



**PRISUSTVO TEŠKIH METALA U POVRŠINSKIM
I INDUSTRIJSKIM OTPADNIM VODAMA
NA PODRUČJU OPĆINE LUKAVAC**

IZDAVAČ:**Centar za ekologiju i energiju**

Filipa Kljajića 22, 75000 Tuzla, BiH

tel: ++387 35 249 310, fax: ++ 387 35 249 311

<http://ekologija.ba/>

Autori:

Abdel Đozić, abdel.inzio@gmail.com; voditelj projekta

Irma Hodžić, irmanuhbegovic@hotmail.com; saradnik na projektu

Centar za ekologiju i energiju

Denis Žiško, denis.zisko@ekologija.ba

Analiza uzoraka:

ARNIKA - Toxics and Waste Programme

<http://arnika.org/>

Štampa:

OFF-SET Štamparija Tuzla



Publikacija je urađena uz finansijsku pomoć Evropske unije. Za sadržaj publikacije odgovoran je isključivo Centar za ekologiju i energiju, te on ne predstavlja nužno stajalište Evropske unije.



Prisustvo teških metala u površinskim i industrijskim otpadnim vodama na području općine Lukavac

energytransport&naturalresources



Tuzla, decembar 2016.

Sadržaj:

1. OSNOVNE KARAKTERISTIKE RIJEKE SPREČE I JEZERA MODRAC	2
2. IZVORI ONEČIŠĆENJA	4
2.1. Proizvodnja kalcinirane sode	4
2.1.1. Opis taložnice „Bijelo more“	5
2.1.2. Opis taložnice „Crno more“	6
2.1.3. Naplavni sediment jezera Modrac	6
2.1.4. Otpadni tok sa postrojenja za prečišćavanje amonijačno fenolnih otpadnih voda	7
3. TOKSIKOLOŠKE OSOBINE TEŠKIH METALA	8
3.1. Arsen	8
3.2. Hrom	9
3.3. Kadmij	9
3.4. Olovo	10
3.5. Živa	11
3.6. Barij	12
3.7. Bakar	12
3.8. Nikl	12
3.9. Kobalt	13
3.10. Aluminij	13
4. REZULTATI ANALIZE SADRŽAJA TEŠKIH METALA U SEDIMENTU	14
5. KVALITET TLA NA PLAVNIM PODRUČJIMA RIJEKE SPREČE	16
6. KVALITET INDUSTRIJSKIH OTPADNIH VODA	18
7. ZAKLJUČCI	20
8. LITERATURA	21

Uvod

Voda je neophodna za održavanje života, stoga dovoljne količine ovog prirodnog resursa moraju biti osigurane i lako dostupne svima. Istovremeno, zdravstveno neispravna voda za piće i/ili za higijenske potrebe predstavlja značajan zdravstveni rizik za opću populaciju. Upoređujući utvrđeni kvalitet voda u vodotocima Tuzlanskog bazena na osnovu objavljenih istraživanja sa propisanim kategorijama proizilazi da su skoro svi vodotoci u lošijem stanju od zakonom propisanog. Većina površinskih voda-vodotoka je i dalje onečišćena ili se smatra „mrtvim“ vodotocima, takođe nema vidljivih pomaka u daljem sprječavanju onečišćenja vodotoka, istovremeno potreba za vodom raste i u narednom periodu ona će biti posebno izražena zbog planiranje izgradnje ekološki potpuno neprihvatljivih termoenergetskih postrojenja ili proširenja postojećih industrijskih kapaciteta.

Uzroci smanjene kvalitete vode mogu se podijeliti na prirodne (prouzrokovane geološkom podlogom) i antropogene (prouzrokovane ljudskom aktivnošću). Antropogeni izvori su uzročnici anorganskog i mikrobiološkog te organskog onečišćenja podzemne vode, kao npr. poljoprivreda i šumarstvo (zbog ekstenzivne primjene pesticida i uzgoja životinja), različite industrijske grane (hemijska, metalna, proizvodnja električne energije, prehrambena, eksploatacija uglja, mesna), sve navedene industrijske aktivnosti u slivnom području rijeke Spreče i jezera Modrac vrše emisiju otpadnih voda bez odgovarajućeg tretmana. Osim otpadnih voda iz industrije, dodatno opterećenje predstavljaju komunalne otpadne vode, u slivnom području rijeke Spreče samo urbana zona Živinica ima djelomično riješen sistem za prečišćavanje ove vrste otpadnih voda, postojećem postrojenju nedostaje pogon za tretman mulja nastalog u biološkom procesu prečišćavanja otpadne vode. Posebnu kategoriju otpadnih voda koje imaju izrazit negativan uticaj na vodeni ekosistem predstavljaju procjedne deponijske vode sa brojnih nelegalnih odlagališta komunalnog otpada, takođe odlagališta koja ispunjavaju minimalne uslove za odlaganje komunalnog otpada nemaju riješen tretman svojih procjednih voda. Otpadne vode sa poljoprivrednih površina pripadaju kategoriji voda sa visokim sadržajem nutrijenata posebno fosfora koji je odgovoran za ubrzanu eutrofikaciju (nekontrolisan rast algi) jezera Modrac.

Teški metali pripadaju skupini onečišćujućih materija koji jednom uneseni u okoliš se ne razgrađuju i dugoročno u zavisnosti od hemijskog stanja recipijenta ostvaruju negativan uticaj na akvatičnu floru i faunu. Neki od njih, poput željeza, cinka, nikla, mangana, molibdena, hroma, bakra i kobalta esencijalni su za pravilno funkcioniranje organizma, pa njihov nedostatak može biti štetan za organizam, isto kao i njihova visoka koncentracija u organizmu. U neesencijalne se ubrajaju živa, olovo, kadmij, arsen, nikel i kositar i oni nemaju poznatu funkciju u organizmu te mogu biti štetni po zdravlje čovjeka, a njihovi štetni učinci ovise o unesenoj količini (dozi), oksidacijskom stanju i hemijskom obliku. Teški metali se nalaze u Zemljinoj atmosferi, hidrosferi, biosferi i litosferi, ne razgrađuju se već kruže u prirodi u različitim oksidacijskim i hemijskim oblicima. Emisije iz antropogenih izvora povećavaju prirodno prisutne razine teških metala u okolišu. Vodene i zračne struje prenose ih na velike udaljenosti od izvora onečišćenja, tako dolaze u tlo i

biljke, a prehrambenim lancem i u životinje te u konačnici i u čovjeka. Od 113 poznatih elemenata, 17 su nemetali, a 7 su polumetali. Često se pojedini povezuju sa akutno toksičnim (arsen, barij, hrom, živa, nikl, olovo i kalaj), kancerogenim (arsen, kobalt, hrom, nikl, platina), imunogenim (zlatu, kobalt, hrom, nikl, platina), teratogenim (živa), spermotoksičnim (kadmij, živa, nikl, olovo, talij), nefrotoksičnim (kadmij, uran), neurotoksičnim (aluminij, živa, magnezij, mangan, olovo, kalij, talij), genotoksičnim (kobalt, hrom) i alergogenim (hrom, nikl, platina, paladij)¹. Od svih teških metala, čak i u malim količinama, **najveći negativan uticaj po ljudski organizam imaju: arsen, kadmij, olovo, nikl, živa, mangan i molibden**. Navedeni teški metali pokazuju sklonost ka bioakumuliranju tokom vremena, kada se njihov efekat ne iskazuje kao akutni, već dovodi do hroničnih, degenerativnih promjena na pojedinim životno važnim organima: jetri, kostima, slezeni, mozgu itd.

Rijeka Spreča prema izvorima koji datiraju iz austrugarskog perioda je bila jedna od najbogatijih rijeka u pogledu brojnosti i vrsti ihtiofaune. Međutim, njeno intenzivno onečišćenje počinje polovinom pedesetih i početkom šestdesetih godina prošlog vijeka, gdje se navedeni vodotok koristi na području Tuzlanskog bazena za snabdijevanje tehnološkom vodom industrijskih kapaciteta i recipijent ukupnih industrijskih i komunalnih otpadnih voda. Zbog nepovoljnog prirodnog režima voda u slivu rijeke Spreče (nedostatak i neravnomjerna raspodjela voda), došlo je do prekomjernog i nekontroliranog onečišćenja voda u otvorenim vodotocima i veoma izraženog deficita u vodi za potrebe stanovništva i privrede. Jezero Modrac je najveća vještačka akumulacija na području Bosne i Hercegovine i najznačajniji vodeni resurs Tuzlanskog kantona, voda iz navedene akumulacije se koristi kao tehnološka i kao voda za piće. Od samog nastanka akumulacije prisutan je problem njenog zagađivanja uslijed konstantnog taloženja sedimenta koji se u jezero unosi rijekama Sprečom i Turijom.

Cilj ovog dokumenta je upoznavanje šire društvene zajednice o prisustvu teških metala u površinskim i industrijskim otpadnim vodama na području općine Lukavac i njihovog mogućeg negativnog uticaja na zdravlje opće populacije sa posebnim osvrtom na urbano područje Lukavca. Sudjelovanje javnosti je težak i dugotrajan proces, ali se dugoročno isplati jer javnost snosi odgovornost za odluke, lakše ih prihvaća, manje je nezadovoljstvo, a obostrana korist. Svaki pojedinac ima pravo na zdravu okolinu, te ima odgovornost, ličnu i društvenu, da štiti i poboljša stanje okoline na dobrobit sadašnjih i budućih generacija. Samo zajedničke akcije na lokalnom, nacionalnom, regionalnom i globalnom nivou mogu osigurati održivi razvoj a time i zdravije okruženje.

¹http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241572345_eng.pdf.

1. OSNOVNE KARAKTERISTIKE RIJEKE SPREČE I JEZERA MODRAC

Dužinom od 147,3 km, i površinom sliva od 1.932 km², Spreča je najveća pritoka rijeke Bosne. Geografski, sliv rijeke Spreče je dio šireg sliva rijeke Bosne, koji zajedno sa slivovima Une, Vrbasa i Drine čini sliv rijeke Save. Sliv Spreče, kao najznačajniji vodni resurs u Tuzlanskom kantonu, obuhvata 12 opština (od toga 8 u Tuzlanskom kantonu), u njemu živi i radi 483.425 stanovnika (10% teritorije FBiH i 24% stanovništva FBiH), a obuhvata i najveći dio najmnogoljudnijeg kantona u Federaciji BiH – Tuzlanskog kantona. Samo u slivu akumulacije Modrac, koje je dio sliva Spreče, u 110 naselja živi oko 130.000 stanovnika (direktno uz akumulaciju oko 25.000 stanovnika).

