

OBOLJEVANJE I UMIRANJE LJUDI IZLOŽENIH TEŠKIM METALIMA U NEPOSREDNOJ BLIZINI ODLAGALIŠTA ŠLJAKE I PEPELA TERMOELEKTRANE TUZLA

Autor: Nurka Pranjić

1. UVOD

Zadnjih godina u svijetu je naglašena zabrinutost zbog onečišćenja okoliša teškim metalima (1-2). Onečišćenja okoliša se mogu javiti kroz metalnu koroziju, atmosferska taloženja, eroziju tla metalnim ionima, ispiranja teških metala, suspendiranjem taloga i isparavanjem metala iz vodenih resursa i podzemnih voda u zemlji (3-8). Industrijski izvori često uključuju obradu metala u rafinerijama i sagorijevanje uglja u elektranama (9). Na biodostupnost metala utiču fizički (temperatura), hemijski i biološki faktori (trofičke interakcije i biohemijsko- fiziološko prilagođavanje) (10).

Poznato je da je u Evropskoj Uniji (EU) ugalj još uvijek važan izvor za proizvodnju energije ali njegova upotreba je u značajnom rastućem padu. Prednost se daje obnovljivim izvorima energije. Razlog tome je svjesnost da sagorijevanje uglja trajno zagađuje zemljište, zrak, podzemne i površinske vode, ugrožava zdravlje i život ljudi i svih živih organizama. Može se reći prijeti opstanku života na zemlji (11-12). Međutim, to nije slučaj u zemljama Balkana gdje proizvodnja energije iz uglja u termoelektranama predstavlja glavni izvor energije i gdje se planiraju novi i/ili povećani kapaciteti termoelektrana i njihovih postrojenja. Više od polovine ukupne količine električne struje se generiše iz lignita, najprljavije vrste uglja koje sagorijevanjem emituju okolišne otrove, naročito teške metale (13).

Zbog rudnog bogatstva ugljem u Tuzlanskom kantonu, u Tuzli je izgrađena najveća termoelektrana u periodu od 1959.- 1978. godine. Proizvodnja energije u termoelektrani Tuzla počela je 1963. godine (14). Termoelektrana Tuzla koristi lignit iz rudnika Dubrave, Šikulje i Mramor, a mrki ugalj iz rudnika Banovići i Đurđevik. Za proizvodnju električne energije Termoelektrana godišnje troši oko 3.3 miliona tona uglja, a sagorijevanjem uglja nastaje $\leq 1\ 000\ 000$ kubika šljake (15). Ugalj iz rudnika Banovići i Dubrave sadrži povećane koncentracije hroma, nikla i arsena, pa je sadržaj ovih metala visok u šljaci i pepelu (14). Sagorijevanjem uglja oslobađa se značajan sadržaj teških metala koji veoma utiču na

oboljevanje i smrtnost stanovništva (15). Termoelektrana je do sada koristila pet lokaliteta za odlaganje šljake: Plane, Drežnik, Jezero, Divkovići I i Divkovići II. Ranije su to bile obradive poljoprivredne površine oko 250 hektara ili oko 330 nogometnih stadiona. U njih je odloženo više od 30 miliona kubika šljake (14). Odloženi otpad (šljaka) sadrži teške metale i trajno zagađuje tlo, vodu i zrak. Ljudi koji žive u neposrednoj blizini termoelektrane unose otrovne metale udisanjem zrakom iz prašine ili smještene u lebdećim česticama (PM), preko kože i sluznica i preko probavnog trakta unosom kontaminirane hrane i vode (1-9). Nažalost, osim teških metala, tokom 2013. godine na deponiju Jezero, odloženo je 3000m³ opasnog otpada koji sadrži azbest uz odobrenje Federalnog ministarstva okoliša i turizma (16), najmoćniji uzrok raka današnjice (17).

Na odlagalištu šljake se poput zdjele stvara otvorena površina mulja i blata. Ljeti dolazi do isparavanja dijela tečnosti sa površine i na taj način stvara pepeo kojeg vjetar raznosi. Otpadne vode u naseljima uz deponiju šljake zagađuju tlo i povrtne biljke kojima se hrani stanovništvo u neposrednoj blizini. Drugi dio tečnosti, pun teških metala, se ispušta u rijeku Jalu, a potom vodotokom odlazi u rijeku Spreču u koju se ulijeva (i dalje u rijeku Bosnu). Odlagališta šljake i pepela predstavljaju stalni izvor kontaminacije okoliša (15). U sušnom periodu, nakon što površinski sloj vode ispari, površina odlagališta šljake ostaje relativno ravna. Pod uticajem vjetra veće čestice prašine se kotrljaju po površini ili budu podignute na visinu od oko 1m. Potom se one pod uticajem sile gravitacije vraćaju na površinu pri čemu zagađuju zrak novoformiranom emisijom sitnih čestica prašine koje se zadržavaju u zraku i budu nošene vjetrom na velike udaljenosti. Tokom vremena površinski sloj postaje tvrđi i onemogućava se dalje podizanje čestica. Međutim, djelovanjem oborinskih voda, površinski sloj se razmekšava i ponovo postaje mekan, podložan uticaju vjetra (15, 16). Okolišni teški metali zagađuju vodu, zrak i hranu. Kad uđu u organizam teški metali se nagomilavaju u organima, tkivima i mozgu (za neke metale specifičnim tkivima, primjerice živa u mozgu, olovo u kostima) (17).

1.1. Okolišni otrovi i ekotoksikologija

Otrovi su svuda oko nas i ne možemo ih izbjeći. Svi smo više ili manje otrovani. Čak od otrova iz okoliša nisu pošteđeni ni Eskimi i novorođena djeca. Nedavnim istraživanjima u Americi potvrđeno je da se bebama od izloženih majki mogu prenijeti 287 vrsta otrova (izmjereni u biološkim tkivima beba) (17).

Termin ekotoksikologija prvi je put upotrijebio Truhaut 1969. godine. Ekotoksikologija je naučna disciplina koja izučava širenje trovanja u prirodi, učinke izloženosti otrovima na pojedine organizme i životne zajednice, odnosno ekosistem. Zapravo, ekotoksikologija pručava direktni ili indirektni učinak ksenobiotika (toksične materije koje nastaju u živim organizmima, a u tom obliku ih ne nalazimo u prirodi) na sve žive organizme, odnos ksenobiotika prema neživoj materiji, te među- odnos između ksenobiotika i čovjeka (18).

U holističkoj medicini osnovno je pitanje uzrok oboljevanja (etiologija). Poznato je da su teški metali među najotrovnijim faktorima rizika oboljevanja. Zdrav ljudski organizam može izlučivati teške metale. Ipak, hronični bolesnici kojima lijekovi ne pomažu i ne donose oporavak mogu biti žrtve otrovanja okolišnim metalima (19-20).

Emisije čvrstih čestica koje sadrže teške metale događaju se preko otpadnih voda, taloženjem u sedimentu, putem procjednih voda sa deponija komunalnog i industrijskog otpada, te korištenjem mineralnih i organskih đubriva i pesticida (15).

1.2. Ekotoksikologija teških metala

Metali se u okolišu nalaze u zraku, vodi, hrani ili tlu, a mogu dospjeti i zadržati se kumulacijom u tkivima i organima živih organizama i čovjeka. Neki teški metali, željezo, kobalt, bakar, cink i mangan su esencijalni (nužni) za mnogobrojne funkcije u ljudskom organizmu. Njihov manjak (deficit) u organizmu dovodi do pojave ozbiljnih simptoma bolesti i poremećaja metabolizma. Međutim, povećana koncentracija metala u organizmu je nepoželjna i opasna. Njihovo nakupljanje (kumulacija) u masnom tkivu, kostima, žlijezdama s unutrašnjim izlučivanjem, jetri, bubrezima ili centralnom nervnom sistemu rezultira štetnim poremećajima zdravlja, a nerijetko teškim bolestima ili smrću (1-9).

Teški metali su ekološki značajni okolišni otrovi jer imaju biološko kruženje u okolišu. Za razliku od brojnih polutanata koji vremenom gube svoju toksičnost, teški metali se tokom vremena, ne razgrađuju, niti budu uništeni. Procesom bioakumulacije njihova koncentracija raste. Intenzitet njihovog kruženja u biološkim ekosistemima je neravnomjerna tokom godine i zavisi od: klimatskih uslova, blizine izvoru zagađivanja i aktivnosti bioloških sistema (1-3, 22).

Teški metali imaju sposobnost nakupljanja (kumuliraju se) u organima i tkivima. Akutna (jednokratna) izloženost izaziva akutna trovanja i bolesti u uzročnoj vezi sa prekomjernom koncentracijom određenog metala (dozom). Toksičnost i kancerogenost (uzrok raku ili

karcinomu) izazvana teškim metalima uključuju mnoge aspekte njihovog specifičnog mehanizma toksičnog djelovanja (21-23). Poznato je da svaki metal ima jedinstvene fizičko-hemijske osobine od kojih zavisi njegovo specifično toksikološko djelovanje. Okolišna otrovanja metalima su najčešće posljedica dugotrajne ekspozicije metalima različitih nivoa koncentracija (višekratna, svakodnevna), a zapravo predstavljaju hroničnu ekspoziciju ili hronična trovanja teškim metalima. Patologija učinaka (efekti) ekspozicije se mogu ispoljiti kao trovanja, alergije ili karcinom. Hronična izloženost teškim metalima za posljedicu ima razvoj ozbiljnih hroničnih nezaraznih oboljenja, a njihov nastanak nije povezan samo sa dužinom i koncentracijom trajanja ekspozicije, nego i toksikološkim i patološkim osobinama određenog metala i/ili više teških metala u sadejstvu (1-9, 21-23). Najučestaliji su neurološki, psihološki poremećaji zdravlja, karcinomi i poremećaji reprodukcije (21).

Izlaganja okolišnoj živi iz postrojenja na uglj, kao i okolišnom olovu predstavljaju poseban javnozdravstveni problem. Ni jedan od ova dva teška metala nema ulogu u funkcionisanju ljudskog organizma, a oba su snažni otrovi mozga, posebno u razvoju nervnog sistema nerodjenog djeteta i djece do 6 godine života. Ipak, živa je najotrovniji tekući metal koji uzrokuje raspad neuroloških stanica, te blokira stvaranje novih (24-29).

Otkriveno je da metalni ioni ulaze u interakciju sa komponentama ćelija poput DNA i nuklearnih proteina, uzrokujući oštećenje DNA i konformacijske promjene koje mogu dovesti do modulacije ćelijskog ciklusa, karcinogeneze ili apoptoze (smrti ćelije)(30,31). Teški metali ispoljavaju toksičnost inaktivacijom: popravke oštećenja DNA u jedri ćelije, metabolizma i detoksikacije u nekim ćelijskim organelama (mitohondriji, lizozomi, endoplazmatski retikulum, ćelijske membrane) (30). Arsen (32-34), kadmijum (35), hrom (36-37), olovo (38-39) i živa (40-41) su odgovorni za ključnu ulogu u toksičnosti i karcinogenosti zbog nastanka oksidacijskog stresa i proizvodnju reaktivnog kiseonika.

Oksidacijski stres ima glavnu ulogu u toksičnosti i kancerogenosti metala. Zbog visokog stepena toksičnosti, tih četiri metala i arsen (arsen je polumetal) imaju veliki značaj za javno zdravlje. Oni uzrokuju višestruka oštećenja zdravlja čak i pri nižim nivoima izloženosti. Prema Međunarodnoj agenciji za istraživanje raka (IARC), ovi se metali klasificiraju kao sigurni (arsen, hrom, kadmijum) ili vjerovatni (olovo, živa) karcinogeni na temelju epidemioloških i eksperimentalnih studija (30-41).

1.2.1. Arsen

Arsen (As), „kralj među otrovima“, je imao uticaj na ljudsku istoriju više nego bilo koji drugi otrov. Njegova primjena započela je još u antičkim vremenima kada se koristio u metalurgiji, medicini i kožnoj industriji. U srednjem vijeku kada je trovanje postalo dio društvenog i političkog života, korišten je za ubijanje ljudi u borbi za vlast. Čak se smatralo da se na arsen može naviknuti, pa su uglednici nerijetko preventivno uzimali male doze arsena kako bi bili manje osjetljivi u slučaju da ih netko pokuša otrovati (32,42).

Arsen je polumetal, široko rasprostranjen u prirodi. U maloj količini arsen je prisutan u zemlji. Izvjesnu količinu arsena sadrži morska voda. Glavni antropogeni izvor kontaminacije zraka arsenom je sagorijevanje fosilnih goriva, topljenje metala i upotreba pesticida. Arsen se kumulira u tijelu, posebno u kosi, koži i nekim unutrašnjim organima. Većina otrovanja u industrijskim uslovima nastaju inhalacijskim putem, a maksimalno dopuštena količina (MDK) arsenova trioksida u zraku iznosi 200 mikrograma/m³. Kod ljudi koji nisu profesionalno izloženi, arsen se unosi u organizam najviše putem onečišćene vode, a manje putem hrane, te zrakom. Iz tih izvora dnevno se u organizam unese od 40 do 50 µg arsena (33). Izloženost (ekspozicija) arsenu izaziva opadanje kose, dermatitis i druge probleme organa za varenje, zatim premorenost, glavobolju, zbunjenost, psihološke probleme i oderđene promjene na jetri i bubrezima. Karcinogenik je, pri čemu se arsen koji se udiše povezuje sa rakom pluća, a unešen preko hrane ingestijom povezan je sa karcinomom pluća, kože, mokraćne bešike, kolona i jetre (42).

Koncentracija arsena u hrani ovisi o vrsti hrane. U područjima koja nisu značajnije ugrožena arsenom, većina žitarica, voća i povrća sadržava od 0,1 - 1,0 mg As/kg suhe tvari. Posljedica primjene pesticida koji sadrže arsen mogu biti i do nekoliko stotina mikrograma arsena u vinu i mineralnim vodama. Biljke primaju arsen pasivno s vodom. Između sadržaja arsena u tlu i arsena u biljnom tkivu postoji pozitivna korelacija razmjerno količini arsena u tlu. Toksičnost arsena utvrđena je u biljkama koje rastu na odlagalištima rudnog otpada. Poput većine toksičnih metala arsen sa svojim spojevima ima svojstvo bioakumuliranja u nižećelijskim slatkovodnim organizmima, ali ne u tolikoj mjeri kao drugi metali (34,42).

