



## ZNAČAJ PRAĆENJA SADRŽAJA TEŠKIH METALA U VODI ZA PIĆE I PREHRAMBENIM PROIZVODIMA

Amra Salkić

Služba za hemijsku dijagnostiku, Institut za zdravlje i sigurnost hrane Zenica

### Sažetak

Otkriće metala i njihova upotreba predstavljaju prekretnicu u razvoju civilizacije. Život u 21. stoljeću je gotovo nezamisliv bez njih. Posuđe, prevozna sredstva, medicinski instrumenti, elektronski uređaji, te mnogi drugi predmeti koje svakodnevno upotrebljavamo su djelimično ili u potpunosti izrađeni od metala. Neki od njih poput bakra (Cu), željeza (Fe), cinka (Zn), selena (Se), mangana (Mn), hroma (Cr) i nikla (Ni) su, u manjim koncentracijama, čak i neophodni za normalno funkcionisanje ljudskog organizma. Od 35 metala koji se mogu pronaći u prirodi, 23 se svrstavaju u skupinu teških metala. Termin “teški metali” se u literaturi koristi za metale čija je relativna gustoća veća od  $\rho = 5 \text{ g/cm}^3$ . Međutim u kolokvijalnom govoru, ovaj izraz se uglavnom upotrebljava za metale za koje je dokazano da djeluju toksično na živi svijet poput kadmija (Cd), olova (Pb) i žive (Hg). Arsen (As), iako polumetal, zbog izrazite toksičnosti se također ubraja u ovu skupinu. Toksično djelovanje teških metala je posebno izraženo zbog činjenice da se oni prilikom unošenja u (ljudski) organizam talože u jetri, plućima, bubrezima, mozgu i drugim tkivima, te utječu na normalno odvijanje fizioloških procesa.

### 1.UVOD

*Autor za korespodenciju:*

*Amra Salkić, MA ing. hemije  
Institut za zdravlje i sigurnost hrane  
Zenica  
Služba za hemijsku dijagnostiku  
E-mail: amra.salkic@inz.ba  
Tel: +387 61 325 476*

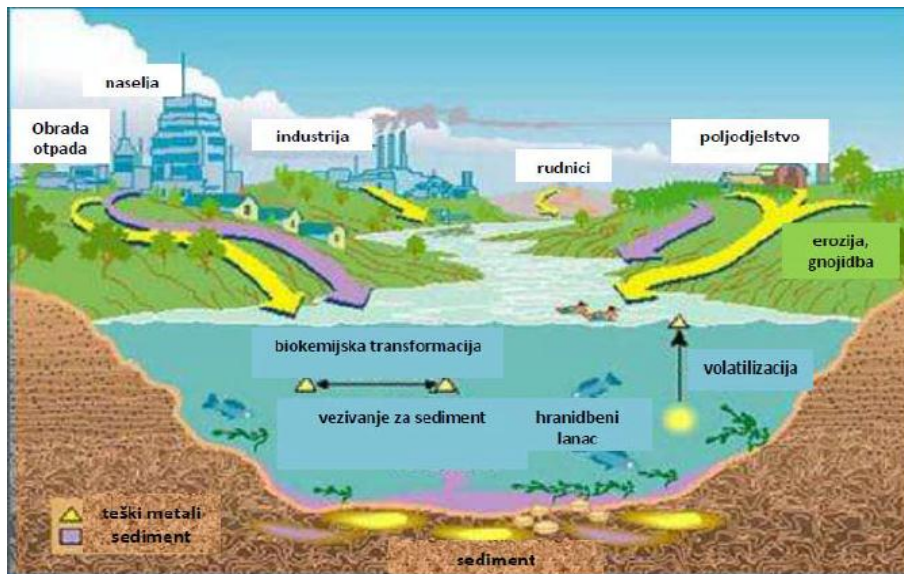


Sintagma “teški metali” se u naučnoj literaturi upotrebljava za hemijske elemente čija je relativna gustoća veća od  $\rho = 5 \text{ g/cm}^3$ . Teški metali se dijele u dvije skupine, na esencijalne i neesencijalne. Esencijalni elementi (Cu, Fe, Zn, Se, Mn, Cr, Ni) koji se još nazivaju i mikronutrijenti, su neophodni za normalno funkcionisanje fizioloških procesa u živim organizmima, stoga njihov nedostatak može dovesti do nastanka niza različitih poremećaja. Međutim, treba naglasiti da njihova “ljekovitost” ovisi od koncentracije koja se unese u organizam tako da unos navedenih elemenata veći od preporučene dnevne doze može dovesti do akutnog, odnosno hroničnog trovanja (1).