Govoreći o kvalitetu voda, oko 2/3 svih površinskih voda u BiH je zagađeno iznad dozvoljenih nivoa, a istraživanja urađena od strane federalnog Ministarstva poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva u proteklih par godina, ukazuju na to da je, u takvom okruženju, „rijeka Bosna najzagađenija rijeka u BiH“, a „njene najzagađenije pritoke su Miljacka i Spreča sa Jalom“. Teško hemijsko i mikrobiološko zagađenje Spreče, njenih pritoka i akumulacije Modrac kao jedne od najvećih BiH akumulacija, potvrđeno je i analizama provedenim od strane Agencije za vodno područje rijeke Save..

Decenije agresivne industrijalizacije i zanemarivanja su ozbiljno degradirale raznolikost biljnih i životinjskih vrsta rijeke i njenih priobalnih područja. Razvojem industrije, kao i infrastrukturnim zahvatima na koritima rijeka od prirode se „otimaju“ područja na kojima su se vijekovima razvijale i ustalile biljne i životinjske zajednice i time ozbiljno narušavaju složeni međusobni odnosi i međuzavisnost vrsta. Nedavna istraživanja pokazuju da su broj riba i biljnih vrsta u rijeci Spreči znatno manji nego u manje zagađenim sličnim rijekama (i do 30%), a u jednom dijelu svoga toka, rijeka Spreča je apsolutno mrtva rijeka, bez ikakvog biljnog ili životinjskog svijeta. Kvalitet ribe koju ulove lokalni ribari, a koja predstavlja izvor hrane, je upitan obzirom na realnu mogućnost da je takva riba kontaminirana teškim metalima ali i postojećim organskim polutantima dospjelim iz otpadnih voda.

Još jedan, jako bitan aspekt trenutnog stanja je i postojeća organizacija upravljanja vodama u BiH, pri čemu je jedan od ključnih problema taj da još uvijek nije uspostavljen sistem jedinstvenog upravljanja slivovima rijeka, pa tako i slivom rijeke Spreče. Tako danas imamo situaciju da su dijelovi sliva oko izvora i ušća pod administrativnom upravom Republike Srpske, sljedećim dijelom sliva (do ušća Jale) upravlja Tuzlanski kanton, branom na akumulaciji upravlja JP Spreča, a u preostalom dijelu, desnom obalom upravlja Federacija BiH, a lijevom opet Republika Srpska. U ovakvoj situaciji, teško je očekivati efikasnu koordinaciju aktivnosti, kako u pravcu razvoja infrastrukture, tako i u odnosu na poboljšanje kvaliteta voda.

Akumulacija Modrac formirana je 1964. godine izgradnjom brane u tjesnacu Modrac, općina Lukavac. Formiraju je rijeke Spreča i Turija, sa pritokama. Površina sliva do profila brane iznosi 1.189 km², od toga slivu rijeke Spreče pripada 832 km², slivu rijeke Turije 240 km² i neposrednom slivu akumulacije 117 km².

Za projektovano stanje, planirano je da akumulacija „Modrac“ obezbjeđuje u prosjeku 2,30 m³/sek vode za potrebe stanovništva i tehnološke potrebe privrednih kapaciteta, te 4,70 m³/sek kao vodoprivredni minimum u rijeci Spreči, nizvodno.

U sadašnjem trenutku, namjena akumulacije, po redoslijedu prioriteta utvrđenom Zakonom o zaštiti akumulacije „Modrac“ („Službene novine Tuzlanskog kantona“, broj: 15/06), su:

- obezbjeđenje vode za potrebe stanovništva,
- obezbjeđenje vode za potrebe industrije,
- obezbjeđenje biološkog minimuma za vodotok Spreče, nizvodno od brane,
- zaštita od poplava područja nizvodno od brane,
- proizvodnja električne energije na malim hidroelektranama,
- razvoj turizma, rekreacije i sportova na vodi, u skladu sa navedenim zakonom.

Za kotu normalnog uspora 200,00 m.n.m.osnovne morfometrijske karakteristike akumulacije (projektovano stanje) iznosile su:

- površina 17,10 km²
- ukupna zapremina 98x106 m³
- korisna zapremina 86x106 m³
- prosječna dubina 5,70 m
- max. širina 1.600 m
- max. dužina 10.700 m
- dužina obala 33.250 m

Prema mjerenjima obavljenim 2002. godine morfometrijske karakteristike akumulacije su izmjenjene, a neke od njih iznose:

- ukupna zapremina 85x106 m³
- korisna zapremina 64x106 m³.

Od ukupne površine akumulacije, pri koti normalnog uspora 200,00 m.n.m (projektovano stanje), 63,70 % (10,89 km²) nalazi se na teritoriji općine Lukavac, 34,90 % (5,97 km²) na teritoriji općine Živinice i 1,40 % (0,24 km²) na teritoriji općine Tuzla. U periodu eksploatacije od preko 46 godina, u akumulaciju je unešeno oko 15 miliona m³ nanosa (procjena), koji najvećim dijelom potiče iz mokrih separacija i površinskih kopova: Rudnika „Kreka“ u Tuzli, Rudnika mrkog uglja „Banovići“ i Rudnika mrkog uglja „Đurđevik“ u Đurđeviku. Uredbom o klasifikaciji voda, rijeka Spreča do ušća u akumulaciju Modrac, svi drugi vodotoci u slivu akumulacije i sama akumulacija Modrac svrstani su u II kategoriju-klasu voda. Akumulacija Modrac, posebno u plićim dijelovima, ne zadovoljava ni II kategoriju kvaliteta vode posmatrajući parametre kao što su otopljeni kisik i otopljena organska zagađenja (utrošak KMnO₄), a utvrđene su prekoračene koncentracije azotnih i fosfornih jedinjenja, željeza, mangana, a i ostalih teških metala (Pb, Zn, Cr, Cu, Al). Na osnovu bioloških istraživanja voda akumulacije Modrac koja su obavljena u proteklih par godina, može se zaključiti da je u posljednjih 40 godina, akumulacija izmijenila stepen trofije i degradirala taj parametar kvaliteta do granice eutrofnih voda.

2. IZVORI ONEČIŠĆENJA

Stanje okoline na području Tuzlanskog kantona je direktan odraz industrijskih aktivnosti, najznačajniji otpadni tok u tvornici soli „SOLANA“ d.d. Tuzla je otpadni mulj koji nastaje u količini od oko 2 t/dan ili oko 1000 t/god. Navedeni otpadni tok se bez prethodnog tretmana ispušta u rijeku Jalu. U procesu proizvodnje Na_2CO_3 , NaOH i NaHCO_3 u „SISECAM SODA“ d.o.o. Lukavac nastaje oko 100 000 t/god. tečnog otpadnog toka koji se odlaže na taložnice „bijelo more“ a preliv bez tretmana ispušta u rijeku Spreču. Takođe, šljaka i pepeo u količini od oko 80 000 t/god. koja nastaje u pogonu energane odlaže na odlagalište „crno more“ unutar kruga tvornice. Processagorijevanja uglja u termoelektrani „Tuzla“ prati nastajanje šljake i pepela na godišnjem nivou koja se odlaže, iznosi od 1 700 000 m^3 do 2 000 000 m^3 . Do sada je na odlagališta odloženo oko 40 000 000 m^3 šljake i pepela, prelivne i procjedne vode sa odlagališta se bez ikakvog tretmana ispuštaju u rijeku Jalu, što dodatno zagađuje ovaj vodotok. Takođe, emisijom otpadne vode iz procesa separacije uglja iz rudnika „Banovići“ i „Đurđevik“ vodotoci se obogaćuju suspendiranim česticama uglja što za posljedicu ima intenzivno zapunjavanje jezera Modrac sedimentom, visok sadržaj nutrijenata poput fosfora, kalija i azota utiče na njegovu eutrofikaciju i narušavanje jezerskog ekosistema.

2.1. Proizvodnja kalcinirane sode

Osnovne sirovine koje se koriste u proizvodnji kalcinirane sode (laka soda Na_2CO_3 i teška NaOH) i sode bikarbone (tehnička, aditivi-food i feed grade natrijumhidrokarbonat NaHCO_3) u fabrici Sisecam Soda Lukavac d.o.o. je: slana voda, krečnjak, ugalj, koks, amonijak, elektrolitička lužina, hlorovodonična kiselina i mazut. Tehnološki proces proizvodnje u potpunosti pripada oblasti neorganske tehnologije, a potrošnja sirovina zavisi od kapaciteta proizvodnje. Proizvodnju sode i sode bikarbone karakteriše značajna potrošnja industrijske i pitke vode. Industrijska voda se obezbjeđuje iz akumulacije jezero Modrac a koristi se kao: rashladna voda, za proizvodnju pare, za hidraulički transport šljake i pepela, za pripremu krečnog mlijeka, za hemijsku pripremu vode iza potrebe autopraone i servisne radionice. Pitka voda se koristi za potrebe restorana i kupatila. Proizvodnja kalcinirane, teške i prehrambene sode obavlja se u slijedećim pogonima i to: pogon krečnih peći, pogon termoelektrane, soda pogon za proizvodnju sirovog bikarbonata, pogon proizvodnje kalcinirane sode – lake, pogon proizvodnje kalcinirane sode – teške, pogon proizvodnje sode bikarbone (aditiv-feed i food grade), taložnice „Bijelo more“ za muljeviti otpad iz procesa proizvodnje sode, taložnice „Crno more“ za muljeviti otpad iz pogona termoelektrane. Iz akumulacije Modrac voda se do objekta pumparnice doprema cjevovodom \varnothing 1000 mm a zatim cjevovodima \varnothing 700 mm i \varnothing 500 mm slobodnim padom do filter stanice kapaciteta 1440 m^3/h . Za prečišćavanje se koriste pješčani filteri 8 kom. prečišćena voda se pomoću pumpi (2 kom) transportuje do potrošača. U tehnološkom procesu voda se koristi za proizvodnju tehnološke pare u termoelektrani kao za pripremu krečnog mlijeka, otpadni muljeviti tokovi nastaju prilikom odmuljivanja aparata, kod odšljakivanja i transporta elektrofilterskog pepela za što se koristi voda upotrebljena za prečišćavanje plina sa krečnih peći (skruberi i kertinzi), nastali otpadni tok odlaže se na taložnice „crno more“. U taložnice „Bijelo more“ su usmjerene otpadne vode koje nastaju u