Nakon apsorpcije iz probavnog trakta, pluća i putem kože, arsen se kratkotrajno (do 24 h), zadržava u krvi vezan uz globulinsku frakciju hemoglobina, a toksičniji trovalentni spojevi prevode se u manje toksične peterovalentne, te na kraju u organske spojeve arsena (5). Prosječno biološko poluvrijeme izlučivanja arsena iznosi 10 h za anorganske i 30 h za

organske spojeve. Bubrege je najvažniji put izlučivanja iz organizma. Koncentracija arsena u urinu odraz su izloženosti arsenu unutar 1-3 dana. Kod opće populacije iznosi do 50 mikrograma/L, u profesionalno izloženih osoba ne smije prijeći 70 mikrograma/L (to je biološka granična vrijednost), dok je količina od 200 mikrograma/L znak akutnog trovanja. Arsen je kumulativni otrov i pohranjuje se najviše u koži, kosi i noktima što se može otkriti već nakon 14 dana izloženosti arsenu prilikom zdravstvenog nadzora profesionalno izloženih osoba. U općoj populaciji nađe se oko 1 ppm arsena u uzorku kose. Količina od 0,1 - 0,5 mg upućuje na kronično, a količina od 1-3 mg na akutno trovanje (5, 34,42).

Akutno trovanje se najčešće pojavljuje nakon unošenja kontaminirane vode ili hrane, a u profesionalnoj je izloženosti rijetkost. Ono se očituje probavnim smetnjama, grčevima u trbuhu, povraćanjem, te mirisom po bijelom luku. Smetnje kardiovaskularnog sistema (srca) se ispoljavaju poremećajima ritma (aritmijom), padom krvnog pritiska, ventikularnom tahikardijom, fibrilacijom sve do kardijalnog šoka. Od moždanih (cerebralnih) simptoma prisutna je glavobolja, vrtoglavica, konvulzije, a nerijetko nastaje koma. Žutica, oligurija, proteinurija i hematurija simptomi u soštećenja jetre i bubrega. Zbog djelovanja arsena na disajni sistem dolazi do pečenja, crvenila sluznice očiju, nosa i ždrijela, kašlja i bolova u prsnom košu. Subakutno trovanje očituje se kožnim promjenama kao što su znojenje, dermatitis i ulkusi. Hronični tip trovanja obuhvaća srčano-žilni (kardiovaskularni), kožni, disajni, periferno- živčani sistem i jetru. Posljedica hronične izloženosti je pojava hromosomskih aberacija čime se očituje mutageno djelovanje, dok se karcinogeno djelovanje očituje karcinomom kože i pluća, angiosarkomom jetre, i leukemijom. Mogu se pojaviti melanoza i bolesti „crne kože“ za koju su karakteristične keratoze i kvržice na dlanovima i tabanima. Arsen je otrov reprodukcije- doprinosi nastanku spontanih pobačaja i mrtvorodstvu (5,32-34,42).

1.2.2. Kadmijum

Kadmijum (Cd) dolazi u prirodu preko fosfatnih umjetnih gnojiva i biljkama onečišćenim tim metalom, a čovjek ga udiše i u dimu cigareta. Glavni izvor ekspozicije stanovništva kadmijumu je kontaminirana hrana (žitarice i povrće koji potiču iz područja u kojima je zemljište kontaminirano kadmijumom (2-7). Poslije apsorpcije, kadmijum dospijeva u cirkulaciju kojom se transportuje do depoa. U krvi se distribuira između eritrocita (u kojima se nalazi 90% kadmijuma u cirkulaciji) i plazme (preostalih 10%). Najznačajniji depoi kadmijuma u organizmu su bubrezi, jetra i mišići. Po prekidu ekspozicije kadmijum

postepeno prelazi iz depoa u jetru u bubrege, tako da se poslije nekoliko godina u bubrezima nalazi i do 50% ukupnih količina kadmijuma u organizmu. Kadmijum se eliminiše iz organizma preko gastrointestinalnog trakta i urina (6,7).

Kadmijum, kao i ostali teški metali, ima veliki afinitet prema sulfhidrilnim grupama proteina. Pri vezivanju kadmijuma nastaju promjene u građi proteina, te promjena funkcionalnih i antigenskih svojstava. Visoka doza kadmija u bubrezima izaziva oštećenje tkiva bubrega, utiče na nastanak kamenca u bubrezima i povećanje krvnog pritiska. U urinu izloženih se otkrivaju bjelančevine niske molekularne težine. Kadmij se povezuje sa nastankom osteoporoze jer u izloženih se povećava izlučivanje kalcijuma u urinu. Za nastajanje promjena na kostima (osteomalacija i osteoporoza) značajna je povišena količina paratireoidnog hormona, koja prati oštećenje bubrežnih funkcija i pojačava demineralizaciju kostiju (35). Na taj način kadmij utiče na strukturu kostiju dovodeći do njihove deformacije. Čest je uzrok anemije, oštećenja srca i kancerogen je. Cd ne samo da oštećuje bubrege, on remeti funkciju jetre, gušterače, te različitih žlijezda (6-7).

Dugotrajna ekspozicija kadmijumu (hronična) najčešće oštećuje bubrežnu funkciju, što se ispoljava kao asimptomatska proteinurija. U početku se u urinu nalaze samo proteini male molekularne mase, najčešće je riječ o globulinima (β_2 -mikroglobulinima), pa se ovaj stadijum naziva asimptomatska mikroglobinnurija. U najvećem broju slučajeva oštećenje bubrega ostaje na ovom stepenu. U težim slučajevima nastaju enzimurija, proteinurija, aminoacidurija, fosfaturija, kalciurija (znaci koji odgovaraju parcijalnom Fanconijevom sindromu) i smanjenje koncentracione sposobnosti bubrega. Kao posledica fosfaturije i kalciurije, raste i učestalost renalne kalkuloze. Smatra se da je, zavisno od inteziteta ekspozicije, potrebno između 10 i 20 godina ekspozicije kadmijumu da bi došlo do pojave proteinurije. Oštećenja glomerularne filtracije s proteinurijom i pojavom nefrotskog sindroma javljaju se samo sporadično kod osoba dugotrajno izloženih izuzetno visokim koncentracijama kadmijuma. Poremećaji bubrežnih funkcija izazvani kadmijumom ireverzibilni su i imaju spor ali progresivan tok. Usljed dugotrajne izloženosti kadmijumu, mogu nastati i promjene na kostima u vidu osteoporoze i osteomalacije. Promjene na kostima praćene su bolovima u ekstremitetima i leđnom dijelu kičme i otežanim hodom. Kod osoba izloženih kadmijumu može se razviti emfizem pluća koji prati dispneju (zaduhu) pri naporu. Veoma često se javlja anosmija (gubitak mirisa), žuta prebojenost vrata zuba i ulceracije na sluznici nosa (nazalnoj mukozi). Međunarodna agencija za istraživanje raka (IARC) svrstala je kadmijum u IA grupu humanih karcinogena. Pojava karcinoma pluća i prostate može se povezati s ekspozicijom

kadmijumu (35). Poznat je sindrom bolnih kostiju („itai-itai“) u Japanu zbog kontaminacije tla kadmijumom. U jednom istraživanju je potvrđeno da se povećane koncentracije kadmijuma u zraku dovode u vezu sa povišenim krvnim pritiskom i arteriosklerozom. Kadmijum je i otrov reprodukcije (6,7,35).

1.2.3. Hrom

Hrom (Cr) je prirodni element prisutan u zemljinoj kori, s valentnim stanjima u rasponu od dvovalentnog do šestovalentnog (43). Stabilni spojevi hroma trovalentni (Cr, III) i šestovalentni oblik (Cr, VI) (37). Elementarni hrom se ne pojavljuje prirodno. Hrom se nalazi u okolišu u zraku, vodi i tlu) iz širokog raspona prirodnih i antropogenih izvora s najvećim oslobađanjem iz industrijskih objekata (obrada kože, proizvodnju hromata, zavarivanje od nehrđajućeg čelika, proizvodnju ferohroma i pigmenta hroma). Povećanje koncentracije hroma u okolišu povezano je s oslobađanjem hroma iz zraka i otpadnih voda. Hrom oslobođen u okoliš iz industrijskih objekata se javlja uglavnom u šestovalentnom (heksavalentnom) obliku (Cr, VI) (44). Šesteroklasni krom je otrovna industrijska onečišćujuća tvar koja je klasificirana kao sigurni ljudski kancerogen (44-46). Hrom se otkriva površinskim vodama u nivoima iznad dozvoljene granice 50µg/L Cr (VI) prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji (46).

Procjenjuje se da je na radnom mjestu šestovalentnom hromu godišnje izloženo više od 300 000 radnika. Trovalentni hrom je esencijalni nutrijent koji igra ulogu u metabolizmu glukoze, masti i bjelančevina putem pojačavanjem djelovanja inzulina (5). Procjenjuje se da se 33 tona ukupnog Cr godišnje ispuštaju u okoliš (44). Američka uprava za sigurnost i zdravlje na radu (OSHA) nedavno je postavila "siguran" (dozvoljen) nivo 5µg/m³ za 8-satno radno vrijeme, iako još uvijek ovaj nivo ekspozicije može predstavljati kancerogeni rizik (47). Za opću populaciju dozvoljeni nivo Cr kreće se od 1 do 100 ng/ cm³ [139], ali mogu premašiti ovaj raspon u područjima koja su blizu proizvodnje Cr (48). Ne-profesionalna izloženost javlja se ingestijom hrane i vode koja sadrži hrom, dok se profesionalna izloženost javlja putem inhalacije (47). Sadržaj hroma u hrani jako varira i ovisi o njenoj obradi i pripremi. Općenito, većina svježih namirnica obično sadrže nivoa hroma u rasponu od <10 do 1300µg/ kg. Iako je glavni put ljudske izloženosti hromu udisanjem (inhalacijom), zabilježeno je značajno ljudsko izlaganje hromu preko kož2 (47,48). Okolišna i profesionalna izloženost šestovalentnom Cr uzrokuje multiorgansku toksičnost kao što je oštećenje bubrega, alergija i astma, te rak, posebno respiratornog sistema (5, 46).

Udišući visoke koncentracije šestovalentnog Cr nastaje iritaciju sluznice nosa i čirevi u nosu. Neke osobe su iznimno osjetljive na hrom (šestovalentni i trovalentni) i u njih se javljaju alergijske reakcije (ekcemi i edemei kože). Povećana učestalost tumora želuca potvrđena je u epidemiološkim studijama (36-37, 47-48).

1.2.4. Olovo

Olovo (Pb) se nalazi u tlu, vodi i zraku, te u skladu s tim u biljnom svijetu i hrani. Najčešće se nalazi zajedno sa cinkom, srebrom i bakrom. Rudarenje i sagorijevanje uglja uzrokuju emisiju olova u okoliš. Izloženost olovu preko vode općenito je niska u poređenju sa ekspozicijom u zraku. Olovo se nalazi u različitim koncentracijama u hrani, mlijeku, majčinom mlijeku (poseban oprez zbog djece). Koncentracija olova u prerađenom kravljem mlijeku veća je nego u majčinom. Moguće je da postupkom prerade kravljeg mlijeka može doći do povećanih koncentracija olova. Skladišti se u kostima i manjim djelom u jetri, bubrezima i mekim tkivima. Olovo nema ulogu u funkcionisanju ljudskog organizma (nije esencijalni metal, potreban organizmu) (38-39).

Anorgansko Pb se vrlo slabo apsorbira u organizam u odraslih (10% unešene količine), te znatno bolje kod djece (50%). Trovanje olovom oštećuje funkciju mozga i nervnog sistema, posebno u nerodjenog djeteta i djece do 6. godine života (49). Najteži oblici izazivaju smrt. Niski unos kalcijuma (Ca) pojačava apsorpciju Pb zbog natjecanja za isti receptor. Smanjeni unos cinka (Zn) i deficit željeza (Fe) također pojačavaju apsorpciju Pb. Stoga, olovo izaziva hemolizu eritrocita (razgradnju crvenih krvnih zrnaca) i skraćuje njihov vijek. To može dovesti do ubrzane hemotopaze, povećanog broja retikulocita, mikrocitne anemije i hiperbilirubinemije. Olovo se ugrađuje u kosti umjesto kalcijuma (kumulira se), pa je utvrđena povišena koncentracija olova u krvi kod nedostatnog unosa kalcijuma (50-51). Klinički znaci trovanja olovom uključuju neurološke simptome od blagih nespecifičnih smetnji centralnog nervnog sistema do olovne encefalopatije. U djece može nastati promjena ponašanja, hiperaktivitet (sindrom hiperaktivnog djeteta), minimalna moždana (cerebralna) disfunkcija, ili čak mentalna retardacija. Olovo u odraslih može oštetiti periferni živčani sistem i izazvati parezu ili u težim slučajevima paralizu nervusa radialisa (živca palčane kosti na rukama) (2, 38-39, 49-51).

Patološka morfologija (teratospermija) i smanjen broj spermija (hipospermija), astenospermija i impotencija može se otkriti pri koncentracijama olova u krvi $\geq 40 \mu\text{g/dL}$. Žene u reproduktivnom periodu su osjetljivije. Može se razviti poremećaj ovulacije, amenoreja,

sterilitet, porast broja spontanih pobačaja i rađanje prematurusa. Olovo nesmetano prelazi placentu, a ulazi i u majčino mlijeko. Djeca mogu biti otrovana olovom čak prije rođenja preko placentu. Tek rođene bebe kod kojih je određen nivo olova u krvi od 15 $\mu\text{g/dL}$, u prosjeku imaju smanjen mentalni razvoj. Utvrđena je korelacija između oštećenja sluha i koncentracije olova u krvi $\geq 20 \mu\text{g/dL}$. U djece, u kojih je određen nivo olova u krvi 60-100 $\mu\text{g/dL}$, srećemo razrokost, ravna stopala, albuminuriju i usporen rast. Evidentan je pad insulin-ovisnog faktora rasta (IGF-1) u djece sa koncentracijama olova u krvi $\geq 40 \mu\text{g/dL}$ (1. 93 $\mu\text{mol/L}$) (49-51).

1.2.5. Živa

Živa (Hg) je teški metal koji se prirodno pojavljuje u malim količinama u okolišu usljed erozije tla. Pojavi žive u okolišu doprinosi sagorijevanje fosilnih goriva. Procjenjuje se da 60% naslaga žive potiču iz lokalnih termoelektrana, posebno u jugoistočnoj Evropi. Istraživanjem je potvrđeno da je u EU sagorijevanje uglja glavni izvor emisije žive, a monitoringom je utvrđeno da su sadržaji žive u okolišu EU previsoki. Kritične količine žive su u 90% ekosistema premašene (1-3, 40-41).