Neesencijalni elementi kao što su Cd, Pb, Hg i As su toksični za živi svijet i u vrlo malim koncentracijama, stoga će mehanizam njihovog djelovanja biti detaljnije opisan u narednim poglavljima. Teški metali su prisutni na Zemlji od njenog postanka. Njihova zastupljenost u Zemljinoj kori iznosi oko 25% gdje se nalaze uglavnom vezani u vidu hemijskih spojeva, većinom oksida i sulfida kao i karbonata, silikata i sulfata. Uslijed prirodnih procesa došlo je do rasprostranjivanja teških metala i u atmosferu i hidrosferu. Koncentracije teških metala koje su u okoliš dospijevale putem navedenih procesa nisu značajno utjecale na živi svijet.

Do preokreta dolazi početkom industrijalizacije i intenzivnog razvoja tehnologije uslijed čega je povećana proizvodnja i upotreba teških metala u svakodnevnom životu. Na naglo povećanje prirodne koncentracije teških metala u okolišu su također utjecale i nekontrolisana urbanizacija, poljoprivredna djelatnost, te razvoj cestovnog saobraćaja (Slika 1) (1, 2). Primjera radi, prometovanje automobila na benzinski pogon je pridonijelo kontaminaciji tla sa Pb, a razlog tome je upotreba benzina koje je sadržavalo tetraetil-olovo radi povećanja oktanskog broja. Zabrana upotrebe olovnog benzina je značajno utjecala na smanjenje emisije Pb (3).



Slika 1: Izvori teških metala u okolišu (2)



Emisijom iz antropogenih izvora, teški metali zagađuju zrak koji udišemo, vodu koju pijemo i tlo na kojem uzgajamo hranu. U organizam se unose prilikom ingestije kontaminirane vode za piće i prehrambenih proizvoda, ali i udisanjem i apsorpcijom kroz kožu u zavisnosti od hemijskog oblika u kojem se nalaze (4). Kada jednom dospiju u organizam, gotovo ih je nemoguće ukloniti zbog njihove sposobnosti da se akumuliraju u različitim ćelijama i tkivima, gdje mogu uzrokovati mutacije vezivajući se za proteine i nukelinske kiseline. Zabilježena su oštećenja pluća, jetre, bubrega i drugih vitalnih organa kao posljedica izloženosti teškim metalima, a dugotrajno taloženje u organizmu može postepeno dovesti do napredovanja degenerativnih neurološki procesa i promjena u muskulaturi, a koje su karakteristične za multipla sklerozu, mišićnu distrofiju, Alzheimerovu i Parkinsonovu bolest (5, 6). Također, teški metali imaju sposobnost da oponašaju djelovanje hormona zbog čega dolazi do poremećaja u endokrinom i reproduktivnom sistemu što na kraju može dovesti do razvoja kancera (4, 6).

### **IZVORI KONTAMINACIJE TEŠKIM METALIMA**

Teški metali su sve prisutniji u okolišu, a pojavljuju se kao posljedica neantropogenog i antropogenog djelovanja. Neantropogena rasprostranjenost teških metala javila se kao posljedica erozije tla, ispiranjem iz formacija prirodnih stijena, koje se raspadaju i ustinjavaju pod različitim uvjetima, te uslijed erupcije vulkana pri čemu se teški metali emituju u

atmosferu odakle se talože na tlo (3). Kao što je ranije naglašeno, nagli porast koncentracija teških metala u ekosistemu javio se kao posljedica intenzivnog razvoja industrije i tehnologije, stoga danas većina depozicija teških metala potiče iz antropogenih izvora (Tabela 1).