slijedećim proizvodnim jedinicama: destilacije amonijaka, pripreme slane vode i pripreme kotlovske vode. Otpadna voda iz procesa destilacije amonijaka nastaje u toku njegove regeneracije i sadrži 10% rastvora kalcijevog hlorida zatim slijede suspendirane čestice kreča, gipsa, pijeska i kalcijevog karbonata. Iz pogona pripreme slane vode, nastaje mulj uslijed taloženja kalcijevih i magnezijevih soli, iz slanice se izdvajaju kreč-soda postupkom gdje se prevode u teško topive soli. Priprema vode za potrebe proizvodnje tehnološke pare nastaju odmuljivanjem reaktora, pranjem filtera iz procesa regeneracije jonskih izmjenjivača. Otpadni muljeviti tokovi se vode u sabirnik otpadnih voda a zatim pomoću pumpi, cjevovodom prema taložnicama „Bijelo more“, taložnice možemo posmatrati kao lagune u kojima zbog velike površine se odvija proces taloženja prisutnih suspendiranih čestica. Bistri dio se drenažnim sistemom putem sabirnog kolektora ispušta u rijeku Spreču. Na ovom kolektoru postavljen je mjerni uređaj za kontinuirani monitoring otpadne vode kojim se prati: pH, protok i temperatura.

2.1.1. Opis taložnice „Bijelo more“

Taložnica „Bijelo more“ sastoji se iz četiri taložna bazena-lagune (I, II, III i IV) ukupne površine 566 000 m² i to:

- Taložnica br. I, trenutno je zapunjena, nije u funkciji;
- Taložnice br. II i III, međusobno su spojene, izvršeno je ojačanje istih;
- Taložnica br. IV, izvršeno je njeno ojačanje.

Dubina taložnica bez nasipa je 4 m, visina nasipa 4 m ukupno 8 m. Taložnice imaju sistem za odvođenje izbistrenog dijela koji se sastoji od prelivnih cijevi na površini. Kako bi se spriječila emisija mulja u Spreču redovno se vrši pregled prelivnih cijevi i zapunjenost obodnih kanala. Otpadni muljeviti tok koji se transportuje na taložnicu „Bijelo more“ sadrži:

- rastvorene materije (CaCl₂, NaCl, Na₂SO₄);
- suspendirane materije (CaCO₃, CaSO₄, Ca(OH)₂, SiO₂, MgCO₃, Al₂O₃ i Fe₂O₃).

Za transport muljevitog otpadnog toka na taložne bazenekoriste se 2 pumpe i tri cjevovoda Ø 250 mm od kojih jedan služi za transport do taložnice br. II, a druga dva mogu transportovati otpadni tok u taložnice br. III i IV. Sva tri cjevovoda pružaju se od sabirnog bazena prema magistrali Tuzla-Doboj, prolaze ispod magistrale nakon kojeg se cjevovod br.3 odvaja i ide lijevo prema taložnici br. II, a cjevovodi br.1 i 2 idu desno paralelno sa magistralom prema taložnicama III i IV. Taložnica br. IV ima dva preliva preko kojih se bistri dio preliva prema betonskom taložniku, u kojem zaostaju eventualno prisutne čestice taloga, a zatim odvodnim kanalom u rijeku Spreču. Taložnice br. II i III imaju zajednički kolektor sa tri preliva preko kojih se bistri dio preliva prema betonskom taložniku, a onda odvodnim kanalom u rijeku Spreču. Prosječni protok na ispustu u rijeku Spreču iznosi 8000 m³/dan. Otpadne vode iz taložnice „Bijelo more“ karakteriše visoka pH vrijednost, sadržaj suspendiranih tvari, te posebno visokom koncentracijom hlorida, takođe u visokim koncentracijama prisutni su i sulfati.

2.1.2 Opis taložnice „Crno more“

Za odlaganje šljake i pepela kao i elektrofilterskog pepela, koriste se taložnice „Crno more“. U taložnice se pomoću cjevovoda Ø 150 mm hidrauličkim transportom doprema muljeviti otpadni tok iz pogona termoelektrana. Transport pepela i šljake se vrši odvojeno, sa posebnim cjevovodima i u posebne taložnice. U taložnicu br.1 se transportuje šljaka a u ostale tri se transportuje elektrofilterski pepeo. Stanje taložnica je sljedeće:

- taložnica br. 1, je skoro potpuno zapunjena;
- taložnica br. 2 zapunjena 90 %, trenutno nije u funkciji, (odlagan elektrofilterski pepeo);
- taložnica br. 3, zapremine oko $V=40000 \text{ m}^3$, ispražnjena i spremna za odlaganje;
- taložnica br. 4, zapremine oko $V=33000 \text{ m}^3$, ispražnjena i trenutno je u funkciji.

Svaka od navedenih taložnica ima izgrađene prelivne i drenažne sisteme za odvod viška vode, kao i obodne kanale koji odvođe procjednu i prelivnu vodu u rijeku Spreču. Za hidraulički transport elektrofilterskog pepela i šljake u taložnice „Crno more“ koristi se voda sa „pranja“ plina na krečnim pećima čija je pH vrijednost od 4 do 6, na ovaj način vrši se i djelomična neutralizacija preliva taložnica „Crno more“. Prosječni protok na ispustu u rijeku Spreču (zajednički kolektor) iznosi $11400 \text{ m}^3/\text{dan}$. Otpadna voda iz taložnice „Crno more“ može imati povišenu pH vrijednost kao i povišen sadržaj hlorida, amonijaka i ukupnog azota. Prelivna voda sa povećanom pH vrijednošću iz taložnice „Bijelo more“ može imati negativan uticaj na ekosistem rijeke Spreče, obzirom da značajno zagađenje dolazi sa rijekom Jalom, svako dalje zagađivanje je nedopustivo i samo pojačava negativan uticaj. Otpadne vode sa pH vrijednošću većom od 9 su toksične za sve vrste slatkovodne ihtiofaune. Povišena pH vrijednost može se objasniti visokim sadržajem karbonata u otpadnoj vodi. Hloridi su prema dosadašnjim istraživanjima označeni kao onečišćujuća tvar sa razarajućim uticajem po okolinu, u manjim koncentracijama su neophodni za sve organizme, međutim pri visokim koncentracijama ispoljava toksičan uticaj. Hloridi su hemijski indikatori zagađenja i stalne su komponente industrijskih i komunalnih otpadnih voda, označeni su kao onečišćujuća tvar sa razarajućim uticajem na okolinu. Nalaze se su u obliku soli natrija, kalcijai magnezija, većina navedenih soli je rastvorljiva u visokim koncentracijama, zasićenje vode natrij hloridom je 360 g/kg vode (na $25 \text{ }^\circ\text{C}$) što odgovara količini od 218 g hloridnih-jona na kilogram vode. Osim iz industrijskih i komunalnih otpadnih voda, hloridi u površinske a naročito podzemne vode dospjevaju i prilikom korištenja vještakog i stajskog gnojiva a kao posljedica je onečišćenje podzemnih voda ispod poljoprivrednih površina.

2.1.3 Naplavni sediment jezera Modrac

Najveća vještačka akumulacija na području Bosne i Hercegovine i najznačajniji vodeni resurs Tuzlanskog kantona pa i šire je jezero Modrac. Od samog nastanka akumulacije prisutan je problem veoma lošeg upravljanja ovim vrijednim resursom, naime jezero nije čišćeno od naplavnog sedimenta niti su stvarane pretpostavke za njegovu zaštitu uslijed emisije otpadnih voda. Takođe, antropogene aktivnosti u njegovom slivnom području utiču na smanjen dotok vode. Rijeka Spreča kao glavna pritoka jezera je ujedno i recipijent vodotoka Litva, Oskova, Gostelja koje su recipijenti otpadnih voda iz rudnika

„Đurđevik“ i „Banovići“ ali i komunalnih otpadnih voda iz urbanih i ruralnih naselja u slivnom području jezera Modrac. Spreča poslije ušća rijeke Oskove do ušća u akumulaciju Modrac, može se smatrati "kritičnim vodotokom". Ovi vodotoci su prekomjerno opterećeni suspendiranim materijama kao i organskim materijama iz kanalizacionih sistema. (Strategija zaštite akumulacije Modrac, 2012). Kao posljedica unosa naplavnog sedimenta koji potiče od: otpadnih voda iz rudnika uglja lociranih u slivu akumulacije, industrijskih i komunalnih otpadnih voda i prirodnih pojava (bujičnih tokova i erozije zemljišta) konstantno je zasipanje i smanjenje zapremine akumulacije. Na što su ukazala svadosadašnja hidrografska mjerenja na akumulaciji, obavljena tokom 1964., 1985., 2002. i 2012. godine. Prema posljednjim mjerenjima, obavljenim tokom 2011./2012. godine, dobiveni su sljedeći podaci:

- Ukupna količina nanosa istaloženog u akumulaciji iznosi 15.025.121 m³;
- Ukupna zapremina akumulacije smanjena je za istu vrijednost (i to je većim dijelom smanjena "korisna" zapremina akumulacije), što je nepovoljno sa aspekta upravljanja akumulacijom;
- Uneseni nanos uglavnom je deponiran u akumulaciji u području ušća rijeke Spreče, na površini od 4-5 km² ili u prostoru od preko 25% ukupne zapremine akumulacije;
- Visina deponiranog nanosa, u području deponiranja, kreće se od 0,5 do 2,5 m;
- Za uneseni nanos karakteristično je, da dio nanosa (veće granulacije) ima veću taloživost istaloži se u području neposredno poslije ušća rijeke Spreče, a jedan dio nanosa (manje granulacije) se skoro uopće ne taloži, veććini muljevitou suspenziju koja se kretanjem vode pomjera i 4-5 km od ušća rijeke Spreče.

