TEŽKE KOVINE V OKOLJU IN NJIHOV VPLIV NA ZDRAVJE LJUDI

Avtorica: Leja Forstnerič

1 UVOD

Kovine so elementi, ki imajo v primerjavi z vodo relativno visoko gostoto. V okolju so prisotne že naravno, antropogeno pa se širijo predvsem preko uporabe v industriji, v domači uporabi, kmetijstvu, medicini in tehnoloških procesih, pri odlaganju odpadkov ter preko kurišč in v prometu. Na živa bitja vplivajo tako, da se v njihovih telesih nalagajo postopoma (bioakumulacija), koncentracije pa se višajo še po prehranjevalni verigi navzgor, kjer se izpostavljenost začne pri nižje razvitih organizmih in se postopoma nalaga v plenilske, višje razvite organizme, med katere spada tudi človek (biomagnifikacija). Izpostavljenost kovinam lahko povzroči razvoj rakastih obolenj, negativno vpliva na razvoj organizma, povzroča poškodbe notranjih in drugih organov, v primeru izpostavljenosti zelo visokim koncentracijam pa lahko povzroči celo smrt. Učinek težkih kovin je odvisen od njihovih fizikalno-kemijskih lastnosti, lastnosti tal in lastnosti človeka. V tleh se kovine vključujejo v številne procese, prehajajo v rastline in preko zaužitih živil v prehranjevalno verigo. Ker rastline večinoma kovin akumulirajo v koreninah, manj v steblih in listih, še najmanj pa v plodovih in semenih, je največ tveganja pri pridelavi korenovk in solatnic. Rastline so poleg tal izpostavljene še vplivom onesnaženega zraka in padavin. Najpogostejše težke kovine v tleh so kadmij, cink, svinec, krom, nikelj, živo srebro in baker. Kovine niso omejene le na določeno geografsko območje, saj se lahko po zraku prenašajo na velike razdalje po celotni zemeljski obli. Vnos kovin v okolje je trajen in nepovraten poseg, saj težke kovine razpadajo relativno počasi. Čas, v katerem se koncentracija kovine v tleh zmanjša za polovico je ocenjen za cink od 70 do 510 let, za kadmij od 13 do 1.100 let, za baker od 310 do 1.500 let in za svinec od 740 do 5.900 let.

2 SPLOŠEN OPIS TEŽKIH KOVIN IN NJIHOV VPLIV NA ZDRAVJE LJUDI

Težke kovine lahko v preseženih vrednostih iz Uredbe o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96) glede na rabo tal povzročijo neželene oziroma škodljive učinke ali vplive na zdravje ljudi in kakovost življenja prebivalstva. Vendar to ne pomeni, da na posameznem območju presežena vrednost določene kovine zagotovo negativno vpliva na zdravje ljudi in okolje. Vpliv kovine lahko z gotovostjo potrdimo šele na podlagi ocene tveganja za zdravje ljudi. Kovine se lahko v človeški organizem prenašajo z zaužitjem, preko dihal ali stika s kožo. Pri oceni tveganja je pomembno tudi ali gre za otroke ali odrasle, ženske ali moške, ljudi z oslabljenim imunskim sistemom, kje in koliko časa je oseba v stiku z onesnaževali, kakšna je telesna teža osebe in kolikšna je njena starost. Zraven omenjenega se upošteva še toksičnost onesnaževala, možnosti prehajanja v užitne dele rastlin (npr. meso ali mleko), biodostopnost onesnaževala za človeški organizem, referenčne doze določenega onesnaževala itd. Najbolj ogrožena skupina so otroci, ki so mlajši od 6 let. Ogroženost je večja že zaradi higienskih navad, predvsem pa fizioloških značilnosti organizma (npr. hitrejša absorpcija svinca iz prebavil). Veliko težkih kovin je pri nizkih koncentracijah esencialnih, ki jih za normalno funkcijo telesa potrebujejo rastline, živali in ljudje, pri višjih koncentracijah pa imajo takšni elementi nanj toksičen učinek.

