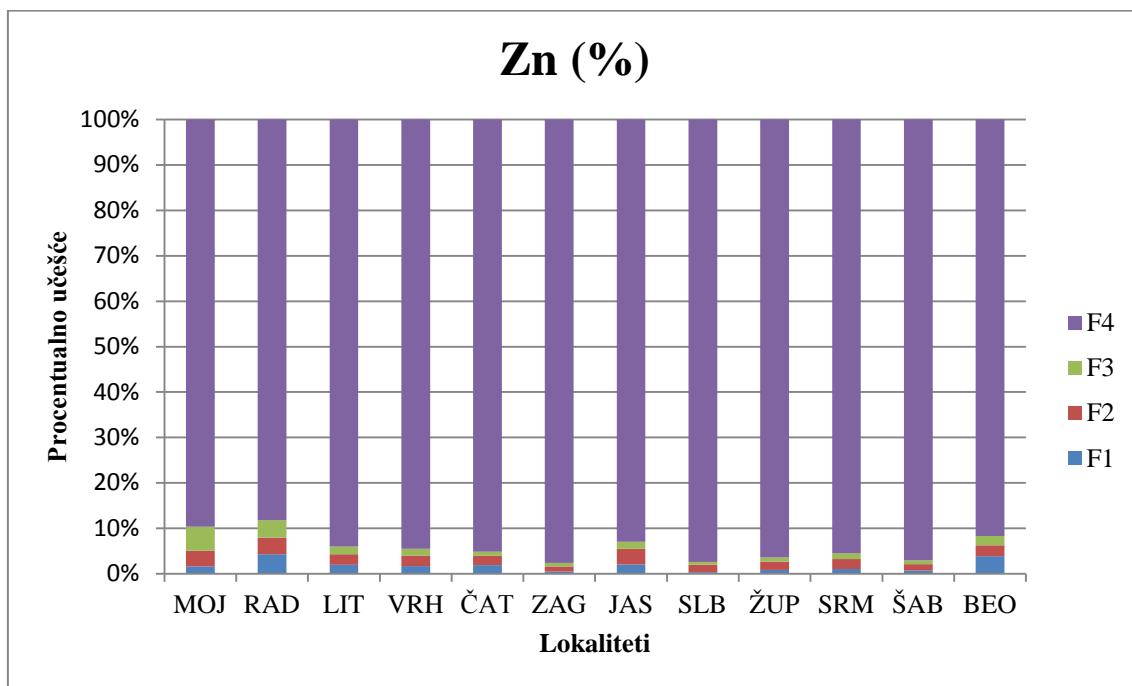
Grafik 68. – Raspodela Se po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2015. godine



Grafik 69. – Raspodela Sr po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2015. godine



Grafik 70. – Raspodela Tl po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2015. godine



Grafik 71. – Raspodela Zn po fazama sekvencijalne ekstrakcije (I, II, III, i IV faza) u uzorcima sedimenta iz 2015. godine

BIOGRAFIJA AUTORA

Milica D. Marković je rođena 21.10.1990. godine u Beogradu, gde je završila osnovnu školu „Jovan Dučić“ i Srednju turističku školu.

Školske 2009/2010 upisuje Šumarski fakultet, na odseku Ekološki inženjering u zaštiti zemljišnih i vodnih resursa gde je diplomirala 2014. godine sa prosečnom ocenom 9,01/10. Tokom osnovnih studija bila je aktivni član studentskog foruma WASWC (World Association of Soil and Water Conservation) sa kojim je učestvovala na 6. Internacionalnom kongresu ESSC (European Society for Soil Conservation) u Solunu, sa prezentacijom na temu "Learning by doing: Student's Forum of World Association of Soil and Water Conservation". Školske 2014/2015 upisuje master studije na matičnom fakultetu i odseku, i završava studije sa prosekom 10/10.

Jula 2015. godine, počinje sa radom na Odeljenju za ekologiju Instituta za biološka istraživanja „Siniša Stanković“ – Instituta od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerziteta u Beogradu kao istraživač pripravnik. Iste godine upisuje doktorske studije na Šumarskom fakultetu na modulu Ekološki inženjering u zaštiti zemljišnih i vodnih resursa. Od juna 2018. godine radi kao istraživač saradnik. Od zasnivanja radnog odnosa Milica D. Marković je angažovana u realizaciji više naučnih i aplikativnih projekata od kojih su najznačajniji: naučni projekat osnovnih istraživanja, finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (ON173018) pod nazivom “Ekofiziološke adaptivne strategije biljaka u uslovima multipnog stresa” (2011-2019), pod rukovodstvom dr Pavla Pavlovića i međunarodni FP7 projekat „GLOBAQUA Managing the effects of multiple stressors on aquatic ecosystems under water scarcity“ finansiran od strane Evropske komisije, grant 603629 (2014-2019), pod rukovodstvom dr Damià Barceló.

Milica D. Marković je autor/koautor 6 radova publikovanih u međunarodnim časopisima iz kategorije M20, 1 rada publikovanog u nacionalnom časopisu kategorije M50, i 13 saopštenja na naučnim skupovima od međunarodnog i nacionalnog značaja.

Iz ove doktorske disertacije su proistekla 2 naučna rada publikovana u međunarodnim časopisima iz kategorije M21 i M21a kao i 2 saopštenja na naučnim skupovima međunarodnog značaja.

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора _____ Милица Д. Марковић _____

Број индекса _____ 04-2015 _____

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Дистрибуција тешких метала у земљиштима рипаријалне зоне реке Саве

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, _____

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Милица Д. Марковић

Број индекса 04-2015

Студијски програм Еколошки инжењеринг у заштити земљишних и водних ресурса

Наслов рада Дистрибуција тешких метала у земљиштима рипаријалне зоне реке Саве

Ментор др Снежана Белановић Симић, редовни професор, Универзитет у Београду
Шумарски факултет и др Павле Павловић, научни саветник, Институт за биолошка
истраживања „Синиша Станковић“ – Институт од националног значаја за Републику Србију,
Универзитет у Београду

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду.**

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис аутора

У Београду, _____

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Дистрибуција тешких метала у земљиштима рипаријалне зоне реке Саве

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)

2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)

3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)

5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)

6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.

Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

Потпис аутора

У Београду, _____

1. **Ауторство.** Дозвољава се умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољава се умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољава се умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољава се умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољава се умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољава се умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.