Koncentracija suspendiranih materija u vodi rijeke Spreče zavisi od protoka vode i u prosjeku se kreće od 100-400 mg/l, povremeno i do 1.000 mg/l. Prema ispitivanjima, obavljenim 2010. godine, unos tereta zagađenja od suspendiranih materija je iznosio oko 100 t/dan, a u ranijim razdobljima i do 400 t/dan

2.1.4 Otpadni tok sa postrojenja za prečišćavanje amonijačno-fenolnih otpadnih voda

Kao jedan od nus proizvoda pri proizvodnji koksa javlja se amonijačno-fenolna voda. Njeno porijeklo je dvojako. Manji dio nastaje hemijskom reakcijom za vrijeme suhe destilacije uglja (pirogenetska voda) dok drugi dio, veći dio, potiče iz vlage sadržane u uglja za koksovanje. Na putu od sabirača koksnog plina prema pogonu za izdvajanje hemijskih produkata koksovanja, voda koja se do tada nalazila u parnom stanju, kondenzuje se i apsorbuje sve gasovite produkte koji imaju osobinu rastvaranja u vodi srazmjerno njihovoj koncentraciji i stepenu rastvorljivosti. Sadržaj ovih sastojaka u vodi je ovisan o vrsti uglja za koksovanje, tipa koksnih peći, načina vođenja procesa koksovanja i hlađenja gasa. Voda iz procesa koksovanja se usmjerava na primarno taloženje i odvajanje katrana u razdvajalima, te dekantaciju u rezervoarima – dekanterima. Takva voda se naziva „nadkatranskom vodom“. Pored toga, u sistemu ispiranja amonijaka iz koksnog gasa svježom vodom nastaje tzv. „obogaćena voda“. Sve ove vode karakteriše visok sadržaj amonijaka i fenola pa se stoga nazivaju „amonijačnim“ ili „fenolnim“ vodama, odnosno amonijačno-fenolnim otpadnim vodama. Osim amonijaka i fenola one u sebi sadrže i niz drugih polutanata.

3. TOKSIKOLOŠKE OSOBINE TEŠKIH METALA

Teški metali su ekološki vrlo značajni jer su nerazgradljivi i ne nestaju nego se kreću kroz ekosistem i imaju normalan biogeohemijski ciklus. Intezitet kruženja je neravnomjeran u toku godine i zavisi od klimatskih uslova, blizine izvora zagađivanja i aktivnosti bioloških sistema. Neki od njih, kao što su željezo, mangan, bakar, zink, molibden, kobalt, vanadij i stroncij, pripadaju skupini esencijalnih elemenata i u malim količinama su neophodni za mnogobrojne funkcije živog organizma.

Pri većim koncentracijama ispoljavaju toksične efekte i ukoliko se uključe u hranidbeni lanac, predstavljaju opasnost po zdravlje životinja i čovjeka. Neki teški metali, kao što su olovo, nikl, arsen i živa ispoljavaju toksične uticaje u slučaju njihovog suviška u okolišu. Njihova antropogena redistribucija uzrokuje povećan prodor u hranidbene lance i izaziva različite poremećaje kako u prirodnim tako i u antropogeniziranim ekosistemima. U nastavku teksta opisane su osnovne toksikološke osobine arsena, hroma, kadmija, olova i žive navedeni teški metali imaju izrazito negativan uticaj na sve sastavnice okoline čak i u vrlo niskim koncentracijama.

Teški metali u svom jonskom obliku mogu biti zamjenjeni drugim jonom u enzimima metal-proteinske građe. Najpoznatiji primjer je zamjena Zn^{2+} sa Cd^{2+} pri čemu dolazi do inaktivacije enzima i inhibicije, odnosno potpunog blokiranja važnih biohemijskih procesa u organizmu. Najtoksičniji joni teških metala (Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+}) su ujedno i najstabilnije forme navedenih metala koje grade vrlo stabilna i izrazito toksična jedinjenja sa biomolekulama.

3.1. Arsen

Arsen spada u metaloide. Pojavljuje se u spojevima kao As^{3+} i As^{5+} , najčešće se nalazi u vidu trovalentnog oksida As_2O_3 koji je i najtoksičniji. U prirodi je najviše zastupljen u stijenama (99%), a ostatak se nalazi u zemljištu i vodama.

Prosječna koncentracija arsena u zemljinoj kori procijenjena je na 1,5-2 mg/kg. U biosferu dospjeva i iz antropogenih izvora, kao što su rafinerije i topionice. U prirodi arsen je uglavnom vezan u različite geološke formacije iz kojih najčešće procjeđivanjem dospjeva u vodotoke. Arsen je u zemljištu jako mobilan što mu omogućava da kontaminira i podzemne vode. Zemljište i biljke ga akumuliraju i zadržavaju, pa se u podzemnoj vodi nalazi u nižim koncentracijama. Arsen je subjekat bioakumulacije, rijetko i biomagnifikacije. Arsen u organskom obliku se smatra relativno netoksičan osim onih sintetski stvorenih i razvijenih kao komponente pesticida.

Kontaminacija podzemnih voda je najvažniji je problem vezan uz izloženost spojevima arsena. Riječ je o anorganskim vrstama As, dok su organski spojevi znatno manje toksični ili netoksični. Toksičnost anorganskog As uključuje promjene na koži (hiperkeratoze, pa i rak kože), neurotoksičnost i karcinogenost, a postoje indicije da bi mogao djelovati i kao reproduktivni i razvojni toksin te izazivati dijabetes. Kardiovaskularna

toksičnost arsena povezuje se s hipertenzijom i tzv. bolešću crnih stopala, zbog poremećaja periferne cirkulacije, kao i s aterosklerozom, srčanim, moždanim udarom i dr.

3.2. Hrom

Hrom u okoliš dospijeva u obliku trovalentnog i šesterovalentnog hroma (Cr^{3+} i Cr^{6+}) kao rezultat prirodnih procesa i antropogenih aktivnosti. Ioni Cr^{3+} su mnogo manje pokretni od iona Cr^{6+} , koji ima širok spektar negativnih uticaja. Kancerogeni uticaj Cr^{6+} prvi put je otkriven krajem 19. vijeka kada su prvi puta opisane pojave tumora kod radnika koji su radili s pigmentima na bazi hroma u Škotskoj. Profesionalna bolest uzrokovana hromom otkrivena je 1936. godine u Njemačkoj. U ovom periodu objavljene su i brojne studije koje opisuju pojavu raka pluća kod radnika koji su bili u kontaktu sa solima hroma. Do ljudi i životinja Cr^{6+} dospijeva isključivo inhalacijom ili kao produkt industrijskog onečišćenja.

Prosječna koncentracija hroma u litosferi je oko 100 mg/kg, a u pedosferi 100-300 mg/kg. Glavni izvori antropogenog hroma su metalurška postrojenja, proizvodnja cementa, papira, sagorijevanje fosilnih goriva, đubriva i otpadni muljevi. Koncentracija hroma, je u većini zemljišta ekstremno mala u obliku pristupačnom za biljke. Količine Cr u zemljištu zavise od geografskog području i stepena kontaminacije iz antropogenih izvora tako da se koncentracije kreću od 1 do 1000 mg/kg s prosječnim koncentracijama od 14 do 70 mg/kg.

3.3. Kadmij

Nema esencijalne biološke funkcije, ali je pronađen u više od 1000 vrsta terestrične i akvatične flore i faune. On je najopasniji teški metal u zemljištu i životnoj sredini, zbog čega mu se i posvećuje posebna pažnja. Prirodni izvor kadmija je matični supstrat i najčešće se pojavljuje u sastavu sfalerita i galenita, tj. kao primjesa u sulfidnim rudama cinka i olova.

Antropogena emisija kadmija u atmosferi javlja se kod proizvodnje i upotrebe kadmija i njegovih spojeva, odlaganja otpada koji sadrži kadmij, spaljivanja fosilnih goriva, proizvodnje cementa itd. Kadmij je prisutan u zemljištu kao njegov prirodni sastojak i njegov sadržaj iznosi 0,1-1,0 mg/kg zemljišta, odnosno 1-3 mg/kg na zraku suhog zemljišta. Sadržaj kadmija u zemljištu je relativno nizak, ali ima veliku sklonost nakupljanja, naročito u površinskom horizontu. Mobilnost mu je velika i zbog toga je pristupačniji biljkama, za razliku od drugih teških metala u zemljištu. Antropogenim uticajem, kadmij u zemljište dospjeva uglavnom iz zraka. Kadmij se apsorbira u tlu iz kojega ga uzimaju biljke te tako, preko konzumacije hrane direktno ili preko životinja, ulazi u hranidbeni lanac. Kadmij može u organizmu zamijeniti cink, kalcij i kalij i teško ga je ukloniti. Zadržava se u bubrezima i jetri i do 40 godina te u kostima. Kadmij je prvenstveno toksičan za jetru i bubrege, zatim probavni trakt, a hroničnim unosom uz nedovoljan unos kalcija ili zbog visokog unosa može se ugraditi u kosti i izazvati tzv. itai-itai, tj. bolest bolnih kostiju. Sadržaj kadmija u zraku iznosi od 0,1 do 500 ng/m³ vrijeme zadržavanja je od 20-30 dana, u vodi koncentracija kadmija se kreće od 0,01 µg/l za ne zagađene vode do 42000 µg/l za zagađene vode, vrijeme zadržavanja kadmija u jezerskoj vodi iznosi od 1 do 2 godine.

Sediment sadrži kadmij u koncentraciji od 0,01 $\mu\text{g/g}$ do 50000 $\mu\text{g/g}$, procjenjeno vrijeme zadržavanja je $2\text{-}5 \times 10^8$ godina. Mehanizam toksičnog uticaja na organizme se ogleda u vezivanju kadmija za SH grupe u enzimima i zamjenu cinka sa kadmijem u metalo enzimima. U vodenoj sredini na visoke koncentracije kadmija je posebno osjetljiva ihtiofauna, kadmij istiskuje jone Ca^{2+} i Mg^{2+} iz tkiva u škrgama (škrge budu potpuno uništene), ova pojava je posebno izražena u vodi sa visokom koncentracijom Ca^{2+} i Mg^{2+} jona tzv. „tvrdim“ vodama.