Živa kruži u prirodi uglavnom kumulirana u živom svijetu od planktona do sisara. Kad se jednom nađe u okolišu, živini spojevi mogu doživljavati različite promjene. Dokazano je da se anorganska živa može pretvoriti u metilnu i dimetilnu živu (“organska”) djelovanjem mikroorganizama. Metilna živa ulazi u čovjekove prehrambene lance preko vodenih biljki, algi, školjki i riba u kojima se kumulira. U namirnicama životinjskog prijekla najviše je metilne žive, dok je u biljkama živa uglavnom u anorganskom obliku. Riba kumuliraju Hg skoro 1000 puta, a školjkaši skoro 3000 puta većeg nivoa (sadržaja) nego kolike su njene koncentracije u njihovom okolišu. U ishrani, u namirnicama životinjskog prijekla je najviše metilne žive, dok je u biljkama Hg uglavnom u anorganskom obliku (51-52). Elementarna živa je toksična, a toksični su svi spojevi žive (organski i neorganski). Živa je otrov svake protoplazme (opšti ćelijski otrov), a djeluje vežući se na sulfhidrilne grupe enzima, te za amidne, karboksilne, i druge skupine (receptore). Između ostalog živa u organizmu blokira kalcijeve kanale. Živa je najjači otrov centralnog nervnog sistema, a u mozgu se i kumulira (26, 52-53).

Procjena ukupnih količina žive koju čovjek unosi iz zraka, vode i hrane pokazuje da su glavni izvori žive hrana i voda, a potom se u različitoj hrani nalaze različite koncentracije žive. Povećane količine žive učestalo se nalaze u ribama koje žive u vodi onečišćenoj živom iz

industrijskih pogona. Treba naglasiti da se živa u čovjekovom organizmu najlakše resorbira u obliku organskih spojeva. Ti spojevi lako prolaze kroz biološke membrane i raspodjeljuju se u tijelu. Oni također, prelaze i hematoencefalnu i placentalnu barijeru što je od posebnog značaja za poremećaje zdravlja koja uzrokuju trovanja živom. Novija istraživanja pokazuju da čak vrlo male koncentracije žive, koje se često nalaze u priobalnim vodama, mogu inhibirati fotosintezu biljnog svijeta (54-58).

Živa je prvenstveno otrov centralnog nervnog sistema, ali se simptomi trovanja ispoljavaju i na organima preko kojih se živa izlučuje (bubreg, izvodne ili ekskretorne žlijezde). Utvrđeno je da je živa povezana sa nastankom: autizama, poremećaja u ponašanju, poremećaja pažnje i pada imunološkog sistema (24, 26, 52,53). Prvi simptomi trovanja javljaju se u gastrointestinalnom traktu, a zatim u nervnom sistemu. Anorganska Hg uglavnom oštećuje bubrege. Pri jačoj izloženosti postoji klasičan trijas simptoma: tremor, gingivitis, jaka anksioznost i poremećaj ponašanja (živin eretizam, „ludi šeširdžija“(24, 52.53). Metilna živa oštećuje koordinaciju i senzorne funkcije centralnog nervnog sistema (54).

Akutno trovanje organskim spojevima žive (metilna lživa) izaziva teške neuromuskularne i neurološke defekte (veže se za sulfihidrilne, amidne, karboksilne, i druge skupine; između ostalog, blokira kalcijeve kanale), koji mogu dovesti do smrti (24, 26, 52,53, 55-58). Metilna živa je i razvojni toksin (*inhibira dijeljenje stanica fetusa*) i na taj način uzrokuje ozbiljne neurološke poremećaje nerođenog djeteta i novorođenčeta. Sindrom autizma u djece se dovodi u vezu s toksičnim djelovanjem žive transportovane plodu preko majke koja je prethodno i tokom trudnoće bila izložena živi. Ekspozicije djeteta malim količinama žive može se dogoditi neposredno nakon rođenja (vaccine, okoliš) (54, 59-61).

Prva epidemija trovanja živom u okolišu opisana je u Japanu, gdje se u nekoliko godina ekspozicije otrovalo preko 1200 ljudi, stanovnika zaljeva Minamata i Niigata. Poznata je kao Minamata bolest. Oni su jeli ribu u kojoj su bile nakupljene veće količine metilne žive. Metilna živa je nastala transformacijom malih količina anorganske žive koja je izbacivana u vodu zaljeva kao otpadni materijal jednog industrijskog pogona u kojoj je živa upotrebljavana kao katalizator hemijskog procesa (slično kao u elektrolizi, u HAK-u) (52-53). Uz trovanja odraslih stanovnika (pretežno ribari i članovi njihovih porodica) rodila su se djeca sa teškim kongenitalnim malformacijama mozga od majki koje nisu tokom trudnoće pokazivale simptome i znake trovanja živom. Tokom trudnoće živa je preko placente prelazila u fetalno moždano tkivo i tamo se kumulirala (40-41).

Upotreba živinih spojeva u sastavu pesticida (djelotvorni fungicidi) je takođe način onečišćenja okoliša živom. Do danas je opisano nekoliko epidemija tokom kojih su otrovane stotine ljudi u Iraku i Pakistanu. Najčešće su se trovanja događale preko hljeba pripremljenog od žitarica koja su prethodno tretirana Hg – pesticidom (21). Živa je karcinogenik drugog reda jer je potvrđeno njeno karcinogeno djelovanje u eksperimentu, ali nema dovoljni epidemioloških istraživanja koje to potvrđuju na čovjeku (čovjek ne može biti eksperiment) (59-61).

1.3. Metali koji su pratioci najtoksičnijih metala

1.3.1. Kobalt

Kobalt se dobija kao nusprodukt u rudarstvu. Često je udružen sa niklom, srebrom, olovom, bakrom i željezom. On je srebrenastosiv, sjajan, krt i tvrd metal, s magnetskim svojstvima. Hrana i pića koja sadrže kobalt su glavni izvor ekspozicije kobaltu u okolišu. Voda za piće sadrži koncentracije 0.1-5,1 mg/L. Kobalt je bitan hranjivi sastojak za život, a esencijalni vitamin B12 (hydroxocobalamin) sadrži kobalt. Kobalt nije kumulativni toksin i njegova koncentracija u tijelu je stabilna (62, 63).

Ekspozicija kobaltu može dovesti do razvoja kontaktnog dermatitisa. Kobalt je dobar stimulus za pojačanu eritropoezu i može izazvati policitemiju. Kobalt je povezan sa razvojem *kardiomiopatije*. Naime, primjećena je i nešto češća pojava kardiomiopatije kod “zagriženih“ konzumenata piva koje sadrži kobalt kao stabilizator pjene. Ti ljudi su pili više od 10 litara piva. Mehanizam oštećenja najvjerovatnije je bio povezan sa endolizozomskim taloženjem kobalta i citolize sa sljedstvenim razvojem fibroze u miokardu. Česta nuspojava liječenja anemije kobaltom je bila pojava hipotireoidizma sa gušom. Kod nekih radnika izloženih kobaltu primjećeni su znaci hipofunkcije štitne žlijezde ali nema konkretnih dokaza koji ukazuju da je ona posljedica ekspozicije kobaltu. Kobalt je moguć karcinogen. Sa ekspozicijom kobaltu dovodi se u vezu rak pluća, debelog crijeva, želuca i prostate (1-7, 62-63).

1.3.2. Mangan

Mangan je jedan od pet najvažnijih oligoelemenata u organizmu i esencijalan je element za sve vrste. On ulazi u sastav mnogih enzima i učestvuje u brojnim enzimskim reakcijama. Potreban je za normalan metabolizam bjelancevina i masti, regulaciju šećera u krvi i za zdrav

imunološki sistem. Toksičan je, a eksperimentalno je dokazano da su spojevi mangana kancerogeni i teratogeni (62-63).

Zeleno lisnato povrće, žitarice, lješnjak, čaj, neke vrste voća i začini su hrana bogata manganom. Važno je znati da soja u vještačkoj prehrani dojenčeta ima 50-100 puta više mangana nego majčino mlijeko. Ovim podatkom se treba rukovoditi u planiranju ishrane dojenčeta da ne bi došlo do intoksikacije manganom koja se kasnije, u dječjem dobu, ispolji poteškoćom učenja (2).

Izloženost visokim koncentracijama mangana može uzrokovati neurološki poremećaj nazvan *manganizam*. Početni simptomi intoksikacije su nespecifični. Javlja se glavobolja, umor, poremećaj spavanja i razdražljivost. Nakon toga se razvija psihotično stanje *locura manganica*. Psihotično stanje prate poremećaji koji su slični parkinsonizmu. Znak su ekstrapiramidalne motorne disfunkcije koja uključuje mišićnu rigidnost, promijenjen hod ("pijetlov hod"), pomanjkanje facijalne ekspresije i fini tremor. Oporavak od razvijenog poremećaja manganizma je rijedak, i disfunkcija perzistira i nakon prekida ekspozicije. Mogu se javiti znaci ubrzanog starenja u mlađih osoba i manganski parkinsonizam u starijih (62).

Mn bila značajno udružen sa tremorom u miru i smanjenjem koordinacije pokreta gornjih ekstremiteta, smanjenom sposobnošću učenja novog i pamćenja. Veće koncentracije mangana u krvi u muškaraca bile su povezane sa sporijim sinergističkim pokretima tijela. Poremećaji se češće bili izraženi u muškaraca nego u žena. Zbog neurotoksičnosti mangana ostaje da se istraži uticaj okolišnog mangana na zdravlje (1-7, 62-63).

1.3.3. Nikl

Nikl (Ni) spada u grupu teških metala, a veoma je toksičan metal. To je bijeli metal kao srebro, a odlikuje se velikom tvrdoćom. Nikl je esencijalni element prisutan u mnogim enzimima. Dnevno bi ga trebalo minimalno unositi u količini 0,3 mg. Esencijalna uloga nikla u metaboličkim procesima viših biljaka otkrivena je relativno kasno u odnosu na druge do sada potvrđene esencijalne elemente. Njegova se esencijalnost potvrđuje time što je funkcionalni element za djelovanje enzima ureaze i u tim procesima ne može biti zamijenjen drugim elementom, kao što ni metabolizam uree ne može poprimiti drugi smjer. Njegova uloga u životinjskom i ljudskom organizmu još nije potpuno razjašnjena. Čini se da nedovoljna opskrba niklom može uzrokovati narušavanje strukture i uloge ćelijske

membrane i prekinuti metabolizam željeza. Nikl (nikal) je toksičan za biljke i životinje. Poznati je karcinogenik. Nikl se nakuplja u lišću i sjemenju, te žitaricama (63).

Može veoma štetno uticati na životnu sredinu. Veliki sadržaj nikla u hrani direktno zavisi od njegovog sadržaja u tlu. Posebna uloga nikla na okoliš je prisustvo ovog metala u zemljištu i vodi. Nikal u vodi može izazvati poremećaje rada bubrega i mokraćnih puteva. Poznata bolest koju uzrokuje Ni u vodama je **endemska nefropatija**. Nikl se u vodi nalazi u vidu Ni^{2+} jona (MDK u vodi je 0,01mg/L). Povećan sadržaj nikla u vodi može izazvati oboljenja bubrega. Često je udruženo sa tumorima mokraćnih puteva (5-7, 62,63).

Hronično izlaganje određenim oblicima nikla putem inhalacije je kancerogeno. Dugotrajna podražnost tkiva kože i sluznice niklom može se ispoljiti kao alergijski dermatitis, alergijska astma, rinitis i sinusitis. Akutna podražnost povezana je sa pojavom metalne groznice ili upalne promjene pluća nakon udisanja nikla u obliku prašine ili dima. Hronično dugotrajno trovanje niklom može rezultirati nekrozom jetre ili karcinomom (62).

1.3.4. Bakar

Bakar je esencijalni teški metal jer je bitan za biohemijske i fiziološke funkcije. Bakar je nužan u sastavu nekoliko ključnih enzima i igra važnu ulogu u različitim reakcijama oksidacijske redukcije (63). Bakar, na primjer, služi kao esencijalni ko-faktor za nekoliko oksidacijskih stresnih enzima, uključujući katalazu, superoksid dismutazu, peroksidazu, citokrom c oksidaze, ferooksidaze, monoamin oksidaze i dopamin β -monoooksigenazu (64-66) Važan je nutrijent koji je ugrađen u niz metaloenzima koji su uključeni u stvaranje hemoglobina, metabolizam ugljikohidrata, biosintezu kateholamina i umrežavanje kolagena, elastina i keratinskih kose (65-66). Bakar je također potencijalno toksičan u visokim koncentracijama jer može stvarati superokside i hidroksilne radikale (65). Takođe, prekomjerna izloženost bakru povezana je sa ćelijskim oštećenjima koja dovode do Wilsonove bolesti kod ljudi (64-66).

2. ISPITANICI I METODE ISTRAŽIVANJA

Tokom 2016. godine provedena je presječna studija koja je imala za cilj skrining dugoročnih neželjenih učinaka (efekata) ekspozicije teškim metalima na području odlagališta šljake i Termoelektrane Tuzla, gdje je izvršen ambijentni monitoring teških metala tokom 2015. godine.

2.1. Ispitanici

Istraživanjem je bilo obuhvaćeno 502 ispitanika, 237 muškaraca (47.2%) i 265 (52.8%) žena. Prosječna dob ispitanika bila je 52.40 ± 13.988 godina. Učešće u istraživanju bilo je na dobrovoljnom nivou, a skrining je proveden anketiranjem građana. Skrining je obavljen anketiranjem stanovnika, od domaćinstva do domaćinstva u izabranom području istraživanja (terenski rad educiranog anketara). Kontrolnu skupinu je činilo 100 stanovnika naselja Solina koji ne žive u blizini odlagališta šljake iz Termoelektrane (>od 12 km drumske razdaljine i >od 4km vazdušne udaljenosti od postrojenja Termoelektrane i deponije šljake), niti u blizini Termoelektrane. Ispitanici kontrolne skupine predstavljaju opću populaciju općine Tuzla. Ispitanike su činili stanovnici naselja Divkovići, Plane, Bukinje i Šićki Brod, ukupno 402 ispitanika. Ciljnu i prvu istraživačku grupu (I grupa) činili su stanovnici koji žive u neposrednoj blizini odlagališta šljake (rubna naselja), a blizu termoelektrane: 51 stanovnik naselja Divkovići i 121 stanovnik naselja Plane. Drugu istraživačku grupu činili su stanovnici koji žive u neposrednoj blizini Termoelektrane i u blizini deponije šljake iz Termoelektrane: 85 žitelja Bukinja i 145 Šićkog Broda.

Istraživačka hipoteza glasi: život u kontaminiranom okolišu teškim metalima značajno utiče na na zdravlje i umiranje stanovnika koji tu žive. Oni su svakodnevno (višeputno i ponavljano), dugotrajno izloženi metalima u okolišu koji potiču iz Termoelektrane u zraku, tlu, hrani i vodi. Metali se oslobadjaju sagorijevanjem fosilnih goriva, kao i odlaganjem zaostale šljake i pepela u deponije šljake i pepela iz Termoelektrane.