Arzen (As)

Arzen obstaja v številnih oblikah, njegova strupenost in drugi učinki pa so odvisni od posamezne oblike. V okolju se pojavlja naravno in antropogeno. Naravno se nahaja v različnih kamninah, atmosferski arzen pa nastaja v vulkanih in kot produkt delovanja mikroorganizmov, ki anorganski arzen pretvarjajo v obliko hlapnih organskih spojin kot so metilarzini. Organski arzen se pojavlja v ribah in drugih morskih živalih. Glavni vir antropogenega atmosferskega arzena so industrijske dejavnosti in sežiganje fosilnih goriv, v komercialni uporabi pa ga je najverjetneje največ v obliki različnih pesticidov, kar neizogibno vodi do onesnaženja okolja. Izpostavljenost se lahko pojavi pri vdihavanju, zaužitju, preko kože ali pri očesnem kontaktu. Kronična izpostavljenost vodi do kožnih bolezni, temnih lis na koži, tvorb bradavic in aken ter do povečanega tveganja za nastanek kožnega raka. Hkrati lahko vpliva še na zgradbo arterij oz. ven, na uravnavanje krvnega obtoka, živčni sistem, pljuča, ledvica, jetra in mehur ter druge vrste raka. Akutna izpostavljenost visokim koncentracijam lahko povzroči stisk pljuč in smrt.

Baker (Cu)

Baker je običajno povezan z organskimi snovmi, kjer je adsorbiran na glinence in okside železa, aluminija in mangana. Je eden najmanj mobilnih mikroelementov, ki se naravno pojavlja v zemlji, prisoten pa je tudi v vseh rastlinah in živalih. Tla se z bakrom najpogosteje onesnažijo z gnojili, baktericidi in fungicidi uporabljenimi v kmetijstvu, njegovi viri pa izvirajo tudi iz rudarstva in industrije ter iz njegovih izdelkov (npr. bakrene cevi). Baker je za rastline, živali in človeka esencialen element, ki ima pomembno vlogo v encimskih reakcijah. Sodeluje pri metabolizmu sladkorjev in dušika, pri odpornosti proti boleznim in nastanku celičnih sten. Pomanjkanje bakra privede do anemije, nizkega števila belih krvnih telesc, osteoporoze pri dojenčkih in otrocih ter do drugih skeletnih problemov. Kljub vsemu pa je izpostavljenost višjim koncentracijam bakra zdravju škodljivo. Akutna zastrupljenost pri zaužitju lahko povzroči začasne gastrointestinalne težave s simptomi kot so slabost, bruhanje in trebušne bolečine, vodi lahko v razpad rdečih krvnih telesc in pri zastrupitvi jeter celo do smrti. Kronična izpostavljenost pri visokih koncentracijah lahko povzroči poškodbe jeter in ledvic.

Cink (Zn)

Cink je lahko v okolju prisoten naravno (kamnine), v okolje pa se spušča tudi pri antropogenih aktivnostih. Uporaba cinka je zelo široka, zato lahko v okolje prehaja z onesnaževanjem atmosfere, z odlaganjem organskih odpadkov, z izpuščanjem odplak ali z uporabo agrokemikalij. Cink je za rastline, živali in ljudi esencialen element (v sledovih), pomanjkanje cinka pri človeku pa vodi do kožnih obolenj in ran, lahko povzroči depresijo in anemijo ter zmanjša aktivnost imunskega sistema. Izpostavljenost večji količini cinka, kot posledice geofagije ali vdihavanja delcev onesnaženih tal, lahko povzroči motnje v reprodukciji in počasnejši razvoj zarodka.

Kadmij (Cd)

Kadmij se kot posledica antropogenih virov, v anorganski obliki pogosto pojavlja v tleh, vodi in živih organizmih. Človek je kadmiju izpostavljen predvsem preko hrane, vpliv pa ima tudi življenjski slog (npr. kajenje). Absorpcija kadmija je v tankem črevesu zelo nizka (3 – 7 %), poveča pa se pri posameznikih s pomanjkanjem železa. Po absorpciji se kadmij veže na beljakovinske molekule metalotioneine in prenese predvsem v ledvice in jetra. Ledvice so za

strupeno delovanje kadmija primarni tarčni organ, od koder pa se kadmij zaradi razpolovnega časa v organizmu, ki traja od 10 do 30 let, izloča zelo počasi. Visok vnos kadmija lahko moti metabolizem kalcija, česar posledica je osteomalacija (zmanjšana mineralizacija in mehčanje kosti) ali osteoporoza (izguba gostote in krhkost kosti). Njegov vnos je povezan s povečanim tveganjem za razvoj raka pljuč, materničnega vratu, mehurja in dojk, dolgotrajno izpostavljenost pa povezujejo tudi s povišanim krvnim tlakom in sladkorno boleznijo. V epidemioloških študijah so ugotovili, da je na področjih ki so bolj onesnažena s kadmijem, povečana smrtnost za bolezni srca in ožilja.