Istraživanje koje je sprovedeno krajem 80-tih godina prošlog stoljeća pokazalo je da u ukupnim atmosferskim depozicijama na globalnom nivou antropogeni udio za Pb iznosi čak 96%, za Cd 85%, za As 61%, a za Hg 59%. Istovremeno, u Republici Hrvatskoj, 42,7% Pb je bilo antropogenog porijekla (emisija iz proizvodnih procesa); 59,4% As u atmosferi je dospijevalo prilikom izgaranja u termoenergetskim postrojenjima, dok je 43,2 % Hg i 39,4% Cd emitovano u atmosferu u industrijskim procesima izgaranja. Također, čak 28,5% antropogenog udjela Cd u atmosferi je poticalo od cestovnog saobraćaja (2).

S obzirom da je Bosna i Hercegovina u posljednjem desetljeću bila više puta izložena poplavama, te da je zbog klimatskih promjena očekivano da se taj trend nastavi, potrebno je spomenuti da do onečišćenje tla također može doći i tokom poplava. Razlog tome jeste izlivanje vode iz riječnih korita u koja se ulijevaju komunalne i industrijske otpadne vode, te nanosi mulja onečišćenog teškim metalima iz antropogenih i geogenih izvora nastalih erozivnim djelovanjem vode. Nakon velikih poplava koje su pogodile region na proljeće 2014. godine, sprovedeno je istraživanje u sklopu kojeg se ispitalo sadržaj teških metala na obalnom području rijeke Drave u Republici Hrvatskoj. Analize koje su urađene na



uzorcima tla i biljaka sa 7 lokacija su pokazale da su na pojedinim lokacijama premašene maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) za Pb i Cd. Razina Hg je bila u dozvoljenim granicama, dok je koncentracija As bila ispod limita detekcije (9).

Tlo predstavlja najugroženiji prirodni resurs, jer svi kontaminatni koji se ispuste u atmosferu i hidrosferu, na različite načine dospijevaju do tla gdje se talože. Procesi kontaminacije tla uglavnom teku sporo; u početnim fazama degradacije tlo ima sposobnost samoprečišćavanja, međutim ta osobina se gubi sa daljom kontaminacijom koja dovodi do djelimičnog, odnosno potpunog uništenja biljnog svijeta. Nažalost, prve posljedice je moguće primjetiti tek nakon izvjesnog perioda kada je revitalizacija tla otežana. Neophodno je naglasiti posljedice kontaminacije tla, te važnost njegovog očuvanja, jer tlo je izvor hrane za čovjeka. Prehranjujući se biljkama koje apsorbiraju i akumuliraju teške metale, kontaminacija se prenosi na životinje, a potom i na čovjeka koji se nalazi na vrhu hranidbenog lanca (3, 10).

Najugroženija su ona područja koja se nalaze u blizini industrijskih i urbanih centara, te velikih saobraćajnica, kao što je to u Bosni i Hercegovini područje grada Zenice. Ispitivanjem tla u okolini zeničke Željezare 2010. godine, utvrđeno je da koncentracije Pb (od 160,4 mg/kg do 340,3 mg/kg) i Cd (od 1,5 mg/kg do 4,5 mg/kg) značajno prelaze vrijednosti MDK, koja za Pb iznosi 100 mg/kg, a za Cd 1 – 2 mg/kg. Izuzev zeničke regije, istraživanja su pokazala da je u tlima na području Tuzle i Kaknja također prisutan sadržaj navedenih teških metala veći od

tolerantnih vrijednosti (10, 11). Iako su najviše ugrožena područja koja se nalaze u neposrednoj blizini izvora kontaminacije, ovisno od reljefa i ruže vjetrova, kontaminacija se može proširiti i na do 40 km udaljenosti od samog izvora.