2.2. Ambijentni i biološki monitoring okoliša

Tri nevladine organizacije (Centar za ekologiju i energiju, CEE, Bosna i Hercegovina; CEKOR, Srbija; i Green Home, Crna Gora) skupili su uzorke ljudske dlake, tla, sedimenta, riba i kokošijih jaja i testirali ih na prisutnost teških metala tokom 2015. godine. Uzorci tla, sedimenta i voda su uzeti u Tuzli, u blizini Termoelektrane, takođe. Testirano je prisustvo slijedećih metala u sakupljenim uzorcima: živa, (takođe i metilna živa u živom tkivu: kosa, jaja, ribe), olovo, arsen, kadmijum i hrom (13). Monitoriran je i sadržaj nikla, takođe (15).

Izvršena je analiza uzoraka tla, sedimenta, i voda uzetih u neposrednoj blizini odlagališta šljake i pepela Plane (na udaljenosti 750m) i Divkovići (Divkovići I, Divkovići II) na udaljenost od 250-980m, a ukupno je izvršena analiza 32 uzorka. Tlo je analizirano u 3 uzorka (naselje Pogorioci uz šljacište, Divkovići na udaljenosti 500m i Plane na udaljenosti 750m).

Sediment je analiziran u Potoku Banovac, rijeke Jale na mjestu ušća Banovca u Jalu i rijeke Jale kod Polihema. Uzorci vode su uzeti kao: prelivna voda sa aktivnog odlagališta Jezero II; procjedna voda potok Banovac; procjedna voda sa vrha odlagališta prema naselju Pogorioci, voda rijeke Jale u Šićkom Brodu ispod mosta i voda rijeke Jale kod Gornje Tuzle (kontrolni uzorak).

Uzorci zemljišta za analizu uzimani su sa dubine od 0-25 cm. Prosječan uzorak dobiven je homogeniziranjem pojedinačnih uzoraka. Uzorkovanje sedimenta izvršeno je pomoću cijevi koja se uranja u sediment. Uzorci biljnog materijala uzimani su kao cijele biljke, a analiziran je samo podzemni i/ili jestivi dio. U naselju Divkovići uzeta su konzumna jaja od kokoški nosilja, starih 2-3 godine. Kokoške su se slobodno kretale unutar dvorišta, a hranile su se kukuruzom uzgojenim na lokalnim njivama. U naselju Plane uzeto je 8 konzumnih jaja od jedne kokoške nosilje. U naselju Divkovići jaja se prodaju susjedima, a u naselju Plane koriste se za potrebe samo jedne porodice. Za potrebe određivanja hemijskog kvaliteta vode uzet je kompozitni uzorak sa pet lokacija i stabiliziran sa koncentrovanom hlorovodoničnom kiselinom. Uzorci tla uzeti su početkom maja 2015. godine na zemljišnim površinama koje nisu tretirane gnojivima.

Biološki monitoring je proveden u 20 uzoraka organskog porijekla: 2 uzorka kokošijih jaja, 1 u Divkovićima i 1 u Planama; 1 krompira (u Planama 750m udaljeno od odlagališta šljake); 3 bijelog luka; crveni luk, celer i peršun; ribe štuke; i 12 uzoraka ljudske kose: 3 u naselju Divkovići, 2 u naselju Plane, 3 u Bukinju i 4 u Šićkom Brodu.

2.3. Rezultati ambijentnog monitoringa teških metala u okolišu

2.3.1. Sadržaj teških metala u tlu

Tabela 1. Sadržaj teških metala u uzorcima tla

Sadržaj teških metala u tlu (mg/kg)	Pogorioci	Divkovići	Plane
Arsen (As), ref.* 15	32.8	18.6	30.1
Kadmijum (Cd) ref. 1.0	2.0	1.1	1.2
Hrom (Cr) ref. 80	325.9	143.8	142.9
Živa (Hg) ref. 1.0	0.21	0.14	0.15
Olovo (Pb) ref.80	14.0	24.9	28.8
Nikl (Ni) ref. 40	209.5	74.1	111.6

*ref. –referentne vrijednosti

Utvrđene su prekomjerne koncentracije metala na svim lokalitetima (Pogorioci, Divkovići, Plane) i to: arsena, kadmijuma, hroma i nikla (15, 67). Sadržaj metala u tlu uz odlagalište Divkovići i Plane prelazi dozvoljene koncentracije u svim uzorcima za sve uzorkovane teške metale, osim za olovo i živu. Nesumnjivo je porijeklo metala sa odlagališta ukoliko se uporede sadržaji metala u odnosu na različita mjesta uzimanja uzorka. Najviši sadržaji metala u tlu su u Pogoriocima, naselju koji je neposredno uz odlagalište u odnosu na Divkoviće i Plane. Uglavnom je sadržaj metala koji prelaze dozvoljene koncentracije u tlu Pogorioca značajno viši u odnosu na referentne dozvoljene koncentracije: nikl 5X, hrom 4X, arsen i kadmijum 2X. Uočljivo je da su koncentracije nikla i hroma i kadmijuma više za oko 2X u Pogoricima nego u Planama, osim za arsen (u Pogoriocima i Planama za 2X prekoračene vrijednosti arsena u odnosu na dozvoljene). Poznato je da arsen u tlo dopijeva depozicijom iz zraka. Živa i olovo su se kretali u referentnim vrijednostima, ali to sigurno nije znak da okoliš, voda, hrana i živi svijet tog područja nije kontaminiran sa ova dva metala.

2.3.2. Sadržaj teških metala u uzorcima sedimenta

Tabela 2. Sadržaj teških metala u uzorcima sedimenta

Sadržaj teških metala u sedimentu (mg/kg)	Potok Banovac	Jala na ušću Banovca	Jala kod Polihema	Jala u Gornjoj Tuzli- kontrola
Arsen (As) SEL 33**	42.3**	32.4*	35.3**	49.8**
Kadmijum (Cd) LEL 0.6††	1.2††	<1.0††	1.5††	2.4††
Hrom (Cr) SEL 110**	299.9**	260.6**	167.5**	224.6**
Živa (Hg), LEL 2.0††	0.50††	0.42††	0.37††	0.24††
Olovo (Pb) TEL 35†, LEL 31††	<0.1	<0.1	34.7††	5.4
Nikl (Ni) SEL 75**	322.5**	279.9**	94.6**	193.3**

*TET (severe effect level)- nivo poremećaja zdravlja

SEL (toxic effects-koncentracije metala koje mogu izazvati **ozbiljne poremećaje zdravlja)

†TEL (threshold effects level) – dozvoljeni nivo

†† LEL (lovest effects level) – granična vrijednost iznad koje se javljaju negativni uticaju na zdravlje

Utvrđena je prisutnost svih teških metala u tlu na svim izabranim lokalitetima koji mogu biti povezani sa odlaganjem šljake iz Termoelektrane (15), ali i u kontrolnom području u sedimentu rijeke Jale, u blizini Gornje Tuzle, gdje su najtoksičnije koncentracije arsena u odnosu na sve lokalitete, osim olova. Koncentracije arsena, hroma i nikla se otkrivaju u nivoima koja izazivaju ozbiljne poremećaje zdravlja. Živa prelazi granične vrijednosti iznad kojih se razvijaju zdravstveni poremećaji, a olovo prelazi granične vrijednosti samo na lokaciji POLIHEM-a.

2.3.3. Sadržaj teških metala u uzorcima hrane: povrtnih biljaka, jajima kokoški i ribe

Rezultati analize sadržaja teških metala u povrtnim biljkama otkrivaju prisustvo različitih koncentraciju teških metala u njima (15). Teške metale iz tla biljke većinom unose i absorbiraju preko korijenja, a difuzijom sa nadzemnih dijelova, preko lista i ploda. Prekogranice

koncentracije olova otkrivene su u bijelom luku koji je uzgajan u Planama (250m i 750m udaljen od odlagališta Divkovići II). Povišene koncentracije olova utvrđene su u crvenom luku i celeru u Planama, Divkovićima I i Divkovićima II. Veća koncentracija žive otkrivena je u tijelu štuke (vrsta ribe) (15).

2.3.4. Sadržaj teških metala u uzorcima ljudske kose

Rezultati analize sadržaja teških metala u ljudskoj kosi utvrdili su prekomjerne koncentracije arsena u 4 uzorka (oko 33.3%). U dva ispitanika naselja Bukinje i jednog ispitanika Šićki Brod utvrđene su takođe, povišene koncentracije arsena. U dva ispitanika, jednog iz Šićkog Broda i jednog iz Plana utvrđene su prekomjerne koncentracije kadmijuma. Prekomjerne koncentracije olova otkrivene su u 3 ispitanika: jednog iz Plana i 2 iz Šićkog Broda. Najveća koncentracija olova zabilježena je u ispitanika koji živi u Šićkom Brodu (15).

2.3.5. Sadržaj teških metala u uzorcima voda

Rezultati analize sadržaja teških metala u vodama otkrivaju veoma intenzivno zagađenje na svim lokalitetima, čak i kontrolnom (rijeka Jala u blizini Gornje Tuzle). Koncentracije olova, kadmijuma i hroma pokazuju veoma ozbiljno zagađenje na svim lokalitetima, a arsenom u rijeci Jali kod Šićkog Broda.

2.4. Skrining poremećaja zdravlja

Za procjenu neželjenih efekata dugoročne ekspozicije teškim metalima u okolišu, kreiran je skrining test koji je obuhvatio: adaptirani i na nas jezik prevedeni standardni skrining test „Upitnik za skrining zdravlja povezan sa ekspozicijom teškim metalima u okolišu „(eng. „Heavy metal screening questionnaire“) (69); „Upitnik o znacima i simptomima okolišnog trovanja teškim metalima“ (eng. „Heavy metals toxicity questionnaire“)(70); te samokreiran dio upitnika sačinjen od pitanja koja se odnose na demografske podatke, dob, spol, mjesto stanovanja (u gradu, u neposrednoj blizini odlagališta šljake ili u mjestu gdje je Termoelektana i u blizini odlagališta šljake $\geq 500\text{m}$); obrazovanje, bračni status, status zaposlenosti, percepcije zadovoljstva finansijskom situacijom u domaćinstvima; te pitanja o oboljevanju od malignih bolesti (trenutno dijagnostikovana bolest), tip sijela dijagnostikovanog karcinoma, dob života prema dobi mortaliteta zadnje osobe koja je umrla u domaćinstvu; pitanje o reprodukciji fertilitetu ženskih osoba: problem sa sterilitetom, spontanim pobačajima, prijevremenim porodima, mrtvorodstvom; smrtnost od karcinoma u jednom domaćinstvu, tip karcinoma koji je uzrokovao smrt članova domaćinstva; oboljevanje

djece od karcinoma; te pridodata pitanja o bašti (vrtu); pitanja o pušenju i karakteristikama eventualne ekspozicije metalima na radnom mjestu.

„Upitnik o uticaju teških metala na zdravlje“⁽⁶⁹⁾, je sastavljen od 30 tvrdnji postavljenih u tabeli, a svaka pojedinačna tvrdnja je bodovana. Potvrđan odgovor na tvrdnju ispitanik u praznom polju testa označavao je sa X. Tvrdnje su zapravo simptomi ili zdravstveni poremećaji povezani sa izloženošću teškim metalima. Ukupan skor se zbraja kao jednostavan zbir procjena označenih potvrđnih tvrdnji ispitanika od 0 (nijedna potvrđan odgovor) do maksimalno 126 bodova (Skor =0-126). Vrijednost skora otkriva povezanost simptoma sa ekspozicijom teškim metalima od male ili nesigurne povezanosti (skor=0-39), umjerene (40-85) do veoma značajne (jake) povezanosti (skor =86-126). Validnost i realibilnost Upitnika je veoma zadovoljavajuća: Cronbah alfa= 0.992, interkorelacijski faktor 1,080, P=0.196.

Upitniku je pridodata lista simptoma, znaka poremećaja zdravlja ili bolest povezana sa okolišnom toksičnošću metala, skrining test: „Upitnik i simptomi okolišnih otrovanja teškim metalima“ kojom su dodatno procijenjeni zdravstveni poremećaji kao efekti okolišne ekspozicije metalima iskazane u 75 tvrdnji. Potvrđan odgovor na tvrdnju ispitanik u praznom polju testa označavao je sa X. Potvrđne tvrdnje su označavale da osoba trpi određeni zdravstveni poremećaj, a neoznačeni odgovori ne (70).

2.5. Statistička obrada podataka

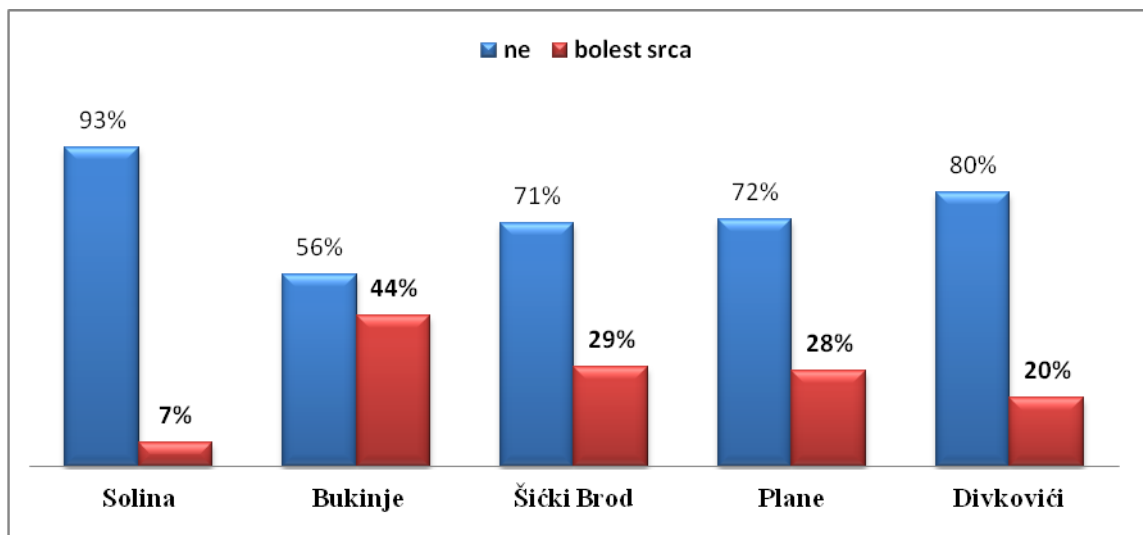
Za analizu rezultata korišten je standardni Statistički paket za društvena istraživanja (SPSS) verzija 19.0. U statističkoj obradi rezultata primjenjene su standardne metode deskriptivne statistike. Za testiranje statističke značajnosti razlike izabranih varijabli korišten je χ^2 -test, t-test i ANOVA, a za multivarijantne korelacione analize ne-parametrijski Spermán-ov test korelacije. Za procjenu faktora rizika provedena je multifaktorska analiza varijance ANOVA. Statistička analiza smatrala se pouzdanom sa intervalom pouzdanosti od 95%, a vrijednost od $P < 0.05$ smatrala se statistički značajnom (signifikantnom).