Krom (Cr)

Krom se pojavlja v kamninah, živalih, rastlinah ter zemlji in je lahko v trdni, tekoči ali plinasti obliki. Kromove spojine se vežejo v tla in ker so v usedlinah v vodi zelo obstojne, težko prehajajo tudi v podtalnico. Krom se uporablja v proizvodnji kovinskih zlitin, zaščitnih premazih za kovine (v galvanizaciji), v magnetnih trakovih, barvah in cementu, v sestavinah za talne obloge in drugih materialih. Topne oblike se uporabljajo za zaščito lesa. Kromove (VI) spojine so znane kot kancerogene za človeka, medtem ko so kromove (III) spojine esencialno hranilo. Vdihovanje visokih koncentracij lahko povzroča draženje nosne sluznice, razjede nosu, astmo, kašelj, oteženo dihanje in sopenje. Stik s kožo lahko povzroči razjede na koži, alergijske reakcije in otekline kože, medtem ko lahko dolgotrajna izpostavljenost kromu povzroči poškodbe jeter, ledvic, krvnega obtoka in živčnega tkiva.

Nikelj (Ni)

Nikelj je kovina, ki se naravno pojavlja v zelo majhnih koncentracijah v zemlji in hrani. Antropogeno ga najpogosteje uporabljajo za sestavino jekla in drugih kovinskih proizvodov. Človek je lahko niklju izpostavljen preko onesnaženega zraka, pitne vode, prehrane, kajenja, v nekaterih primerih pa tudi preko kože s kontaktom zemlje ali vode. Z uporabo rastlin v onesnaženi zemlji lahko v telo vnesemo povišane količine le tega, prav tako pa povišane količine niklja zaužijejo kadilci. Nikelj je v majhnih količinah esencialen, vendar takoj ko preseže določene meje, lahko postane za človeka nevaren. Povišane količine niklja lahko povzročijo: povišane možnosti za razvoj rakavih obolenj kot so pljučni, nosni, grlni in prostatni rak, slabost in omotico, dihalne napake, pljučno embolijo, napako pri rojstvu, astmo, kronični bronhitis, alergične reakcije, poškodbe srca, draženje dihal in pljučnico ter dermatitis.

Svinec (Pb)

Svinec se v okolju pojavlja v organski in še bolj pogosto v anorganski obliki. V naravi je prisoten predvsem zaradi antropogenih aktivnosti kot so industrijske dejavnosti, pa tudi kot posledica njihovega odlaganja odpadkov. Od leta 1970 so ga v Evropi uporabljali v barvah, gorivu, pločevinkah in vodnih ceveh. Človek je svincu izpostavljen preko hrane - ki je vodilni vir vnosa in preko vode, zraka, tal in prahu. Absorpcija v prebavnem traktu odraslih je od 5 - 10 %, pri otrocih pa celo od 30 - 50 %, ki pa lahko določene sestavine (npr. vitamin C, vitamin D, beljakovine, maščoba in laktoza) absorpcijo še povečajo. Preko krvi se prenese do vseh mehkih tkiv v organizmu, vključno z jetri, ledvicami in kostmi. Največja skladišča svinca so kosti, skladiščeni svinec pa se lahko sprošča ob fizioloških (npr. nosečnost) ali patoloških (npr. osteoporoza) spremembah. V zgodnjih fazah otrokovega razvoja je izpostavljenost svincu lahko vzrok za trajne nevrološke in psihološke spremembe. Dojenčki in otroci so zaradi razvoja, presnovnih posebnosti, hitrejše absorpcije in večjega vnosa hrane

na enoto telesne teže še posebej občutljiva skupina, pri nosečnicah pa je svinec lahko vzrok za prezgodnji porod, nizko porodno težo otroka in predporodno izpostavljenostjo ploda, v katerega svinec prehaja preko posteljice. Pri odraslih so študije ugotovile povezavo med nivojem svinca v krvi ter povišanim krvnim tlakom in kronično boleznijo ledvic. Internacionalna agencija za raziskave raka (IARC) ga uvršča med verjetne dejavnike tveganja za rakave bolezni (skupina 2A). Zaradi dolge razpolovne dobe v organizmu, ki traja od 10 - 30 let, je tveganje za zdravje ljudi povezano z dolgotrajno izpostavljenostjo nizkim odmerkom svinca.