Pri nižim koncentracijama, Cd izaziva hiperaktivnost i grčenje mišića. Akutna toksičnost Cd se ogleda u ometanju metabolizma kalcija što uzrokuje respiratornu paralizu. Kadmij se u organizmu akumulira u jetri, mišićima, bubrezima, pljuvačnim žlijezdama, testisima i pankreasu. U jetri se od ukupno unesene količine zadrži od 15 do 20% u bubrezima 30%. Toksičnom uticaju kadmija su posebno izloženi pušači, u duhanu koncentracija kadmija iznosi od 1 do 2 $\mu\text{g/g}$, konzumenti cigareta apsorbuju od 0,1 do 0,2 μg kadmija po cigareti.

3.4. Olovo

Javlja se u tragovima u litosferi i pedosferi, olovo kao i kadmij je neesencijalni toksični teški metal sa izraženim negativnim uticajem na biološke sisteme. U okoliš dospjeva uglavnom iz antropogenih izvora kao što su: sagorijevanje fosilnih goriva, deponije i požari na deponijama, otpadni industrijski muljevi, olova iz đubriva na bazi fosfata, ispušni plinovi vozila i pesticidi. Učešće prirodnih izvora u zagađivanju okoliša olovom je malo, njegove visoke koncentracije u ekosistemima siguran su znak njegovog antropogenog porijekla. Nalazi se u obliku svojih spojeva: sulfata, sulfida i karbonata. Sadržaj olova u zemljištu je u prosjeku 0,1-20 mg/kg. Olovo se takođe unosi u kopnene i vodene ekosisteme atmosferskim depozicijama na izloženim površinama. Smatra se vodećim zagađivačem okoliša i sve više ugrožava živi svijet, posebno okoliš velikih industrijskih postrojenja, frekventnih saobraćajnica i velikih gradova. Akumulira se u površinskom horizontu zemljišta i sedimentima gdje dugo ostaje biodostupno, međutim ne pokazuje afinitet bioakumuliranju. Zbog njegovog izraženog toksičnog uticaja u Velikoj Britaniji je zabranjeno koristiti olovo u ribolovačkom priboru uslijed visoke stope smrtnosti kod labudova izazvane olovom. Samo su manje koncentracije olova iz zemljišta dostupne biljkama. Intezitet njegovog usvajanja zavisi od koncentracija u zemljištu, pH-vrijednosti zemljišta, sadržaja organske materije, odnosa kationa i aniona, kao i drugih ekoloških faktora.

Čovjek je izložen toksičnom djelovanju olova unosom hrane i vode koje su onečišćene olovom, ali i inhalacijom čestičnih tvari sa sadržajem olova, apsorpcija preko kože moguća je samo za tetraetil i tetrametil olovo. Olovo se brzo apsorbira u krvotok i veže za eritrocite u obliku Pb^{2+} i putem krvi se oko 90% deponuje u kostima u obliku $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$. U slučaju acidoze (povećana kiselost) može doći do mobilnosti olova iz kostiju u obliku Pb^{2+} koji ima toksičan uticaj odnosno negativno djeluje na centralni nervni, krvožilni i imunološki sistem te bubrege.

3.5. Živa

Živa je tečni metal i ima sposobnost rastvaranja drugih metala s kojima gradi hemijska jedinjenja poznata kao amalgami. Stabilna je na zraku, ne reaguje s bazama i većinom kiselina. Emisija žive u okoliš dolazi iz dva izvora, prirodnog i antropogenog. Prirodni izvori su vulkanske erupcije, erozija tla a antropogeni primarno sagorjevanje fosilnih goriva, topljenje ruda i spalionice otpada. Uslijed korištenja žive u brojnim industrijskim granama, smatra se da je njen sadržaj u biosferi porastao u posljednjih 100 godina za tri puta. Kruženje žive u okolišu može se podijeliti u četiri međusobno povezana dijela: atmosferski, zemljišni, akvatični i biotički. U atmosferi dominira plinoviti oblik žive u obliku HgO. Uslijed brojnih reakcija uslijed prisustva eazličitih spojeva u atmosferi i pod uticajem sunčevog zračenja, živa iz atmosfere u akvatične i terestijalne sisteme dospjeva u obliku Hg²⁺. U zemljištu i vodenoj sredini živa procesom metilacije prelazi u svoj najtoksičniji oblik metil živu (Hg-CH³⁺), takođe navedeni oblik žive biljke usvajaju korijenskim sistemom. U zemljištu uslijed djelovanja mikroorganizama živa u obliku Hg²⁺ redukcijom se prevodi u elementarnu koja ponovo isparav i vraća se u atmosferu. Isparavanjem, elementarna živa prelazi u anorgansku živu koja se povezuje s vodenom parom, prašinom i mokrom depozicijom pada na površinu zemlje, gdje se taloži u zemljištu ili u vodenoj sredini u sedimentu. Živina isparenja su izrazito opasna jer preko respiratornog trakta prelaze u krvotok a zatim u mozak gdje uzrokuju ozbiljne oštećenja. U vodenoj sredini anorganska živa dijelom prelazi u netopivi živin sulfid (HgS), dok dio žive pomoću metanogenih bakterija prelazi u njen najtoksičniji metilni oblik (Hg-CH³⁺). Živa je teški metal sklon bioakumulaciji, unesena u organizam trajno se ugrađuje u ćelijama i u svakom narednom stepenu lanca ishrane njena koncentracija se povećava (biomagnificira). Biomagnifikaciji je posebno sklona metil živa, osnovni faktori koji utiču na povećanje koncentracije žive kroz lanac ishrane su vrlo sporo razlaganje Hg-CH³⁺ u organizmu i biološka otpornost žive na druga jedinjenja. Najpodložniji usvajanju organskih oblika žive su ribe i beskičmenjaci, akutna toksičnost žive je direktno proporcionalna temperaturi i kiselosti vode a obrnuto proporcionalna sadržaju otopljenog kisika i tvrdoći vode. Mozak fetusa i novorođenčeta je najosjetljiviji u pogledu toksičnosti metil živom. Živa svoj toksični uticaj ispoljava blokiranjem funkcionalnih tiol grupa enzima što izaziva brojne poremećaje. Neurotoksični poremećaji se javljaju uslijed oštećenja ćelijske membrane, mutageno djelovanje je povezano sa inhibiranjem sinteze proteina, odnosno dolazi do smanjenja DNK u ćeliji. U prirodi se ne razgrađuje niti jednim poznatim biološkim procesom, te zbog toga ulaskom u okoliš postaje njen neraskidivi dio djelujući na sve sastavnice okoliša negativno. Anorganska živa slabo se apsorbira (<10% unesene žive) kroz probavni sistem čovjeka. Živine se pare apsorbiraju u plućima, a metil-živa gotovo se potpuno (>90%) apsorbira nakon unosa u probavni trakt. Uzimanjem anorganske žive hranom, njen oksidirani oblik može izazvati grčeve u truhu, čir na želucu i poremećaj u radu bubrega. Rezultat poremećaja rada bubrega oksidiranom živom je tzv. proteinuria, pri kojoj urin sadrži abnormalne količine proteina. Stalna izloženost utjecaju živinih para može kod ljudi izazvati različite poremećaje centralnog nervnog sistema, čije posljedice mogu biti: drhtanje, poremećaji sna, pa sve do gubitka pamćenja, depresije, delirija i halucinacija. Konzumacija ribe s povećanim sadržajem metil-žive može dovesti do povećane razine žive u krvi nerođenog djeteta i male djece, koja može oštetiti njihov nervni sistem. Kod

odraslih osoba male se količine žive u organizmu povezuju s hroničnim neurodegenerativnim bolestima, kao što su Perkinsonova bolest, Alzheimerova bolest, reumatoidni artritis itd., te poremećajima imunološkog sistema i alergijama. Prema tome, opasnost od trovanja živom za čovjeka ovisi o hemijskom obliku žive, količinama kojima je čovjek izložen, starosti osobe (fetus je najosjetljiviji), vremenu izloženosti, načinu izloženosti: udisanjem, unosom hrane, u kontaktu s kožom te prethodnim zdravstvenim stanjem osobe koja je izložena.

3.6. Barij

Najvažnije rude barija su barit i viterit iz kojih se barij dobiva redukcijom aluminijem ili silicijem. Upotrebljava se u naftnoj industriji (barijev sulfat, ugušćivanje sirove nafte), nuklearnoj tehnici, metalurgiji (legure), pirotehnici, proizvodnji bojila, permanentnih magneta, plastike, stakla i medicini. Svi spojevi barija koji su topljivi u vodi ili kiselinama su jaki otrovi. U vrlo malim količinama, barij se ponaša kao mišićni stimulans, dok kod većih količina djeluje na živčani sistem, uzrokujući nepravilnosti u radu srca, tremor, slabost, anksioznost, dispneju i paralizu. Ovo se događa zbog njegove sposobnosti blokacije ionskih kanala kalija, koji su bitni za pravilno funkcioniranje živčanog sistema. Barijev sulfat može se uzeti oralno, zbog svoje velike netopljivosti u vodi i potpuno se eliminira iz digestivnog trakta. Za razliku od drugih teških metala, barij se nebioakumulira. Ako se udiše prašina koja sadrži spojeve barija, može doći do akumulacije u plućima dovodeći do stanja koje je poznato kao baritoza.