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Tabela 3. Komparativna distribucija uticaja metala na oboljevanje i smrtnost stanovnika koji žive uz odlagalište Šljake u odnosu na kontrolno područje Solina

Mjesto stanovanja	Kategorije skrining testa o uticaju metala na zdravlje			P
	Moguća, ali nije značajna n (%)	Značajna povezanost n (%)	Veoma značajna povezanost n (%)	
Solina	97 (97)	2 (2)	1 (1)	$\chi^2 = 115.492$ < 0.000
Bukinje (II gr.)	26 (31)	36 (42)	23 (27)	
Šićki Brod (II gr.)	89 (61)	42 (29)	14 (10)	
Plane (I gr.)	89 (73)	29 (24)	3 (3)	
Divkovići (I gr.)	27 (53)	21 (41)	3 (6)	

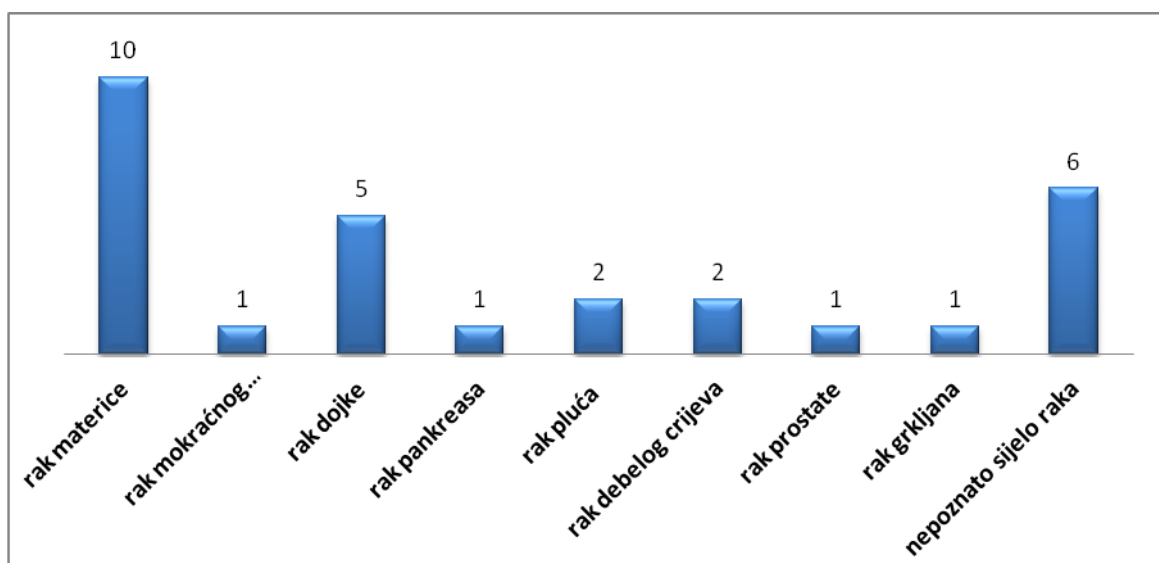
Zdravstveni poremećaji stanovnika su statistički *veoma značajno* povezani sa izloženošću i negativnim efektima teških metala na zdravlje u okolišu Termoelektrane, II grupa ispitanika (viša stopa) i u II grupi ispitanika koji žive u neposrednoj blizini odlagalište šljake ($P < 0.000$). Najviša stopa učestalosti (prevalence) veoma značajne povezanosti uticaja metala na zdravlje je u Bukinju 27% i Šićkom Brodu 10%, Divkovićima 6%, Planama 3%, a u kontrolnoj Solini 1%. U poređenju sa Solinom, naseljem u Tuzli (kontrolno područje- nije mjesto u području niti u blizini odlagališta šljake), 27 puta je veći rizik oboljevanju usljed uticaja teških metala u Bukinju i 10 puta u Šićkom Brodu ($P < 0.000$). Može se pretpostaviti da se najveći toksični sadržaj metala oslobađa u neposrednoj blizini Termoelektrane, mjesta sagorijevanja uglja. Ipak, značajan uticaj na zdravstvene poremećaje je zabilježen u svim mjestima uz odlagalište šljake, a najviše u Bukinju 42%, Divkovićima 41%, Šićkom Brodu 29% i Planama 24%, u odnosu na kontrolno područje Solina 2%. Zbirno, uticaj metala na morbiditet i mortalitet (oboljevanje i smrtnost) građana koji žive u blizini termoelektrane i odlagalište šljake je veoma visok: Bukinju 69%: Šićki Brod 39%, Plane 27%, Divkovići 47% u poređenju sa kontrolnim područjem Solina 3% (vjerovatno profesionalna ekspozicija na poslu). Prema epidemiološkim podacima Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) o 10 najučestalijih rizika za umiranje u svijetu (mortalitet), u zapadnim, razvijenim zemljama zagađenje okoliša je 10. rizik. Zbog njega umre 0.7 miliona ljudi godišnje ili 2.8% ove populacije. U zemljama sa niskim ekonomskim prinosima kao što je naša prema WHO, zagađenje okoliša kao uzrok mortaliteta je na 8. mjestu, a zbog zagađenja okoliša umre 2.5% ove populacije (71). Ovi podaci su komparabilni i u skladu sa našim rezultatima u kontrolnih ispitanika u Solini 3%: 2.5% (u zemljama u razvoju). U Bosni i Hercegovini uzroci umiranja se predstavljaju kao bolesti od kojih se umire, a ne etiološki uzroci.



$\chi^2 = 34.448$ P= 0.000

Slika 1. Učestalost bolesti srca prema mjestu stanovanja

Učestalost (stopa prevalenc) bolesti srca (kardiovaskularnih poremećaja) je značajno viša nego u kontrolnom području, Solina 7% v.s. Bukinje 44%: Šićki Brod 29% (I grupa): Plane 28%: 20% Divkovići (II grupa) (P<0.000), 3-6 puta češće nego u kontrolnom području. Prevalenca ishemijske bolesti srca u Bosni i Hercegovini (BiH) je 9.9% što je u skladu sa učestalošću bolesti srca u Solini, kontrolnom području (72). Učestalost kardiovaskularnih bolesti je viša u naših ispitanika II grupe u odnosu na grupu ispitanika koji žive uz odlagalište šljake i pepela (I). Ipak u odnosu na prevalencu u općoj populaciji Bosni i Hercegovini (9.9%), u naših ispitanika prevalenca kardiovaskularnih bolesti je za 2-4X viša (72).



Slika 2. Distribucija ispitanika istraživačkih grupa oboljelih od karcinoma (n=29) prema sijelu raka među ispitanicima

Prevalenca novootkrivenih karcinoma (n=29) značajno je učestalija u područjima koji su u neposrednoj blizini Termoelektrane i odlagališta šljake: Solina 0% v.s. Bukinje 13%: Šićki Brod 7% (I grupa) v.s. Plane 4%: Divkovići 6% (P=0.006). U kontrolnom području, u Solini nikom nije dijagnosticiran novi slučaj karcinoma.

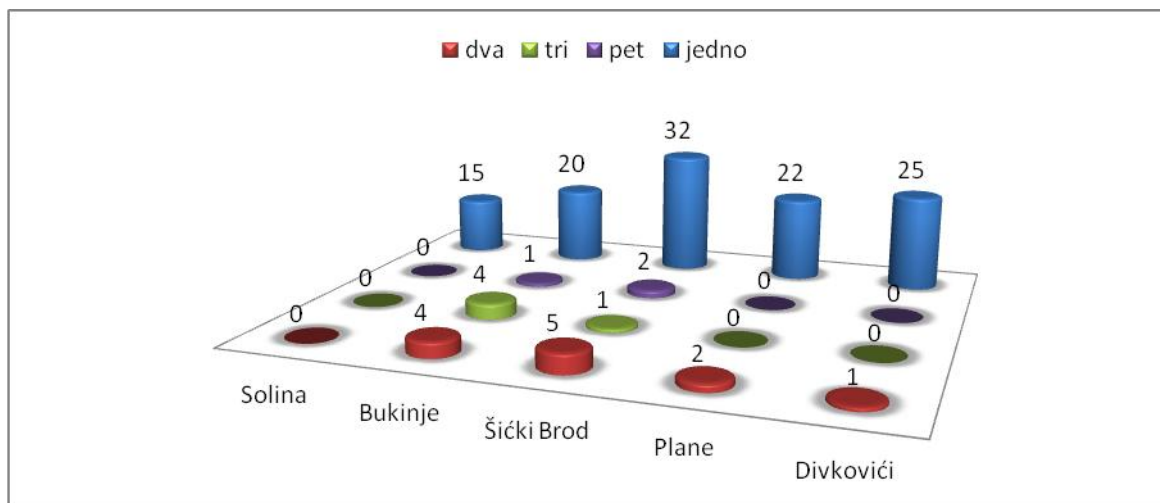
Najučestalije lokacije karcinoma (sijela) u ispitanika koji žive u blizini Termoelektrane i odlagališta šljake su (n=29): 10 slučajeva karcinoma materice, 5 slučajeva karcinoma dojke, 2 slučaja raka pluća (loša prognoza, kratak period preživljavanja), te 2 slučaja raka debelog crijeva. Među oboljelima su po 1 slučaj karcinoma prostate, 1 pankreasa, 1 grkljana i 1 mokraćnog mjehura. Za 6 karcinoma pacijenti nisu znali definisati primarno sijelo karcinoma. Indeks strukture novootkrivenih karcinoma u Tuzlanskom kantonu (73) u odnosu na naše ispitanike koji žive u blizini Termoelektrane i odlagališta šljake kreće se: grlića i tijela materice 9.81% v.s. 34.4% (3X viši) u naših ispitanika; karcinoma bronha i pluća 9.80% v.s. 6.88% u naših ispitanika; dojke 15.36% v.s. 17.2%; debelog crijeva 5.30% v.s. 6.88%.

Najučestaliji je karcinom grlića i tijela materice među novootkrivenim karcinomima. Nije u skladu sa epidemiološkim podacima u Tuzlanskom kantonu gdje prednjači karcinom dojke i pluća (72).

Tabela 4. Komparativna distribucija uticaja metala na broj umrlih od karcinoma (mortalitet od malignih tumora) u domaćinstvima ispitanika

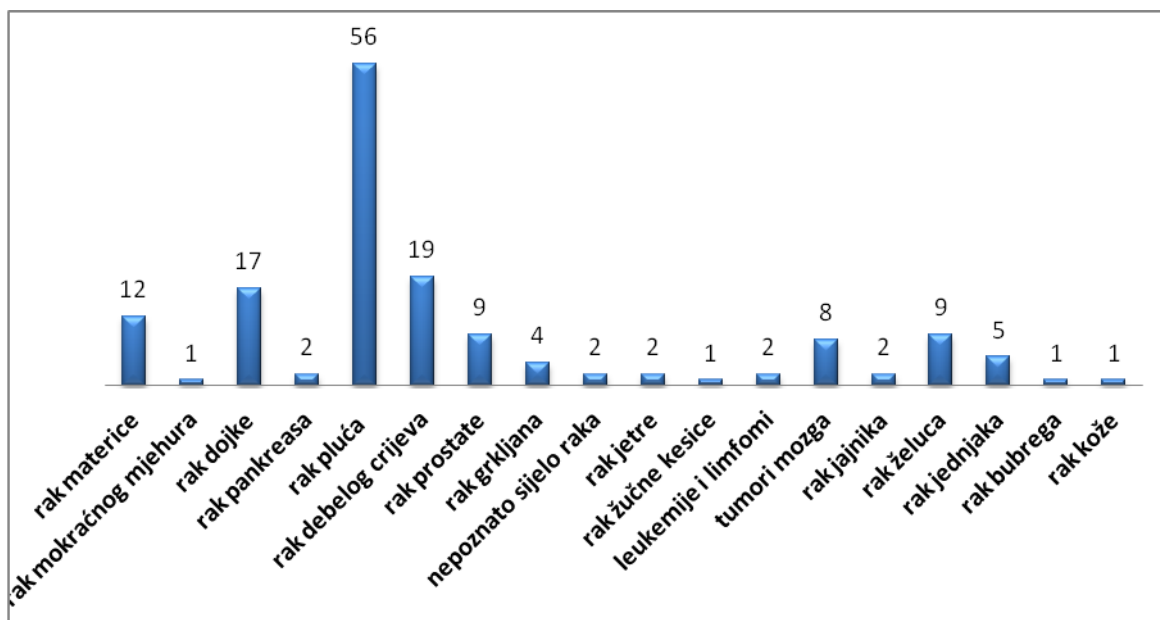
Mjesto stanovanja	Broj umrlih u domaćinstvu od karcinoma		P
	Nema slučajeva n (%)	Umrli od karcinoma n (%)	
Solina	85 (85)	15 (15)	$\chi^2 = 65.654$ <0.000
Bukinje	40 (47)	45 (53)	
Šićki Brod	90 (62)	55 (38)	
Plane	95 (79)	26 (21)	
Divkovići	24 (47)	27 (53)	

Smrtnost od karcinoma u domaćinstvima ispitanika je veoma zabrinjavajuća u odnosu na kontrolno područje, Solina 15% v.s. Bukinje 53%: Šićki Brod 38% v.s. Plane 21%: 53% Divkovići (P<0.000). Prevalenca karcinoma značajno je učestalija u područjima koji su u neposrednoj blizini odlagališta šljake, ali i sigurno glavni medicinski uzrok mortaliteta (P<0.000). Među vodećim pojedinačnim uzrocima smrti stanovništva u Tuzlanskom kantonu (73) na 4. mjestu je karcinom pluća sa učešćem 6.59%.



Slika 3. Učestalosti umiranja od karcinoma prema mjestu i broju umrlih u jednom domaćinstvu

Prema broju umrlih od karcinoma u jednom domaćinstvu postoje statistički značajne razlike u odnosu na kontrolno područje: Solina umrlih 15, umrlih po 1 u 15 domaćinstva; Bukinje umrlih 45: po 1 umrlih u 20 domaćinstava, 5 umrlih u jednom domaćinstvu, 1x 5 umrlih, 3 umrla u 4 domaćinstva; 2 umrla u 5 domaćinstava; Šiški Brod umrlih 55: umrlih po 1 u 32 domaćinstva, pet umrlih u dva domaćinstva, 3 umrlih u jednom domaćinstvu, 2 umrlih u 5 domaćinstava; Plane, umrlih 26: umrlih po 1 u 22 domaćinstva, i 2 umrla u 2 domaćinstva; Divkovići, umrlih 27: po 1 umrlih u 25 domaćinstava, i 2 umrla u jednom domaćinstvu.



Slika 4. Distribucija sijela karcinoma od kojih su članovi domaćinstva naših ispitanika umrli (n=153)

Postoje statistički značajne razlike broja umrlih prema mjestu stanovanja, $\chi^2 = 65.654$, $P < 0.000$. Najveći broj umrlih od karcinoma prema domaćinstvima utvrđen je u Šićkom Brodu i Bukinju (druga grupa).