Živo srebro (Hg)

Živo srebro se v okolje sprošča iz naravnih in antropogenih virov. Pri tem v različnih segmentih okolja prehaja v različne kemične oblike - od elementarnega živega srebra do anorganskih in organskih oblik. Najbolj strupeno je metil živo srebro. Po zaužitju se metil živo srebro v krvi veže na eritrocite ter kopiči v lasnih mešičkih in v možganih, prenese pa se lahko tudi preko posteljice na plod. Razpolovni čas v organizmu je od 70 do 80 dni, pred izločanjem iz organizma pa se presnovi v anorgansko obliko. Izpostavljenost metil živemu srebru je v času razvoja pri živalih povezana z nižjo telesno težo ter vplivom na gibalni in slušni sistem. Dolgotrajni vnos nizkih odmerkov metil živega srebra povzroča pri odraslih srčno-žilne bolezni, pri čemer pa kot zaščitni dejavnik delujejo dolgoverižne maščobne kisline (predvsem iz rib), ki so hkrati tudi vodilni vir metil živega srebra v prehrani odraslih. Manj pogosta, anorganska oblika živega srebra, povzroča predvsem škodljive učinke na ledvicah.

3 IZPOSTAVLJENOST TEŽKIM KOVINAM V SLOVENIJI

Raziskave v 90. letih prikazujejo različno onesnaženost okolja zaradi izpostavljenosti težkim kovinam. Povišane vsebnosti arzena, niklja in kroma so se pojavljale le na posameznih lokacijah, ki so običajno posledica točkovne onesnaženosti (divja odlagališča) in v matični kamnini (npr. vsebnost niklja v flišu na območju Kopra). Zaradi rudniško-topilniške dejavnosti sta se v Sloveniji onesnažili dve območji: zgornja Mežiška dolina, ki se je onesnažila s svincem, cinkom in kadmijem, ter Idrija, kjer so se tla v mestu in okolici onesnažila z živim srebrom. Za obe območji velja, da se je del kovin izplavljal nizvodno, tako se je povišala vsebnost živega srebra tudi v Anhovem, vsebnost cinka, svinca in kadmija pa se je povišala jugovzhodno od Maribora. Povišane vsebnosti kovin v tleh so lahko tudi posledica prometa in kmetijskih tehnologij. Na območju Kopra so v raziskavo vključili še sadovnjake in vinograde, kjer so zaradi dolgoletne rabe pripravkov za varstvo rastlin v tleh ugotovili povišane vsebnosti bakra.

Raziskave onesnaženosti tal v Sloveniji (ROTS), ki jih od leta 2008 vodi Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) prikazujejo, da so v Sloveniji danes tla večinoma neonesnažena, izstopajo pa posamezna območja, ki so obremenjena z nekaterimi anorganskimi kovinami (kadmij, svinec, cink, arzen, baker, živo srebro, krom in nikelj). V Poročilu o okolju v Republiki Sloveniji 2017 je navedeno, da so bila na posameznih mestih, kjer so se ali se še izvajajo povečane rudniško-topilniške ali metalurške dejavnosti, zaznana preseganja opozorilnih vrednosti, ki so določene v Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96 – v nadaljevanju Uredba). Opozorilna imisijska vrednost je v uredbi določena kot gostota posamezne nevarne snovi v tleh, ki pomeni pri določenih vrstah rabe tal verjetnost škodljivih učinkov ali vplivov za zdravje človeka ali okolje. Najbolj onesnažena območja z anorganskimi onesnaževali so Mežiška

dolina, Celjska kotlina, Idrija in Jesenice z okolico, najbolj problematični onesnaževali v tleh pa sta kadmij in svinec. Na Koprskem in Goriškem območju so opozorilne imisijske vrednosti presežene za nikelj in krom, ki so posledica preperevanja flišne kamninske osnove. V nekaterih območjih Slovenije so bile poleg vzorčenja tal v okviru ROTS izvedene še druge podrobnejše raziskave. Obsegale so vsebnost onesnaževal v prahu in živilih ter vpliv onesnaževal na zdravje ljudi. Rezultati omenjenih raziskav kažejo, da so za anorganska onesnaževala ponekod zaznana preseganja kritičnih imisijskih vrednosti. To velja predvsem za Celjsko kotlino, Mežiško dolino, pa tudi za območje Idrije. Kritična imisijska vrednost je v skladu z uredbo določena kot gostota posamezne nevarne snovi v tleh, pri kateri zaradi škodljivih učinkov ali vplivov na človeka in okolje onesnažena tla niso primerna za pridelavo rastlin, namenjenih prehrani ljudi ali živali, ter za zadrževanje ali filtriranje vode.