3.7. Bakar

Bakar dolazi u legurama i to najčešće: mjed (mesing), bronca i niklovano srebro. Bakar podliježe sporom uticaju razrijeđene hlorovodične kiseline ili razrijeđene sumporne kiseline. Topljiv je u amonijačnoj vodi. Bakar je neophodan (esencijalni) element u ljudskom organizmu. Ima sposobnost usporavanja rasta bakterija, npr. Legionella, u sistemima za vodu za piće. Nedovoljni unos bakra u organizam može dovesti do većih posljedica po zdravlje čovjeka nego što bi to bio slučaj kod povećanog unosa bakra. Povećana količina bakra uglavnom je posljedica njegove migracije u pića (uključujući i vodu za piće) ili zbog slučajnog ili namjernog povećanog unosa bakrovih soli. Najčešći simptomi u tome slučaju su: povraćanje, pospanost, akutna hemolitička anemija, oštećenje bubrega i jetre, mozga (neurotoksičnost), povećani krvni tlak. U nekim slučajevima može nastupiti koma i smrt. Nije zabilježeno kronično trovanje bakrom.

3.8. Nikl

U svjetskoj proizvodnji nikl sudjeluje s 87% u proizvodnji legura i s 9% u procesu platiniranja. Postoji najmanje 3000 različitih legura koje sadržavaju nikl. Glavna uporaba nikla je u proizvodnji visokokvalitetnih, na koroziju otpornih legura sa željezom, bakrom, aluminijem, hromom, cinkom i molibdenom. Apsorpcija slobodnih niklovnih iona u probavnome traktu može biti 40 puta veća u odnosu na nikl u hrani vezan u obliku kompleksa. Apsorpcija nikla iz vode za piće povećava se kod gladovanja. Anorganski spojevi nikla se iz probavnoga trakta apsorbiraju oko 10% ili manje. Iako ne postoje posebne procjene za nikl, čini se da se topljivi nikl, oslobođen iz materijala u dodiru s

hranom, vrlo lako apsorbira za razliku od nikla u hrani koji dolazi vezan u komplekse. Prema tome, niklom onečišćena hrana i pića, iz materijala koji ga sadržavaju bi trebala biti smanjena.

3.9. Kobalt

Kobalt se koristi u proizvodnji legura velike čvrstoće. U staklarskoj i keramičkoj industriji kobaltov se oksid koristi u malim količinama, da bi se neutraliziralo žuto obojenje zbog prisutnoga željeza u staklu, emajlu i glinenome posuđu. Povećane se koncentracije koriste za dobivanje plavog obojenja navedenih proizvoda. Kobaltov se oksid koristi i kod emajliranih prevlaka na čeliku, za poboljšanje prijanjanja emajla na metal. Kobalt je relativno nereaktivan metal. Ne oksidira u suhim i vlažnim uvjetima pri uobičajenim temperaturama. Kobalt reagira s većinom kiselina, ali se pasivira u prisutnosti koncentrirane dušične kiseline. Kobalt je otporan na djelovanje lužina, ali se, zagrijavanjem, veže na halogene elemente. Kobalt je esencijalni element te je potrebna količina u organizmu od 5 mg za vitamin B12 da bi se izbjegla anemija. Općenito, kobalt ima nisku toksičnost. Gastrointestinalna (u probavnome traktu) apsorpcija topljivih spojeva kobalta procjenjuje se na 25%. Kobalt se koristi u proizvodnji umjetnoga gnojiva, budući da male količine kobalta u zemlji mogu prouzročiti njegov manjak kod stoke (ovce, goveda). Kobalt se, također, koristi i u ljudskoj medicini, u liječenju anemija koje se ne mogu liječiti željezom. Iako je kobalt esencijalni element, zabilježeni su i slučajevi trovanja. Uočeno je da povećana konzumacija piva s visokom koncentracijom kobalta (za sprečavanje fermentacije) djeluje na srce, krvni tlak, izaziva bolove u trbuhu (abdomenu), poteškoće u disanju te može dovesti i do smrti.

3.10. Aluminij

Aluminij se prirodno nalazi u rudi boksit, i u tom stanju u kojem se nalazi prirodno nije štetan za ljude. Boksit se pretvara u glinicu, te se elektrolizom dobiva čisti aluminij, koji se koristio primarno u elektronici i nekim drugim dijelovima industrija. Civilizacijskim razvojem i tehnološkim napretkom, počeo se pretjerano koristiti i u druge svrhe, čime je i dospio u ljudski organizam, gdje mu nije mjesto, te smo se tako doveli do toga da se svakodnevnim izlaganjem kontinuirano trujemo. Aluminij je poznati neurotoksin te ima štetno djelovanje na imunološki sustav. Postao je sveprisutan metal u našoj svakodnevici, iako našem tijelu biološki uopće nije potreban. Budući da smo pretrpani aluminijem, jedino što možemo je umanjiti njegovo štetno djelovanje. Prema uputama Svjetske zdravstvene organizacije (WHO), iz 1993. godine, ne postoje zdravstvene smjernice s preporukama za vodu za piće. Međutim, direktiva 98/83/EC, o kvaliteti vode namijenjenoj za piće, navodi standardnu vrijednost od 0,2 mg/L, kao kompromis između vrijednosti praktične upotrebe aluminijevih soli u obradi vode za piće i diskoloracije vode u distribuciji. Izloženost aluminiju najčešće ne predstavlja opasnost. Aluminij se izbacuje putem bubrega i samo se manji dio aluminija apsorbira. Međutim, topljive soli aluminija lakše se apsorbiraju. Pacijenti s oslabljenom funkcijom bubrega i pod dijalizom, mogu imati povećani sadržaj aluminija u krvi. WHO je zaključila da aluminij nije uzrok Alzheimerove bolesti.

4. REZULTATI ANALIZE SADRŽAJA TEŠKIH METALA U SEDIMENTU

O okviru izrade ovog dokumenta izvršena je analiza uzoraka sedimenta rijeke Spreče neposredno prije ušća u jezero Modrac (S-1), ispod brane u naselju Modrac (S-2) i ispod industrijske zone u naselju Puračić (S-3). Sediment se definiše kao materijal istaložen u vodotoku u obliku mulja ili kao čvrsti talog. Sediment čine organske i anorganske tvari, čestice pijeska, šljunka, mulja, blata i koji u vodotok dospjeva uslijed atmosferilija i prenosi se nizvodno djelovanjem vode. U vodotoku sedimenti imaju visoku ekološku vrijednost jer su sastavni i dinamični dio ekosistema voda, sediment je osnova u izgradnji i razvoju vodene flore i faune. Sedimenti u vodenim sredinama imaju važnu ulogu u ciklusu ishrane jer predstavljaju stanište za mnogobrojne organizme, u sedimentu se odvija izmjena hranjivih tvari iz vodnog tijela prema sedimentu i obratno ali takođe i polutanata. Zbog toga određivanje kvalitete sedimenta je od posebnog interesa u proučavanju stanja vodotoka i okoliša u cjelini. Analizom sedimenta možemo dobiti podatke o onečišćenju istraživanog područja u određenom trenutku ili u bilo kojem razdoblju u prošlosti. Rezultati analize uzoraka sedimenta, na sadržaj teških metala prikazani su u tabeli 4.1. U tabeli 4.2. prikazane su vrijednosti kvalitete sedimenta preuzete iz *Sediment Quality Criteria in Use Around the World*². U tabeli 4.3. prikazane su uporedne vrijednosti sadržaja teških metala u sedimentu rijeke Spreče sa sedimentom rijeka u okruženju i nekoliko rijeka iz različitih krajeva svijeta.

Tabela 4.1. Rezultati analize uzoraka sedimenta na sadržaj teških metala, mg/kg

Oznaka uzorka	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Pb	Mn	Ni	V	Zn
S-1	37,8	99,5	37,2	442,1	64,8	9,2	22,4	724,6	322,5	132,4	100,2
S-2	10,5	92,1	8,8	400,5	58,4	n.d.	25,1	992,7	279,9	100,9	87,1
S-3	33,6	175,4	17,2	890,2	69,3	9,8	20,5	941,7	94,6	143,3	131,7

Toksičan uticaj na organizme u sedimentu

Tabela 4.2. Vrijednosti kvalitete sedimenta prema smjernicama navedenim u (*Sediment Quality Criteria in Use Around the World*), mg/kg

Ekstremno negativan uticaj teških metala							
Smjernice kvalitete sedimenta	As	Cr	Cd	Pb	Hg	Ni	Cu
TET	17	100	3	170	1	61	86
SEL ³	33	110	10	250	2	75	110
Granična vrijednost iznad koje se javljaju negativni uticaji							
Smjernice kvalitete sedimenta	As	Cr	Cd	Pb	Hg	Ni	Cu
TEL ⁴	5,9	37,3	0,6	35	0,17	18	35,7
LEL	6	26	0,6	31	0,2	30	70

TET – toxic effect threshold - granična vrijednost toksičnog uticaja, koncentracije imaju toksičan uticaj

SEL – severe effect level - koncentracije pri kojoj su jako izraženi negativni uticaji na organizme u sedimentu

TEL – threshold effect level – koncentracija iznad koje su mogući negativni uticaji na organizme u sedimentu

LEL – lowest effects level – najniža koncentracija metala pri kojoj može doći do negativnog uticaja na veoma osjetljive organizme u sedimentu

²<http://link.springer.com/article/10.1007/s102010200008#page-1>

³Ontario Ministry of Environment Screening Level Guidelines, ANZECC 1997

⁴Canadian Freshwater Sediment Guidelines, ANZECC 1997

Tabela 4.3. Usporedba koncentracija teških metala (mg/kg)

Rijeka	Cr	Ni	Cu	Zn	Reference
Spreča	400,5-890,2	94,6-322,5	58,4-69,3	87,1-131,7	
Dunav	17,8-45,3	23,7-116,4	17,8-45,3	49,4-389,5	Milenković et al.(2005)
Lianshan	-	-	29-106	114-797	Zheng et al.(2008)
Hindon	42,9-250,4	-	9,4-195,1	3,9-85	Suthar et al.(2009)
Han	2,5-13	-	7,6-14	34,3-55	Kim et al.(2011)
Day	11,6-52,3	-	32,6-40,7	49,8-149,1	Barakat et al. (2012)
Sava	45,3-186,0	102,0-141,9	32,0-47,1	93,1-127,2	ISRBC ²⁹⁵
Bosna	135,4-193,4	187,7-236,9	46,8-55,9	44,1-182,4	
Vrba	42,0-61,3	74,1-120,1	30,8-53,7	87,1-118,4	
Una	51,9-70,5	74,1-110,3	30,0-73,6	88,2-123,6	
Drina	51,1-128,3	86,7-130,1	34,5-59,4	73,4-357,8	