Najučestaliji karcinomi od kojih umiru ljudi u blizini Termoelektrane i odlagališta šljake su: 56 karcinoma pluća (indeks strukture mortaliteta 36.6%), 19 karcinoma debelog crijeva (indeks strukture mortaliteta 12.4%), 17 rak dojke (indeks strukture mortaliteta 11.11%), 12 rak materice ((indeks strukture mortaliteta 7.8%). U Solini je zabilježeno sasvim drugačija struktura: 5 slučajeva karcinoma prostate, 4 slučaja malignih bolesti krvi, 3 karcinoma dojke i 3 karcinoma pluća (Slika 4).

Oboljevanje djece od maligne bolesti bilo je otkriveno u 6 slučajeva u Bukinju i 1 slučaj u Planama. Prevalenca karcinoma djece značajno je učestalija u područjima koji su u neposrednoj blizini Termoelektrane i odlagališta šljake u odnosu na kontrolno područje gdje nema slučajeva bolesti ($P < 0.000$). Sva naselja su u veoma viokom riziku.

Prevalenca emfizema pluća je značajno učestalija u naseljima uz Termoelektranu i deponiju šljake nego u kontrolnom području, Solina 1% : Bukinje 19%: Šićki Brod 11%: Plane 9% i Divkovići 12%. Učestalost emfizema pluća je značajno viša nego u kontrolnom području (Solina) za 9 do 19 puta. ($P < 0.000$).

Stopa učestalosti (prevalenca) anemije kao posljedica uticaja metala (posebno olova) je značajno učestalija u naseljima uz Termoelektranu i odlagalište šljake nego u kontrolnom području: Solina 1%: Bukinje 22%:Šićki Brod 10%: Plane 10% i Divkovići 16%. Učestalost anemije je u mjestima uz odlagalište šljake značajno viša nego u kontrolnom području (Solina) za 10 do 22 puta. ($P < 0.000$).

Prevalenca osteoporoze je značajno učestalija nego u kontrolnom području, Solina 5%: Bukinje 34%: Šićki Brod 18%: Plane 19% i Divkovići 20%. Učestalost osteoporoze je u mjestima uz Termoelektranu i odlagalište šljake značajno viša nego u kontrolnom području (Solina) za 2 do 7 puta ($P < 0.000$).

Prevalenca bolesti štitne žlijezde (hipofunkcija, hypothyreosis) značajno je učestalija u područjima koji su u neposrednoj blizini Termoelektrane i odlagališta šljake nego u kontrolnom području, Solini 4%, Bukinju 21%, Divkovićima 18%, Planama 11% i Šićkom Brodu 6% ($P < 0.000$).

Simptomi fascikulacija ili podrhtavanja mišića povezani sa uticajem metala iz okoliša su značajno učestaliji u ispitanika koji žive u blizini Termoelektrane i odlagališta šljake u odnosu na kontrolno područje, Solina 2%: Bukinje 49%: Šićki Brod 30%: Plane 21%: Divkovići 35%. Učestalost polineuropatije u mjestima uz odlagalište šljake značajno viša nego u kontrolnom području (Solina) za 10 do 25 puta. ($P < 0.000$).

Simptomi ukočenosti mišića (hronična bol takođe) su značajno učestaliji u ispitanika koji žive u blizini odlagališta šljake u odnosu na kontrolno područje: Solina 6% v.s. Bukinje 58%: 6% Šićki Brod 36% v.s. Plane 28%: Divkovići 37%. Učestalost polineuropatije u mjestima uz odlagalište šljake značajno je viša nego u kontrolnom području (Solina) za 6 do 10 puta. ($P < 0.000$).

Tremor ruku povezan sa uticajem metala iz okoliša (posebno žive i mangana) i ima višu stopu učestalosti u ispitanika koji žive u blizini Termoelektrane i odlagališta šljake u odnosu na kontrolno područje, Solina 5%: Bukinje 36%: Šićki Brod 24%: Plane 14%: Divkovići 31%. Učestalost polineuropatije u mjestima uz odlagalište šljake značajno viša nego u kontrolnom području (Solina) za 3 do 7 puta. ($P < 0.000$).

Hronična encefalopatija, pad kognitivne sposobnosti, poremećaj kratkoročne memorije i učenja novog, povezani sa uticajem metala iz okoliša. Oni su značajno učestaliji u ispitanika koji žive u blizini odlagališta šljake i Termoelektrane u odnosu na kontrolno područje, Solina 12%: Bukinje 44%: Šićki Brod 39%: Plane 29%: Divkovići 47%. Učestalost poremećaja pamćenja u mjestima uz Termoelektranu i odlagalište šljake značajno su viša nego u kontrolnom području (Solina) za 3 do 4 puta ($P < 0.000$).

Prevalenca funkcionalnih i morfoloških oštećenja i bolesti jetre je značajno učestalija nego u kontrolnom području, Solina 1%: Bukinje 11%: Šićki Brod 9%: Plane 16% i Divkovići 14%. Učestalost bolesti jetre je u mjestima uz odlagalište šljake značajno viša nego u kontrolnom području (Solina) za 9 do 16 puta. ($P = 0.006$).

Prevalenca sklerodermije je značajno učestalija u Bukinju i Šićkom Brodu nego u kontrolnom području, Solini, Divkovićima i Planama. Ovo sistemsko oboljenje je specifična posljedica izloženosti živi, koje zapravo u većim koncentracijama ima u okolišu u blizini termoelektrane, ali i nekadašnjeg hloralkalnog kompleksa, Solina, Plane, Divkovići 0: Bukinje 4%: Šićki Brod 5% (gdje je stanovnika izmjerena živa u kosi; $P = 0.014$). Prevalenca psorijaze je značajno učestalija u Bukinju i Šićkom Brodu nego u kontrolnom području, Solini,

Divkovićima i Planama ($P=0.002$). Prevalenca lupusa je značajno učestalija u Bukinju 7% nego u Solini, Šićkom Brodu i Divkovićima gdje nije dijagnosticiran ($P<0.000$).

Spontani pobačaji su značajno učestaliji u ispitanika koji žive u neposrednoj blizini odlagališta šljake i termoelektrane Tuzla: u kontrolnom području u Solini 12%, Bukinje 18%, Šićkom Brodu 14% i Divkovićima 14% ($P=0.000$). Najučestaliji spontani pobačaji su u Bukinju 18%. Problem steriliteta nije povezan sa uticajem metala u području okoliša uz odlagalište šljake u odnosu na kontrolno područje Solina ($P= 0.074$). Problem ima najveću učestalost, podjednako zastupljeno u kontrolnom području Solina i Bukinju 6%. Uzroke steriliteta treba istražiti. Prijevremeni porod je statistički značajno češći problem do 5 puta u kontrolnom području Solina u području okoliša uz odlagalište šljake - inverzija rezultata ($P<0.000$). Identičan je odnos u vezi sa mrtvorodstvom. *Mrtvorodstvo* je statistički značajno češći problem (2 do 4 puta) u kontrolnom području Solina nego u području okoliša uz odlagalište šljake - inverzija rezultata ($P<0.000$). Uzroke problema prijevremenih porođaja i mrtvoropdstva u gradu Tuzli treba istražiti.

Ekspozicija i kontaminacija visokim nivoima arsena u okolišu koja je utvrđena u izabranom području istraživanja (blizina pogonu i odlagalištu šljake Termoelektrane Tuzla) je faktor rizika za nastanak niza zdravstvenih poremećaja u izloženih stanovnika. Izlaganje arsenu utiče gotovo na sve organe, uključujući kardiovaskularni sistem, kožu i sluznice, mozak i nervni sistem, jetru i žučne puteve, bubrege, probavni trakt i respiratorni sistem (34). Istraživanja su također ukazala na znatno višu standardiziranu stopu smrtnosti od karcinoma mokraćnog mjehura, bubrega, kože i jetre u mnogim područjima onečišćenja arsena. Nekoliko epidemioloških istraživanja pokazalo je snažnu vezu između izloženosti arsenu i povećanim rizicima razvoju raka i hroničnih nezaraznih oboljenja (34,35). U hroničnoj ekspoziciji arsenu (stanovanje u području kontaminiranog okoliša) zabilježen je povećana prevalenca i incidenca (stopa pojavljivanja u nekoj populaciji) kardiovaskularnih bolesti, razvojnih anomalija novorođenčeta, neuroloških poremećaja, mentalnih poremećaja i dijabetes melitusa (35). Ozbiljnost zdravstvenih poremećaja povezana je s hemijskim oblikom arsena, dužini ekspozicije i koncentracijama (dozi) arsena u okolišnom mediju (74). Izloženost arsenu javlja se oralnim putem (gutanjem), udisanjem, kožnim kontaktom i parenteralnim putem do neke mjere (75) Njegova koncentracija u vodi je obično manja od $10 \mu\text{g/L}$ (75), iako se mogu pojaviti veći nivoi u blizini prirodnih mineralnih naslaga ili rudarskih mjesta, kao što je slučaj u našem području istraživanja 3-4 puta više ($30-45 \mu\text{g/L}$).

Prevalenca sindroma hiperaktivno dijete najviša je Bukinju 6%. Jedno autistično dijete živi u Šićkom Brodu. Amiotrofična lateralna skleroza otkrivena je u 2 stanovnika naselja Bukinje, te u jednog u Šićkom Brodu (neposredna blizina Termoelektrani).

Tabela 5. Regresiona analiza neželjenih efekata ekspozicije teškim metalima (nezavisne varijable), zavisna varijabla dihotomizirana, živjeti u blizini odlagališta šljake (*prediktor*) u II grupi ispitanika (n=172)

Poremećaji zdravlja i ishodi (nezavisne varijable)	β	P	95% Interval povjerenja
Povremeno požute oči i tijelo (icterus, lezija jetre)	0.159	0.001	0.035-0.119
Smanjen broj leukocita (leukopenija)	0.098	0.029	0.003- 0.057
Često lupanje srca (poremećaj ritma srca)	0.258	0.001	0.822-1.628
Česte alergije i osjetljivost na hranu	0.104	0.020	0.007- 0.086
Poremećaji sna	0.101	0.023	0.008- 0.113
Česte posjete ljekaru zbog otežanog disanja	0.096	0.031	0.004- 0.091
Usporeno mišljenje	0.093	0.037	0.003- 0.098
Bolesti srca (kardiovaskularne bolesti)	0.213	0.001	0.140- 0.329
Autistično dijete	0.039	0.382	-0.003- 0.007
Amiotrofična lateralna skleroza	0.002	0.967	-0.008- 0.009
Anemija	0.156	0.001	0.054- 0.189
Emfizem pluća	0.148	0.001	0.046- 0.177
Autoimuna bolest	0.010	0.827	-0.012- 0.016
Iznenadan gubitak daha	0.216	0.001	0.533-1.239
Metalni okus u ustima	0.094	0.034	0.016- 0.407
Glavobolja	1.160	0.001	0.127- 0.427
Depresivno raspoloženje	0.258	0.001	1.375- 2.726
Tremor ruku (tresu se ruke)	0.200	0.001	0.587- 1.475
Broj osoba umrlih od karcinoma u domaćinstvu	0.191	0.000	0.184- 0.486
Rak (karcinom)	0.121	0.007	0.021-0.128
Bolest štitne žlijezde	0.105	0.018	0.014- 0.149
Polineuropatije (oštećenja perifernih živaca)	0.090	0.044	0.001- 0.078
Osteoporoza	1.174	0.001	0.086- 0.255
Mrtvorodstvo	-0.146	0.001	-0.486- -0.123
Prijevreteni porod	-0.189	0.001	-0.524- -0.196
Dob umrlog člana porodice	-0.310	0.001	-26.822- -15.421
Hronični umor	0.200	0.001	0.144- 0.362
Problemi pamćenja i sjećanja	0.195	0.001	0.592- 1.533
Skor testa o toksičnosti teških metala	0.334	0.001	7.557- 12.574
Skor skrining testa	0.298	0.001	16.710- 29.768

ANOVA, multinominalna logistička regresiona analiza

Život u neposrednoj blizini odlagališta šljake i u blizini Termoelektrane povezan je sa ekspozicijom teškim metalima. Dugoročna, hronična ekspozicija teškim metalima koja

najčešće i uglavnom prelaze dozvoljene koncentracije u različitim okolišnim medijima (zrak, tlo, sediment, vode, hrana) statistički korelira i udružena je sa specifičnim zdravstvenim poremećajima koje mogu uzrokovati teški metali, pojedinačno ili u sadejstvu. Ekspozicija teškim metalima u naših ispitanika prediktor je (faktor rizika) razvoju: lezije jetre (P=0.001), leukopenije (P=0.023), poremećaja ritma srca (P=0.001), alergijama na hranu (P=0.020), poremećajima sna (P=0.023), čestim posjetama ljekaru zbog otežanog disanja (P=0.031), usporenom mišljenju i padom koncentracije (P=0.037), kardiovaskularnom bolešću (P=0.001), anemijom (P=0.001), emfizemom pluća (P=0.001), iznenadnim gubitkom daha (P=0.001), metalnim okusom u ustima (P=0.034), glavoboljom (P=0.001), depresijom (P=0.001), tremorom ruku (P=0.001), brojem osoba umrlih od karcinoma u domaćinstvu (P=0.001), karcinomom (P=0.007), hipotireozom (P=0.018), polineuropatijama (P=0.044), osteoporozom (P=0.001), skraćenom životnom dobi umrlih od karcinoma (dob u vrijeme smrti 59.59 ± 27.175 ; skraćen život prosječno iznosi 74-60= 14 godina izgubljenog života za svakog pojedinca) (P=0.001), hronični umor (P=0.001), problemi pamćenja i sjećanja (P=0.001), skorom Upitnika o toksičnosti metala (P=0.001) i skorom Skrininga zdravlja u izloženih teškim metalima. Vrijednosti β koje imaju negativan predznak, a visoko su statistički signifikantne (P=0.001), a odnose se na mrtvorodstvo i prijevremeni porod isključuju prediktornu ulogu teških metala. Eventualno postoji vjerovatnoća i hipoteza za protektivnu ulogu koju treba u budućnosti istražiti.