Kazalci okolja v Sloveniji navajajo, da so leta 2014 izpusti svinca v Sloveniji znašali 7,8 t. V primerjavi z letom 1990 so se izpusti svinca v Sloveniji zmanjšali kar za 99 %, najbolj zaradi vpeljave neosvinčenega bencina. Največji upad izpustov je bil zabeležen leta 1995, to je v času, ko je prišla v veljavo Direktiva o kakovosti motornega bencina in dizelskega goriva v zvezi z vsebnostjo žvepla, svinca in benzena. Osvinčeno gorivo je bilo iz prodaje umaknjeno julija leta 2001. Leta 2014 so glavne vire izpustov svinca predstavljali cestni promet, industrijski procesi in raba topil. Izpusti kadmija so v Sloveniji leta 2014 znašali 0,47 t. V obdobju od leta 1990 do 2014 so se izpusti zmanjšali za 65 %. Glavne vire izpustov kadmija v ozračje so leta 2014 predstavljala mala kurišča, izpusti kadmija iz industrije pa so v devetdesetih upadli. Razlog za upad so bile izboljšane tehnologije za zmanjševanje izpustov pri čiščenju odpadnih voda, v sežigalnicah, pri prečiščevanju in taljenju kovin ter zaprtje starejših in neekonomičnih industrijskih objektov. Izpusti živega srebra so v Sloveniji leta 2014 znašali 0,16 t, ki pa so v času od 1990 do 2014 v Sloveniji upadli za 50 %. Glavni vir živega srebra je bila v letu 2014 proizvodnja elektrike in toplote.

4 ZAKONODAJNI UKREPI ZA ZMANJŠANJE IZPOSTAVLJENOSTI TEŽKIM KOVINAM

Za zmanjšanje izpustov kovin je v Sloveniji pomembna naslednja zakonodaja:

- Program za opustitev uporabe osvinčenega bencina v Sloveniji (1998);
- Operativni program zmanjševanja onesnaževanja vodnega okolja z emisijami živega srebra iz razpršenih virov onesnaževanja v Republiki Sloveniji (2004);
- Operativni program zmanjševanja onesnaževanja površinskih voda s prednostnimi in drugimi nevarnimi snovmi (2004).

V Zakonu o varstvu okolja je opredeljeno, da morajo vsi večji nepremični viri izpustov zaprositi za integrirano okoljsko dovoljenje. To velja tako za obstoječe, kot nove naprave, kar je urejeno z Uredbo o vrsti dejavnosti in naprav, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega. Za obstoječe industrijske obrate so dovoljenja v pripravi ter temeljijo na najboljših razpoložljivih tehnologijah.

Zakonodaja s področja kovin v Evropski uniji zajema Protokol o težkih kovinah h Konvenciji iz leta 1979 o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja (LRTAP), ki vključuje tri ključne škodljive snovi: kadmij, živo srebro in svinec. Direktiva o celovitem nadzoru in preprečevanju onesnaženja (IPPC), z namenom zmanjšanja izpustov (težkih) kovin in organskih onesnaževal iz industrijske proizvodnje, definira obveznosti za obratovalna

dovoljenja, vpeljuje ciljne vrednosti oziroma merila uspešnosti za energetsko učinkovitost in zahteva uporabo najboljših razpoložljivih tehnologij tako v novih, kakor tudi v obstoječih napravah.

5 KAJ LAHKO ZA ZMANJŠANJE IZPOSTAVLJENOSTI TEŽKIM KOVINAM STORIMO SAMI?

Ker pa so težke kovine v okolju prisotne že naravno in ker so še vedno posledica nekdanjih dejavnosti ter tudi današnjih, pa moramo za zmanjšano izpostavljenost le tem poskrbeti tudi sami:

- ne uživajmo živil rastlinskega izvora, ki so gojena na onesnaženih območjih (npr. bližina topilnic, prometnih cest in odlagališč odpadkov);
- živila rastlinskega izvora dobro sperimo s pitno vodo, saj tako odstranimo z njihove površine tudi velik del težkih kovin;
- ne uživajmo živil živalskega izvora z onesnaženega območja, še posebej pa bodimo previdni pri uporabi mleka ali živalske drobovine;
- pri izbiri rib in drugih morskih sadežev se zaradi dokazano nižje vrednosti svinca odločamo za manjše vrste;
- pomanjkanje vitamina c, železa, kalcija, beljakovin in maščob pripomore k večji absorpciji svinca iz črevesja, zato se odločajmo za pravilno uravnoteženo prehrano;
- pri svinčenem vodovodnem omrežju je potrebna takojšnja prenova;
- otroci ki se igrajo na prostem, si naj ob prihodu v stanovanje umijejo roke z vodo in milom.