Na osnovu provedenog istraživanja može se zaključiti da sedimenti na mjernom mjestu S-1, S-2 i S-3 (Spreča, prije ušća u jezero Modrac, Spreča, ispod brane (naselje Modrac) i Spreča, ispod industrijske zone (naselje Puračić) **sadrže arsen, kadmij, hrom, živu i nikel u koncentracijama koje su toksične po organizme u sedimentu**. Takođe, u odnosu na rezultate istraživanja drugih autora (Tabela 5.3) vidljivo je da analizirani uzorci sedimenta iz rijeke Spreče sadrže ekstremno visoke koncentracije Cr i Ni, **Visoke koncentracije teških metala na svim mjernim mjestima je direktna posljedica višedecenijskog ispuštanja komunalnih i industrijskih otpadnih voda** pri čemu su dostignute takve koncentracije koje imaju **toksičan uticaj na bentos rijeke Spreče**. Posebnu opasnost po ekosistem jezera Modrac predstavlja unos sedimenta opterećenog teškim metalima, na osnovu provedenog istraživanja u okviru izrade ovog dokumenta može se zaključiti da je neophodno preduzeti što hitnije aktivnosti vezane za čišćenje naplavnog sedimenta iz jezera Modrac, obzirom na njegovu ekotoksičnost i smanjenje korisnog volumena jezera kao vodnog objekta koji ima ulogu zaštite od poplava. Na slici 4.1 prikazan je izgled sedimenta na mjernom mjestu S-1.



Slika 4.1. Sediment rijeke Spreče neposredno prije ušća u jezero Modrac

⁵ International Sava River Basin Commission (ISRBC), Sediment management in Sava river basin available online at: www.savacommision.org.

5. KVALITET TLA NA PLAVNIM PODRUČJIMA RIJEKE SPREČE

Neposredno uz rijeku Spreču, na području općine Lukavac nalaze se značajne poljoprivredne površine koje se u posljednjih nekoliko godina koriste za uzgoj različitih vrsta poljoprivrenih kultura. Onečišćenje tla kao neobnovljivog prirodnog resursa i osnovnog preduslova za održivu poljoprivrednu proizvodnju teškim metalima danas predstavlja jedan od glavnih ekoloških problema, koji ima izuzetno negativan uticaj na okolinu i čovjeka i za koji je još uvijek neophodno naći efikasno i ekonomično tehnološko rješenje. Onečišćenje zemljišta teškim metalima danas je relativno lako utvrditi, međutim postoje razlike i određene poteškoće uslijed različitih tipova zemljišta. Prisustvo nekog jedinjenja, u određenoj količini, ne mora izazvati poremećaj u biljnoj proizvodnji kod jednog tipa zemljišta, ali njegovo prisustvo u drugom tipu zemljišta, može smanjiti kvalitet i količinu prinosa. Danas ovih elemenata ima daleko više u poljoprivrednom zemljištu, iako ih u matičnom supstratu na kome je zemljište formirano nije bilo u takvom sadržaju. Uzrok tome su antropogeni izvori onečišćenja, odnosno emisije različitih vrsta otpadnih tokova koji najčešće sadrže visoko toksične polutante. Obzirom da je posmatrano područje bilo izloženo katastrofalnim poplavama 2014. godine neophodno je prikazati stvarno stanje zagađenja teškim metalima poljoprivrednog zemljišta u plavnim područjima. U tu svrhu koristili smo se podacima Federalnog zavoda za agropedologiju⁶. U tabeli 5.1. prikazani su rezultati analize tri prosječna uzorka tla, a na slici 6.1. pozicije mjernih mjesta.

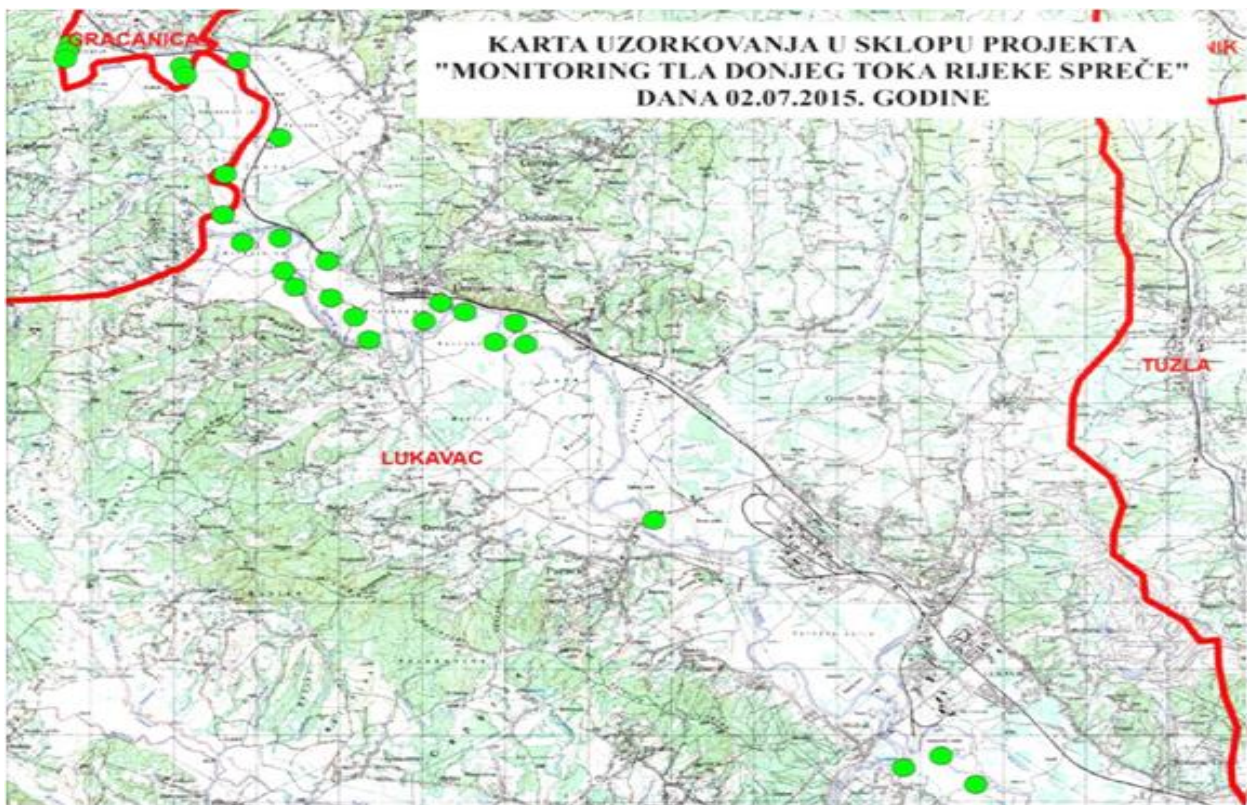
Tabela 5.1. Koncentracije teških metala u poljoprivrednom tlu plavnih područja rijeke Spreče

Oznaka uzorka	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Zn
Bokavići	8,24	1,14	32,33	127,00	29,67	0,215	28,23	181,56	54,94
Lukavac	7,08	1,83	40,29	175,97	30,90	0,64	28,32	407,43	84,85
Puračić	4,68	0,93	29,73	147,70	23,20	0,105	22,77	313,80	46,17
Dobošnica	6,23	1,30	32,55	102,91	31,97	0,52	30,06	301,11	62,70
Devetak	6,59	2,10	24,07	87,40	31,67	0,94	27,87	240,70	38,00
Sižje	5,34	1,87	28,80	109,20	35,40	0,65	25,83	277,00	36,67
Gnojnica	5,93	1,05	29,65	113,12	24,04	0,31	24,28	234,75	48,31
Krtova	4,96	1,11	32,83	150,27	25,64	0,43	22,63	313,25	45,25
Berkovica	4,62	0,93	36,43	171,70	15,07	0,05	17,33	351,80	23,17

Iznad graničnih vrijednosti

Na osnovu podataka prezentiranih u tabeli 6.1. može se zaključiti da je poljoprivredno tlo na području općine Lukavac u plavnim područjima rijeke Spreče, na svim lokacijama zagađeno hromom i niklom. Takođe, zagađenje kadmijem nije utvrđeno samo na jednom mjernom mjestu (Puračić), živom je zagađeno tlo na području Lukavca, Dobošnice, Devetaka i Sižja. Na slici 5.2. prikazan je izgled područja uzorkovanja poljoprivrednog tla nakon poplava iz 2014. godine. Sa slike 5.2. jasno se uočava naplavni sediment koji je prekrrio površinski sloj temeljnog poljoprivrednog tla.

⁶ <http://www.agropedologija.gov.ba/wp-content/uploads/2015/08/lzvjestaj-o-dodatnim-istrazivanjima-u-zagadenom-podrucju-donjeg-toka-rijeke-Sprece.pdf>



Slika 5.1. Pozicije mjesta uzorkovanja poljoprivrednog tla⁷



Slika 5.2. Izgled područja uzorkovanja poljoprivrednog tla nakon poplava iz 2014.

⁷ <http://www.agropedologija.gov.ba/wp-content/uploads/2015/08/Izvjestaj-o-dodatnim-istrazivanjima-u-zagadenom-podrucju-donjeg-toka-rijeke-Sprece.pdf>

6. KVALITET INDUSTRIJSKIH OTPADNIH VODA

Otpadne materije kao rezultat ljudske aktivnosti u većini slučajeva završavaju u vodotocima čime na posredan način utiču, najčešće negativno, na kvalitet slatkovodnih ekosistema. Poznavanje kvalitete otpadne vode koja se ispušta u prirodni recipijent od presudnog je značaja za određivanje stanja vodenog ekosistema, odnosno korištenja takve vode navodnjavanje, rekreacijske svrhe ili kao pitke vode. U tabeli 6.1. prikazani su rezultati analize otpadnih voda nastalih u Sisecam Soda Lukavac. Na slici 6.1. prikazan je izgled taložnice bijelo more.