Tabela 6. Korelacija skora skrininga simptoma i znaka trovanja metalima i sadržaja (koncentracije) teških metala u tlu u blizini odlagališta šljake i Termoelektrane

Metali u tlu	Lokacije	Sadržaj mg/kg	Faktor korelacije*	P
Arsen	Divkovići	18.6	0.122	0.006
	Pogorioci	32.8		
	Plane	30.1		
Kadmijum	Divkovići	1.1	0.122	0.006
	Pogorioci	2.0		
	Plane	1.2		
Hrom	Divkovići	143.8	0.122	0.006
	Pogorioci	325.9		
	Plane	142.9		
Bakar	Divkovići	37.9	0.122	0.006
	Pogorioci	49.2		
	Plane	33.8		
Mangan	Divkovići	1303.0	0.122	0.006
	Pogorioci	3832.0		
	Plane	937.0		

Nikl	Divkovići	74.1	0.122	0.006
	Pogorioci	209.5		
	Plane	111.6		
Olovo	Divkovići	24.9	0.122	0.006
	Pogorioci	14.0		
	Plane	28.8		
Živa	Divkovići	0.14	0.122	0.006
	Pogorioci	0.21		
	Plane	0.15		

*Spearman faktor korelacije

Svi simptomi koji se odnose na neželjene efekte izloženosti metalima su statistički značajno povezani sa ekspozicijom metalima u tlu, neovisno o kom se monitoriranom metalu radi ili njegovoj koncentraciji u vodi ($P=0.006$). U prezentiranim rezultatima u Tabeli 6. vidljivo je da se neželjeni efekti i poremećaji zdravlja javljaju i pri sadržajima (koncentracijama) metala u vodi koje su ispod i u granicama dozvoljenih vrijednosti. Razvoj zdravstvenih poremećaja je više povezan sa dugoročnom ekspozicijom metalima u vodi različitih koncentracija. Prema statističkim podacima postoji sigurno sadejstvo metala u razvoju zdravstvenih poremećaja jer je faktor korelacije isti za svaki pojedinačan metal 0.122 ($P=0.006$).

Tabela 7. Korelacija između broja osoba umrlih od raka u domaćinstvu naših ispitanika i znaka trovanja metalima i sadržaja (koncentracije) teških metala u tlu u blizini odlagališta šljake i Termoelektrane

Metali u tlu	Lokacije	Sadržaj mg/kg	Faktor korelacije*	P
Arsen	Divkovići	18.6	0.093	0.037
	Pogorioci	32.8		
	Plane	30.1		
Kadmijum	Divkovići	1.1	0.093	0.037
	Pogorioci	2.0		
	Plane	1.2		
Hrom	Divkovići	143.8	0.093	0.037
	Pogorioci	325.9		
	Plane	142.9		
Bakar	Divkovići	37.9	0.093	0.037
	Pogorioci	49.2		
	Plane	33.8		
Mangan	Divkovići	1303.0	0.093	0.037
	Pogorioci	3832.0		
	Plane	937.0		
Nikl	Divkovići	74.1	0.093	0.037
	Pogorioci	209.5		
	Plane	111.6		

Olovo	Divkovići	24.9	0.093	0.037
	Pogorioci	14.0		
	Plane	28.8		
Živa	Divkovići	0.14	0.093	0.037
	Pogorioci	0.21		
	Plane	0.15		

*Spearman faktor korelacije

Smrtnost (mortalitet) od malignih bolesti (raka, karcinoma) je statistički značajno povezana sa ekspozicijom metalima u tlu, neovisno o kom se monitoriranom metalu radi ili njegovoj koncentraciji ($P=0.006$). U prezentiranim rezultatima u Tabeli 7. vidljivo je da se smrtnost od raka (kao i razvoj raka) odvija neovisno o sadržajima (koncentracijama) metala u tlu (rak se razvija kad su koncentracije olova, žive, bakra, mangana ispod i u granicama dozvoljenih vrijednosti). Razvoj karcinoma i smrtnost zbog karcinoma je više povezana sa dugoročnom ekspozicijom metalima u tlu i drugim okolišnim medijima (31,32). Prema statističkim podacima postoji sigurno sadejstvo metala u nastanku i umiranju od raka jer je faktor korelacije isti za svaki pojedinačan metal 0.093 ($P=0.037$), iako bakar, živa i olovo nisu sigurni karcinogeni nego vjerovatni.

Tabela 8. Korelacija skora skrininga simptoma i znaka trovanja metalima i sadržaja (koncentracije) teških metala u vodi u blizini odlagališta šljake i Termoelektrane

Metali u vodi	Lokacije	Sadržaj mg/kg	Faktor korelacije*	P
Arsen	Jezero 2	<3	0.122	0.006
	Potok Banovac	3.0		
	Procjedna voda Pogorioci	<3.0		
	Jala	22.0		
Kadmijum	Jezero 2	14	0.122	0.006
	Potok Banovac	<10		
	Procjedna voda Pogorioci	15		
	Jala	13		
Hrom	Jezero 2	60	0.122	0.006
	Potok Banovac	23		
	Procjedna voda Pogorioci	80		
	Jala	60		
Bakar	Jezero 2	10	0.122	0.006
	Potok Banovac	19		
	Procjedna voda Pogorioci	12		
	Jala	<10		
Mangan	Jezero 2	18	0.122	0.006
	Potok Banovac	12		
	Procjedna voda Pogorioci	142		

	Jala	136		
Nikl	Jezero 2	29	0.122	0.006
	Potok Banovac	27		
	Procjedna voda Pogorioci	25		
	Jala	24		
Olovo	Jezero 2	30	0.122	0.006
	Potok Banovac	<10		
	Procjedna voda Pogorioci	30		
	Jala	28		

*Spearman faktor korelacije

Svi simptomi koji se odnose na neželjene efekte izloženosti metalima su statistički značajno povezani sa ekspozicijom metalima u vodi, neovisno o kom se monitoriranom metalu radi ili njegovoj koncentraciji u vodi ($P=0.006$). U prezentiranim rezultatima u Tabeli 8. vidljivo je da se neželjeni efekti i poremećaji zdravlja javljaju i pri sadržajima (koncentracijama) metala u vodi koje su ispod i u granicama dozvoljenih vrijednosti. Razvoj zdravstvenih poremećaja je više povezan sa dugoročnom ekspozicijom metalima u vodi različitih koncentracija (1-3). Prema statističkim podacima postoji sigurno sadejstvo metala u razvoju zdravstvenih poremećaja jer je faktor korelacije isti za svaki pojedinačan metal 0.122 ($P=0.006$). Rezultati pokazuju identičnu korelaciju i signifikantnost kao kod ekspozicije metalima u tlu!

Tabela 9. Korelacija između broja osoba umrlih od raka u domaćinstvu naših ispitanika i znaka trovanja metalima i sadržaja (koncentracije) teških metala u vodi u blizini odlagališta šljake i Termoelektrane

Metali u vodi	Lokacije	Sadržaj mg/kg	Faktor korelacije*	P
Arsen	Jezero 2	<3	0.118	0.008
	Potok Banovac	3.0		
	Procjedna voda Pogorioci	<3.0		
	Jala	22.0		
Kadmijum	Jezero 2	14	0.118	0.008
	Potok Banovac	<10		
	Procjedna voda Pogorioci	15		
	Jala	13		
Hrom	Jezero 2	60	0.118	0.008
	Potok Banovac	23		
	Procjedna voda Pogorioci	80		
	Jala	60		
Bakar	Jezero 2	10	0.118	0.008
	Potok Banovac	19		
	Procjedna voda Pogorioci	12		
	Jala	<10		
	Jezero 2	18		

Mangan	Potok Banovac	12	0.118	0.008
	Procjedna voda Pogorioci	142		
	Jala	136		
Nikl	Jezero 2	29	0.118	0.008
	Potok Banovac	27		
	Procjedna voda Pogorioci	25		
	Jala	24		
Olovo	Jezero 2	30	0.118	0.008
	Potok Banovac	<10		
	Procjedna voda Pogorioci	30		
	Jala	28		

*Spearman faktor korelacije

Smrtnost (mortalitet) od malignih bolesti (raka, karcinoma) je statistički značajno povezana sa ekspozicijom metalima u vodi, neovisno o kom se monitoriranom metalu radi ili njegovoj koncentraciji ($P=0.008$). U prezentiranim rezultatima u Tabeli 9. vidljivo je da se smrtnost od raka (kao i razvoj raka) odvija neovisno o sadržajima (koncentracijama) metala u vodi (rak se razvija kad su koncentracije metala ispod i u granicama dozvoljenih vrijednosti) (21). Razvoj karcinoma i smrtnost zbog karcinoma je više povezana sa dugoročnom ekspozicijom metalima u vodi i drugim okolišnim medijima nego sa koncentracijom (dozom) metala (31,32). Prema statističkim podacima postoji sigurno sadejstvo metala u nastanku i umiranju od raka jer je faktor korelacije isti za svaki pojedinačan metal 0.093 ($P=0.037$), iako bakar, živa i olovo nisu sigurni karcinogeni, nego vjerovatni (3-5).

Tabela 10. Korelacija skora skrininga simptoma i znaka trovanja metalima i bašte kao izvor prehrane u blizini odlagališta šljake i Termoelektrane

Bašte u području odlagališta	Faktor korelacije*	P
Bašta kao izvor prehrane	0.183	0.001
Bašta u blizini kuće	0.183	0.001

*Spearman faktor korelacije

Svi simptomi koji se odnose na neželjene efekte izloženosti metalima su statistički značajno povezani sa ekspozicijom metalima u povrću i drugim povrtnim biljkama koje su izvor prehrane ispitanika. Naravno, hrana potiče iz bašte koja je u neposrednoj blizini odlagališta šljake i pepela ($P=0.001$). Svi simptomi koji se odnose na neželjene efekte izloženosti metalima su statistički značajno povezani sa činjenicom da ispitanik ima baštu sa istim faktorom korelacije 0.183, što je i logično ($P=0.001$).

Tabela 11. Korelacija bolesti kardiovaskularnog sistema i bašte koja je izvor prehrane

Bašte u području odlagališta	Faktor korelacije*	P
Bašta kao izvor prehrane	0.107	0.016
Bašta u blizini kuće	0.131	0.003

*Spearman faktor korelacije

Dijagnosticirana kardiovaskularna bolest u naših ispitanika statistički značajno je povezana sa unosom metala putem prehrane iz vlastitih bašta (P= 0.016). Međutim, značajnija je činjenica da ispitanik ima baštu (P= 0.002). Bašta predstavlja dodatni izvor aerozagađenja teškim metalima u blizini odlagališta šljake i Termoelektrane.

Tabela 12. Korelacija emfizema pluća i bašte ispitanika i bašte koja je izvor prehrane u blizini odlagališta šljake i Termoelektrane

Bašte u području odlagališta	Faktor korelacije*	P
Bašta kao izvor prehrane	0.148	0.001
Bašta u blizini kuće	0.137	0.002

*Spearman faktor korelacije

Dijagnosticiran emfizem pluća (uništeno plućno tkivo, posljedica je hroničnog bronhitisa i astme) u naših ispitanika statistički značajno je povezan sa unosom metala putem prehrane iz svojih bašta (P= 0.001) ili činjenicom da ispitanik ima baštu (P= 0.002). Faktor korelacije nije isti jer za emfizem pluća je značajniji unos metala inhalacijom, ali unos metala prehranom ima značajan doprinos u razvoju bolesti (ako ništa značajno utiče na pad imuniteta).

Tabela 13. Korelacija osteoporoze i bašte koja je izvor prehrane u blizini odlagališta šljake i Termoelektrane

Bašte u području odlagališta	Faktor korelacije*	P
Bašta kao izvor prehrane	0.087	0.053
Bašta u blizini kuće	0.093	0.039

*Spearman faktor korelacije

Problem osteoporoze u naših ispitanika statistički nije značajno povezan sa unosom metala putem prehrane iz vlastitih bašta (P= 0.053). Ipak, imati baštu je povezano sa osteoporozom (P= 0.039). Pretpostavka je da baštu može biti izvor kontaminacije metalima u drugim okolišnim medijima, takođe.

Tabela 14. Korelacija oštećenja jetre i bašte koja je izvor prehrane u blizini odlagališta šljake i Termoelektrane

Bašte u području odlagališta	Faktor korelacije*	P
Bašta kao izvor prehrane	0.093	0.037
Bašta u blizini kuće	0.093	0.037
Olovo u luku i celeru	0.093	0.037

*Spearman faktor korelacije

Oštećenja (lezije) jetre u naših ispitanika statistički je značajno povezano sa unosom metala putem prehrane iz vlastitih bašta, sa činjenicom da ispitanik ima baštu koja može biti izvor kontaminacije i drugih okolišnih medija. Prehranom olovom kontaminiranog luka i celera razvijaju se značajna oštećenja jetre (P= 0.037).

Tabela 15. Korelacija između broja osoba umrlih od raka u domaćinstvu naših ispitanika i unosa prehranom olova u bijelom luku i luku i celeru iz bašta u blizini odlagališta šljake i Termoelektane

Bašte u području odlagališta	Faktor korelacije*	P
Olovo u bijelom luku	-0.144	0.001
Olovo u luku i celeru	0.118	0.008

*Spearman faktor korelacije

U korelaciji između sadržaja olova u bijelom luku otkrili smo inverziju jer u ovom slučaju bijeli luk igra zaštitnu ulogu od nastanka i umiranja od raka (protektor, negativan faktor korelacije-0.144) za razliku od olova u crvenom luku i celeru. On ima prediktivnu ili doprinoseću ulogu u razvoju i umiranju od karcinoma (P=0.008). Ne znamo da li se radi o sadejstvu sa drugim karcinogenim metalima (neovisno o sadržaju metala), ali preporučujemo da se prekine unos luka i celera iz bašta ovog područja! Skoro identična reakcija je pri razvoju simptoma teškog pamćenja i učenja novog. Bijeli luk igra zaštitnu ulogu od nastanka ovih kognitivnih poremećaja (protektor, negativan faktor korelacije-0.093, P=0.037) za razliku od olova u crvenom luku i celeru (rezultati nisu prikazani).

Zaključak: Ranije su izmjerene prekomjerne koncentracije metala u tlu, sedimentu, vodama, ali i biološkom mediju (povrće, ljudska kosa). U istraživanju je utvrđena statistički značajna povezanost (korelacija) između dugoročne ekspozicije teškim metalima u blizini Termoelektane i odlagališta šljake, izmjerenih sadržaja teških metala u različitim okolišnim i biološkim medijima i zdravstvenih poremećaja. Učinci dugoročne izloženosti stanovnika teškim metalima su oboljevanje i umiranje od hroničnih nezataznih bolesti u naseljima: 41% u Divkovićima, 24% u Planama, 42% u Bukinju i 29% u Šićkom Brodu (u Solini 2%).