Literatura:

1. Agencija Republike Slovenije za okolje. Poročila o stanju okolja v Sloveniji: 2.3 Tla. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje. Pridobljeno 10.3.2017 s spletne strani: http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poro%C4%8Dila/poro%C4%8Dila%20o%20stanju%20okolja%20v%20Sloveniji/tla.pdf.
2. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Heavy Metals Toxicity and the Environment. EXS 2012; 101: 133–64. Pridobljeno 10.3.2017 s spletne strani: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4144270/.
3. Agencija Republike Slovenije za okolje. Kazalci okolja v Sloveniji: [ZR12] Izpusti težkih kovin. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje 2016. Pridobljeno 9.3.2017 s spletne strani: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=768.
4. Vlada Republike Slovenije. Poročilo o okolju v Republiki Sloveniji 2017. Vlada Republike Slovenije 2017. Pridobljeno 9.3.2017 s spletne strani: http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/pomembni_dokumenti/porocilo_o_okolju_2017.pdf.
5. Agencija Republike Slovenije za okolje. Kazalci okolja v Sloveniji: [ZD15] Vnos kovin v človeško telo s hrano. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje 2014. Pridobljeno 9.3.2017 s spletne strani: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=665
6. Kabata-Pendias A, Pendias H. Trace elements in soils and plants (3rd ed.). Florida, Boca Raton: CRC Press LLC, 2001: 413.
7. Filip S, Fink R. Težke kovine na naših krožnikih. Naša lekarna 2010; 45: 80-85. Pridobljeno 9.3.2017 s spletne strani: http://www.nasa-lekarna.si/clanki/clanek/tezke-kovine-na-nasih-kroznikih/.
8. Mahurpawar M. Effects of heavy metals on human health. International journal of research – GRANTHAALAYAH 2015. Pridobljeno 10.3.2017 s spletne strani: http://granthaalayah.com/Articles/Vol3Iss9SE/152_IJRG15_S09_152.pdf.
9. Bohinc N. Onesnaževanje tal. Slovenski kemijski portal Kemija.org 2017. Pridobljeno 10.3.2017 s spletne strani: http://www.kemija.org/index.php/okolje-mainmenu-40/25-okoljecat/225-onesnaevanje-tal.

10. Timbrell J. Paradoks strupa: Kemikalije kot prijatelji in sovražniki. Prevedle: Fatur T, Jeram S, Perharič L. Ljubljana: Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije 2008.
11. Occupational Safety and Health Administration. Arsenic: Hazard recognition. United states department of labor. Pridobljeno 10.3.2017 s spletne strani: https://www.osha.gov/SLTC/arsenic/hazards.html.
12. Leštan D. Ekopedologija, študijsko gradivo. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za pedologijo in varstvo okolja, 2002: 277.
13. Martin S, Griswold W. Human health effects of heavy metals. Center for hazardous substance research 2009. Pridobljeno 9.3.2017 s spletne strani: https://www.engg.ksu.edu/chsr/files/chsr/outreach-resources/15HumanHealthEffectsofHeavyMetals.pdf.
14. Lobnik F, Zupan M, Rupreht J, Šporar M, Knapič M, Prus T, Hudnik V. Monitoring onesnaženosti tal in vegetacije v Sloveniji. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 1992: 322.
15. Ribarič-Lasnik C, Pokorny B, Pačnik L. Problem težkih kovin v Zgornji Mežiški dolini – zbornik referatov. Velenje: ERICO 1999: 135.
16. Pezdič J, Hines EM, Horvat M, Faganeli J. Mercury in the Idrija Region and Northern Adriatic. RMZ – Materiali in geookolje 2001; 48 (1): 259.
17. Zupan M, Dolenc M, Hodnik A. Stanje okolja na vplivnem območju industrijskega kompleksa Salonit in ocena vplivov na okolje – ocena onesnaženosti tal. Poročilo za Hidroinženiring, d.o.o. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo 1995: 38.