Tabela 6.1. Kvalitet industrijskih otpadnih voda, Sisecam Soda Lukavac

Ispitivani parametar/Jedinica mjere	Ispust Bijelo more	Ispust Crno more	Ispust fekalna kanalizacija	MDK
Protok (m ³ /dan)	8073	11410	45	-
Temperatura (°C)	20,7	21,1	19,9	30
pH	11,17 ± 0,04	8,76 ± 0,04	7,63 ± 0,03	6,5 –9,0
Boja (Pt Co skala)	71	59	37	-
Sadržaj otopljenog kisika (mgO ₂ /L)	1,62 ± 0,02	4,10 ± 0,06	3,31 ± 0,05	-
HPK-Cr (mg O ₂ /L)	90	107	111	125
BPK ₅ (mg O ₂ /L)	17	18	23	25
Ukupne suspendirane čvrste čestice (mg/L)	62,4 ± 5,7	20,3 ± 1,9	19,3 ± 1,8	35,0
Elektroprovodljivost (μS/cm na 20 °C)	110702	2490 ± 1,9	2710 ± 25,7	-
Isparni ostatak na 105°C (mg/L)	111004	2874	2995	-
Gubitak žarenjem (mg/L)	1100	870	547	-
Ukupni alkalitet (mg CaCO ₃ /L)	1180	2331	143	-
m-alkalitet (mgCaCO ₃ /L)	143	2014	143	-
p-alkalitet (mgCaCO ₃ /L)	1037	317	0,00	-
Hloridi (mgCl/L)	59067,2	300,1±25,8	206,1±17,7	250,0
Sulfati (mgSO ₄ /L)	587,5	126,4	101,1	200,0
Amonijak NH ₄ – N (mgN/L)	0,2	14,0	4,6	10,0
Nitriti NO ₂ – N (mgN/L)	0,03	0,07	0,05	0,50
Nitrati NO ₃ – N (mgN/L)	0,1	1,11	0,8	10,0
Ukupni nitrogen (mgN/L)	5,1	18,4	6,2	15,0
Orto-fosfati (mgP/L)	0,04	0,8	0,8	-
Ukupni fosfor (mgP/L)	0,05	0,9	0,9	2,0*
Test toksičnosti (48 LC ₅₀) Daphnia magna Straus (%)	1,5	Nije toksična	Nije toksična	> 50
Ukupna ulja i masti (mg/L)	0,0	5,3	8,6	20
Ukupne površinske aktivne tvari (deterdženti i dr.) (mg/L)	0,0	0,2	0,2	1,0
Mineralna ulja (mg/L)	0,0	0,5	0,0	10,0

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 6.1. može se zaključiti da preliv iz taložnice bijelo more sadrži ekstremno visoke koncentracije hlorida. Hloridi su prema dosadašnjim istraživanjima označeni kao onečišćujuća tvar sa razarajućim uticajem po okolinu, u manjim koncentracijama su neophodni za sve organizme, međutim pri visokim koncentracijama ispoljava toksičan uticaj. Hloridi su hemijski indikatori zagađenja i stalne su komponente industrijskih i komunalnih otpadnih voda, označeni su kao onečišćujuća tvar sa razarajućim uticajem na okolinu. Nalaze se su u obliku soli natrija, kalcijai magnezija, većina navedenih soli je rastvorljiva u visokim koncentracijama, zasićenje vode natrij hloridom je 360 g/kg vode (na 25 °C) što odgovara količini od 218 g hloridnih-jona na kilogram vode. Osim iz industrijskih i komunalnih otpadnih voda, hloridi u površinske a naročito podzemne vode dospjevaju i prilikom korištenja vještakog i stajskog gnojiva kao posljedica onečišćenje podzemnih voda ispod poljoprivrednih površina.



Slika 6.1. Izgled aktivne taložnice bijelo more Sisecam Soda Lukavac

7. ZAKLJUČCI

- Sedimenti u rijeci Spreči sadrže **arsen, kadmij, hrom, živu i nikel u koncentracijama koje su toksične po organizme u sedimentu**. Visoke koncentracije navedenih teških metala su rezultat ispuštanja neprečišćenih komunalnih, industrijskih i procjednih deponijskih voda sa šireg slivnog područja rijeka Spreče i Jale. Ekstremno visok sadržaj teških metala u sedimentu na ušću Spreče u jezero Modrac predstavlja visok ekološki rizik za osjetljivi jezerski ekosistem,
- Vrijednosti koncentracija ispitivanih teških metala (As, Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Ni, Pb i Zn) upoređeni sa maksimalno dozvoljenim koncentracijama (MDK) za ispitivanu vrstu zemljišta. U plavnim područjima, vrijednosti **hroma i nikla** su iznad MDK na mjernim mjestima Bokavići, Lukavac, Puračić, Dobošnica, Devetak, Sižje, Gnojnica, Krtova i Berkovica. Vrijednosti koncentracije **kadmija** su manje od MDK samo na jednom mjernom mjestu (Puračić) dok su na ostalim mjernim mjestima iznad što predstavlja vrlo visok rizik prenosa toksičnog kadmija u poljoprivredne kulture.
- Živa na mjernom mjestu Lukavac, Devetak, Dobošnica i Sižje je iznad granične vrijednosti, živa je jedini teški metal koji na sobnoj temperaturi isparava čime se osim tla na ovim lokacijama dodatno zagađuje i zrak. Na osnovu izmjerenih koncentracija teških metala, može se zaključiti da je poljoprivredno zemljište na plavnim područjima rijeke Spreče na području općine Lukavac kontaminirano teškim metalima te se kao takvo ne može koristiti u poljoprivredne svrhe.
- Visoke koncentracije teških metala u površinskim vodotocima poput rijeke Spreče i industrijskim otpadnim vodama uticale su da značajan dio nekad plodnih poljoprivrednih površina postane nepogodan za uzgoj biljnih kultura namjenjenim za ljudsku i animalnu ishranu. Na istraživanim lokalitetima potrebno je zabraniti bilo kakve poljoprivredne aktivnosti i što prije izvršiti fitoremedijaciju zagađenog zemljišta za što je potrebno koristiti slijedeće biljne kulture:
 - za uklanjanje nikla i kadmija Maslačak (*Taraxacum officinale*), Bijela djetelina (*Plantago lanceolata*), Pahuljasta medunika (*Holcus lanatus*), Muška bokvica (*Trifolium repens*) i Jablan (*Populus nigra var. italica*),
 - za uklanjanje hroma i žive Suncokret (*Helianthus annuus*) i Gorušica (*Brassica juncea*).

Primjenom fitoremedijacijskih tehnika i zabranom korištenja zagađenog poljoprivrednog tla, smanjenu se rizici od unosa teških metala u lanac ishrane, zagađivanja podzemnih voda i negativanih uticaja na zdravlje opće populacije Tuzlanskog kantona.

8. LITERATURA

1. Alloway B.J. (1995) Heavy Metals in Soils, Blackie Academic & Professional. 318.
2. Burton G.A. (2002): Sediment Quality Criteria in Use Around the World, The Japanese Society of Limnology, Limnology (3) 65-75 [dostupno na: <http://link.springer.com/article/10.1007/s102010200008#page-1>]
3. Codex Alimentarius Commission. Doc No. Cx/FAC 96/17 Joint FAO/WHO food standards programme. Codex general standard for contaminants and toxins in foods (1996).
4. Godišnji izvještaj zaštite okoline za 2013 Javno preduzeće Elektroprivreda Bosne i Hercegovine d.d – Sarajevo / Služba za okolinsko upravljanje, Sarajevo, 2014. [dostupno na: [Godišnji izvještaj o zaštiti okoline/okoliša 2013](#)]
5. Goletić, Š. (2005): Teški metali u okolišu, Univerzitet u Zenici, Zenica.
6. National Recommended Water Quality Criteria- [dostupno na: <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/criteria/current/index.cfm>]
7. Odluka o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uslovima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoringu voda ("Službene novine Federacije BiH", broj 91/13)
8. Pravilnik o toksinima, metalima, metaloidima te drugim štetnim tvarima koje se mogunalaziti u hrani ("Narodne novine", broj 16/05)
9. Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće ("Službene novine Federacije BiH", broj 113/10)
10. Pravilnik o maksimalno dozvoljenim količinama za određene kontaminante u hrani ("Službeni glasnik BiH" br. 37/09, 39/12)
11. Raask, E.(1985): The mode of occurrence and concentration of trace elements in coal, Fuel11(1): 97-118.
12. Reintegration of Coal Ash Disposal Sites and Mitigation of Pollution in the West Balkan Area"project No. 509173;[dostupno na: www.rhizo.at/RECOAL]
13. Swaine, D.J. (1990): Trace Elements in Coal, (M), Butterworth, London.
14. Swaine, D.J., Goodarzi, F. (1995): Environmental Aspects of Trace Elements in Coal
15. The Commission of the European Communities No 1881/2006 and No 629/2008 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.
16. Uredba o standardu kakvoće voda ("Narodne novine", broj 73/13)
17. United Nations Environment Programme-UNEP and World Health Organisation-UNEP/WHO (2008) Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure. United Nations Environmental Program and World Health Organization: Geneva, Switzerland.
18. US EPA. Human Health: Exposure Assessment [dostupno na: http://www.epa.gov/oswer/riskassessment/human_health_exposure.htm].
19. Uputstvu o postupku, radnjama i uslovima za vršenje kontrole plodnosti zemljišta ("Službene novine FBiH", br. 72/09).
20. WHO. Environmental Health Criteria 234. Elemental speciation in human health risk assessment. [dostupno na: http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241572345_eng.pdf.]
21. Xu, M., Rong, Y., Chuguang, Z., Yu, Qi., Jun, H., Changdong, S. (2003): Status of trace element emission in a coal combustion process: a review, Fuel Processing Technology (85) 215– 237
22. Hrvatska agencija za hranu (HAH) Kemijske i fizikalne opasnosti u hrani [dostupno na: http://www.hah.hr/pdf/Knjiga_kemijske_i_fizikalne_opasnosti.pdf]



Filipa Kljajića 22, 75000 Tuzla, BiH
tel: ++387 35 249 310, fax: ++387 35 249 311
www.ekologija.ba



ČUVAJMO OKOLIŠ!