LITERATURA

1. Fergusson JE, editor. *The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects*. Oxford, Pergamon Press; 1990.
2. Duffus JH. Heavy metals- a meaningless term? *Pure Appl Chem*. 2002;74(5):793–807.
3. Bradl H, editor. *Heavy Metals in the Environment: Origin, Interaction and Remediation* Volume 6. London, Academic Press; 2002.
4. He ZL, Yang XE, Stoffella PJ. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *J Trace Elem Med Biol*. 2005;19(2–3):125–140.
5. Goyer RA. Toxic effects of metals. In: Klaassen CD, editor. *Cassarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*. New York, McGraw-Hill Publisher; 2001. pp. 811–67.
6. Herawati N, Suzuki S, Hayashi K, Rivai IF, Koyoma H. Cadmium, copper and zinc levels in rice and soil of Japan, Indonesia and China by soil type. *Bull Env Contam Toxicol*. 2000;64:33–9.
7. Shallari S, Schwartz C, Hasko A, Morel JL. Heavy metals in soils and plants of serpentine and industrial sites of Albania. *Sci Total Environ*. 1998;19209:133–142.
8. Sträter E, Westbeld A, Klemm O. Pollution in coastal fog at Alto Patache, Northern Chile. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2010 [Epub ahead of print].
9. Pacyna JM. Monitoring and assessment of metal contaminants in the air. In: Chang LW, Magos L, Suzuli T, editors. *Toxicology of Metals*. Boca Raton, FL: CRC Press; 1996. pp. 9–28.
10. Verkleji JAS. In: Markert B, editor. *The effects of heavy metals stress on higher plants and their use as biomonitors* In *Plant as Bioindicators: Indicators of Heavy Metals in the Terrestrial Environment*. New York, VCH; 1993. pp. 415–24.
11. PSR. Physicians for Social Responsibility. *Coal- Fired Power Plants: Understanding the health costs of a dirty energy Sources*. 1985 NOBEL PEACE PRIZE. <http://psr.org>
12. Global Coal Plant Tracker. Accessed on: Thursday, 12 January 2017. <http://endcoal.org/global-coal-plant-tracker>
13. HEAL. Health and Environmental Alliance (HEAL). *Promoting environmental polycy that contribute to good health*. Accessed on: October, 2015. <http://env-health.org>
14. Koncern EPBIH. 2017. <http://elettroprivreda.ba>
15. Dozić A. Prisustvo teških metala u zemljištu i lokalno proizvedenoj hrani u naseljima na području oko odlagališta šljake Divkovići/Plane- termoelektrane Tuzla. Centar za ekologiju i energiju, cee. Tuzla, OFF-SET.2015.pp.13-31.
16. JP EPBiH. GIZO' 13: Godišnji izvještaj zaštite okoline za 2013. godinu. Sarajevo, Javno preduzeće Elektro Privreda Bosne i Hercegovine. 2014.pp 13.
17. International Agency for Research on Cancer (IARC) In *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Supplement 7. Volumes 1–42*. Lyons, France: IARC; 1987. Overall Evaluation of Carcinogenicity: An updating of Monographs; pp. 230–232.
18. Brewster MA. Biomarkers of xenobiotic exposures. *Ann Clin Lab Sci*. 1988;18:306–17.
19. Altenburger R. Understanding combined effects for metal co-exposure in ecotoxicology: Metal ions in toxicology: effects, interactions, interdependencies. 2011; pp. 1–2.
20. Waalkes MP, Misra RR, Chang LW, editors. *Toxicology of Metals*. Boca Raton, FL: CRC Press; 1996. pp. 231–244.
21. Pranjić N. *Zdravstvena ekologija*. Univerzitetska knjiga: Medicinski fakultet Univerziteta u Tuzli. Tuzla, Off-Set 2006.

22. Poljaković H, Tahorović HF, Dinarević S, Ferković V, Pranjić N. Risk factors for the development of congenital heart defects in children born in the Tuzla Canton. *Med Arh.* 2002; 56(2):73-7.
23. Clarkson TW, Nordberg GF, Sager PR. Reproductive and developmental toxicity of metals. *Scand J Environ Health.* 1985;11:145–54.
24. Pranjić N. Psihološki efekti industrijskih toksina. Prvi kongres medicine rada Bosne i Hercegovine. 2003. <https://www.zdravstvo.com/medrada/radovi/pranjić.htm>
25. Pranjić N, Mujagić H. Gasoline Sniffing and Lead Toxicity in Workers At Gasoline Stations. *JOEM.* 1998; 40 (11):p 1024.
26. Pranjić N, Sinanović O, Karamehić J, Jakubović R. [Assessment of chronic neuropsychological effects of mercury vapour poisoning in chloral-alkali plant workers.](#) *Bosn J Basic Med Sci.* 2002; 2(1-2):29-34.
27. Geier DA, Pretorius HT, Richards NM, Geier MR. A quantitative evaluation of brain dysfunction and body-burden of toxic metals. *Med Sci Monit.* 2012; 18(7):CR425-CR31.
28. WHO/FAO/IAEA. World Health Organization. Switzerland: Geneva; 1996. Trace Elements in Human Nutrition and Health.
29. WHO/UNEP/. World Health Organization-WHO, United Nations Environmental programme- UNEP. Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure. Issued by UNEP DTIE Chemicals Branch and WHO Department of Food Safety, Zoonosis and Foodborne Diseases. IOMC interorganization Programme for the sound management chemicals. A cooperative agreement among UNEP, ILO, FAO, WHO, UNIDO, UNITAR and OECD. Geneva, Switzerland, 2008.
30. Wang S, Shi X. Molecular mechanisms of metal toxicity and carcinogenesis. *Mol Cell Biochem.* 2001;222:3–9.
31. Beyersmann D, Hartwig A. Carcinogenic metal compounds: recent insight into molecular and cellular mechanisms. *Arch Toxicol.* 2008;82(8):493–512.
32. Yedjou CG, Tchounwou PB. Oxidative stress in human leukemia cells (HL-60), human liver carcinoma cells (HepG₂) and human Jerkat-T cells exposed to arsenic trioxide. *Metal Ions Biol Med.* 2006;9:298–303.
33. Yedjou GC, Tchounwou PB. *In vitro* cytotoxic and genotoxic effects of arsenic trioxide on human leukemia cells using the MTT and alkaline single cell gel electrophoresis (comet) assays. *Mol Cell Biochem.* 2007;301:123–30.
34. Tchounwou PB, Centeno JA, Patlolla AK. Arsenic toxicity, mutagenesis and carcinogenesis- a health risk assessment and management approach. *Mol Cell Biochem.* 2004;255:47–55.
35. Tchounwou PB, Ishaque A, Schneider J. Cytotoxicity and transcriptional activation of stress genes in human liver carcinoma cells (HepG₂) exposed to cadmium chloride. *Mol Cell Biochem.* 2001;222:21–28.
36. Patlolla A, Barnes C, Field J, Hackett D, Tchounwou PB. Potassium dichromate-induced cytotoxicity, genotoxicity and oxidative stress in human liver carcinoma (HepG₂) cells. *Int J Environ Res Public Health.* 2009;6:643–653.
37. Patlolla A, Barnes C, Yedjou C, Velma V, Tchounwou PB. Oxidative stress, DNA damage and antioxidant enzyme activity induced by hexavalent chromium in Sprague Dawley rats. *Environ Toxicol.* 2009;24(1):66–73.
38. Yedjou GC, Tchounwou PB. N-acetyl-cysteine affords protection against lead-induced cytotoxicity and oxidative stress in human liver carcinoma (HepG₂) cells. *Intl J Environ Res Public Health.* 2008;4(2):132–37.

39. Tchounwou PB, Yedjou CG, Foxx D, Ishaque A, Shen E. Lead-induced cytotoxicity and transcriptional activation of stress genes in human liver carcinoma cells (HepG₂) Mol Cell Biochem. 2004;255:161–170.
40. Sutton DJ, Tchounwou PB. Mercury induces the externalization of phosphatidylserine in human proximal tubule (HK-2) cells. Intl J Environ Res Public Health. 2007;4(2):138–144.
41. Sutton D, Tchounwou PB, Ninashvili N, Shen E. Mercury induces cytotoxicity, and transcriptionally activates stress genes in human liver carcinoma cells. Intl J Mol Sci. 2002;3(9):965–984.
42. Centeno JA, Tchounwou PB, Patlolla AK, Mullick FG, Murakat L, Meza E, Gibb H, Longfellow D, Yedjou CG. Environmental pathology and health effects of arsenic poisoning: a critical review. In: Naidu R, Smith E, Smith J, Bhattacharya P, editors. Managing Arsenic In the Environment: From Soil to Human Health. Adelaide, Australia: CSIRO Publishing Corp.; 2005.
43. Jacobs JA, Testa SM. Overview of chromium(VI) in the environment: background and history. In: Guertin J, Jacobs JA, Avakian CP, editors. Chromium (VI) Handbook. Boca Raton, FL: CRC Press; 2005. pp. 1–22.
44. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) Toxicological Profile for Chromium. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
45. U.S. EPA. Environmental Criteria and Assessment Office. Cincinnati, OH: United States Environmental Protection Agency; 1992. Integrated Risk Information System (IRIS).
46. Velma V, Vutukuru SS, Tchounwou PB. Ecotoxicology of hexavalent chromium in freshwater fish: a critical review. Rev Environ Health. 2009;24(2):129–145.
47. Occupational Safety and Health Administration (OSHA) Federal Register. Vol. 71. Washington, DC: Final rule; 2006. Occupational exposure to hexavalent chromium; pp. 10099–385.
48. Singh J, Pritchard DE, Carlisle DL, Mclean JA, Montaser A, Orenstein JM, Patierno SR. Internalization of carcinogenic lead chromate particles by cultured normal human lung epithelial cells: Formation of intracellular lead-inclusion bodies and induction of apoptosis. Toxicol Appl Pharmacol. 1999;161:240–48.
49. Pranjić N, Begić H. Trovanje djece olovom u Bosni i Hercegovini. Medicinski Arhiv 1998; 53/3 (2): 59-61.
50. Pranjić N, Mujagić H, Nurkić M, Karamehić J, Pavlović S. Assessment of health effects in workers at gasoline station. Bosn J Basic Med Sci. 2002;2(1-2):35-45.
51. Geier DA, Carmody T, Kern JK, et al. A significant relationship between mercury exposure from dental amalgams and urinary porphyrins: a further assessment of the Casa Pia children's dental amalgam trial. Biometals. 2011;24:215–24.
52. Pranjić N, Mujagić H, Pavlović S. Inhalation of gasoline and damage to health in workers at gasolin stations. Med Arh. 2003;57(1):17-20.
53. Pranjić N, Sinanović O, Jakubović R. Chronic psychological effects of exposure to mercury vapour among chlorine-alkali plant workers. Med Lav. 2003 Nov-Dec;94(6):531-41.
54. Pranjić N, Karamehić J, Aščerić M. Chronic occupational mercury exposure in renal damage in workers in the chlorine-alkali electrolysis industry. Med Arh. 2003;57(4):247-9.
55. Nataf R, Skorupka C, Amet L, et al. Porphyrinuria in childhood autistic disorder: implications for environmental toxicity. Toxicol Appl Pharmacol. 2006;214:99–108.
56. Itoh K, Korogi Y, Tomiguchi S, et al. Cerebellar blood flow in methylmercury poisoning (Minamata disease) Neuroradiology. 2001;43:279–84.

57. O'Carroll RE, Masterton G, Dougall N, et al. The neuropsychiatric sequelae of mercury poisoning. The Mad Hatter's disease revisited. *Br J Psychiatry*. 1995;167:95–98.
58. Lin CY, Liou SH, Hsieh CM, et al. Dose-response relationship between cumulative mercury exposure index and specific uptake ratio in the striatum on Tc-99m TRODAT SPECT. *Clin Nuc Med*. 2011;36:689–93.
59. Velcheva I, Damianov P, Antonova N, et al. Hemorheology and vascular reactivity in patients with diabetes mellitus type 2. *Clin Hemorheol Microcirc*. 2001;49:505–11.
60. Geier DA, Kern JK, Geier MR. A prospective blinded evaluation of urinary porphyrins verses the clinical severity of autism spectrum disorders. *J Toxicol Environ Health A*. 2009;72:1585–91.
61. Geier DA, Kern JK, Garver CR, et al. Biomarkers of environmental toxicity and susceptibility in autism. *J Neurol Sci*. 2009;280:101–8.
62. López Alonso M, Prieto Montaña F, Miranda M, Castillo C, Hernández J, Luis Benedito J. Interactions between toxic (As, Cd, Hg and Pb) and nutritional essential (Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn) elements in the tissues of cattle from NW Spain. *Biometals*. 2004;17(4):389–97.
63. WHO/FAO/IAEA. World Health Organization. Switzerland: Geneva; 1996. Trace Elements in Human Nutrition and Health.
64. Stern BR. Essentiality and toxicity in copper health risk assessment: overview, update and regulatory considerations. *Toxicol Environ Health A*. 2010;73(2):114–127.
65. Harvey LJ, McArdle HJ. Biomarkers of copper status: a brief update. *Br J Nutr*. 2008;99(S3):S10–S13.
66. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) Toxicological Profile for Copper. Atlanta, GA: Centers for Disease Control; 2002.
67. Hagerstrom D, Jakobsson D, Stomrud E, et al. A new automated method for analysis of rCBF-SPECT images based on the active-shape algorithm: normal values. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2012;32:114–19
68. Stauber JL, Florence TM. A comparative study of copper, lead, cadmium and zinc in human sweat and blood. *Sci Total Environ* 1988;74:235-47.
69. Walter Crinnion. Heavy metal screening questionnaire. The Classic Presentation of Environmental Illness. Integrative Healthcare Symposium. 2011. pp17-43.
70. Anonymous. Heavy metal toxicity questionnaire. Vaughan Integrative Medicine. Greenboro, 2008; 2008-0908-0944.
71. WHO. World Health Organization. Global Health Risks: Mortality and Burden of Diseases Attributable to Selected Major RISKS. Geneva, WHO Library Cataloging in Publication Data. 2009;pp18.
72. Raljević E, Smajkić A, Mašić I. Trendovi kardiovaskularnih oboljenja u Bosni i Hercegovini i Evropi. *Med Arh*. 2007; 61 (2 supl 1):3-6.
73. Zavod za Javno zdravstvo Tuzlanskog kantona. Zdravstveno stanje stanovništva i zdravstvena zaštita u Tuzlanskom kantonu u 2014. godini- Publikacija br. 39. Tuzla, 2015. godine.
74. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) Toxicological Profile for Arsenic TP-92/09. Georgia: Center for Disease Control, Atlanta; 2000.
75. National Research Council Canada (NRCC) Effects of Arsenic in the Environment. National Research Council of Canada; 1978. pp. 1–349.

Analiza je realizirana u okviru kampanje
"STOP prljavoj energiji - budućnost je obnovljiva"



Izradu analize je naručio Centar za ekologiju i energiju za potrebe kampanje "STOP prljavoj energiji - budućnost je obnovljiva" koja je pokrenuta u okviru projekta "Mreže zagovaračkih nevladinih organizacija za održivo korištenje energije i prirodnih resursa u zemljama zapadnog Balkana i Turskoj - ETNAR", koji je realiziran uz finansijsku pomoć Evropske unije.

Stavovi i zaključci izraženi u ovoj analizi, isključiva su odgovornost autora i oni ne predstavljaju nužno stajališta Evropske unije ili Centra za ekologiju i energiju.