## **MEHANIZAM DJELOVANJA TEŠKIH METALA NA LJUDSKO ZDRAVLJE**

### ***Olovo***

Prema urbanom mitu, oko kojeg se naučnici još uvijek spore, vjeruje se da je razlog pada Rimskog carstva prvenstveno trovanje olovom uslijed korištenja soli olovo acetata za zaslađivanje vina i za održavanje njegove svježine. Smatra se da je dugoročna upotreba ove soli izazvala demenciju kod mnogih rimskih imperatora. Dodavanje olovo acetata u vino je bila ilegalna, ali popularna praksa i u 18. i 19. stoljeću. Olovne soli su se u davniini dodavale u glazuru za keramiku, odakle su se uz prisustvo voćnih kiselina rastapale i miješale sa hranom koja se u njima pripremala i servirala (12).

Istraživanja su pokazala da olovo inhibiranjem porfobilinogen sintaze i ferohelataze, istovremeno sprječava stvaranje porfobilinogena i ugradnju željeza u protoporfirin IX, koji sprječava sintezu odnosno uzrokuje neefikasnu sintezu hema što kao posljedicu ima nastanak mikrocitne anemije. Djelujući kao analog kalcija, olovo remeti funkciju ionskih kanala zbog čega dolazi do promjena u kognitivnim funkcijama (12). Olovo se akumulira u skeletu, odakle se polahko otpušta u organizam – vrijeme poluraspada iznosi od 20 do 30 godina. Anorgansko olovo kod odraslih osoba ne



**Tabela 1. Pregled potencijalnih antropogenih izvora teških metala (7,8)**

Potencijalni izvori kontaminacije	Kontaminanti			
	Pb	Cd	Hg	As
<b>Promentna infrastruktura:</b>				
- ceste	X	X		
- aerodrome				
- ventilacioni sistemi u tunelima				
<b>Termoelektrane</b>	X	X		
<b>Odlagališta otpada:</b>				
- odlagališta inertnog i opasnog otpada	X	X	X	
- spaljivanje otpada				
- obrada komunalnih otpadnih voda				
<b>Vojni poligoni</b>	X	X	X	
<b>Proizvodnja mineralnih gnojiva</b>	X	X		
<b>Talionice ruda</b>	X	X		X
<b>Naftne i plinske bušotine</b>	X	X	X	
<b>Naftovodi i plinovodi</b>	X	X		
<b>Metalna industrija</b>	X	X		
<b>Industrija stakla i staklenih vlakana</b>	X	X	X	
<b>Industrija keramike, crijepova i opeke</b>	X	X	X	
<b>Tvornica cementa</b>	X		X	
<b>Tvornice boja i lakova</b>	X	X	X	X
<b>Proizvodnja mikroelektronike</b>	X	X		X
<b>Proizvodnja pesticide, herbicida, fungicida</b>	X			X



može proći kroz krvno – moždanu barijeru, međutim ova barijera kod djece nije dovoljno razvijena što djecu čini posebno osjetljivom na oštećenja mozga uzrokovana trovanjem olovom. Akutno trovanje tetrametil i tetraetil olovom koji imaju sposobnost prolaska kroz krvno-moždanu barijeru dovodi do nastanka encefalopatije mozga (6).

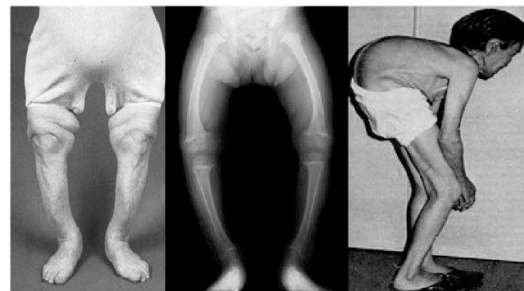
### **Kadmij**

Na spisku koji je izradila Međunarodna agencija za istraživanje raka, kadmij i njegovi spojevi se nalaze u skupini 1 koju čine tvari za koje je dokazano da djeluju kancerogeno. Kadmij je nemoguće izlučiti iz organizma uslijed njegove reapsorpcije u bubrezima čime se njegovo štetno djelovanje na organizam dodatno naglašava. Čak i kratkotrajno udisanje kadmija može uzrokovati ozbiljna oštećenja pluća i iritaciju respiratornog sistema, dok ingestija veće doze dovodi do iritacije probavnog trakta što može rezultirati povraćanjem i dijarejom (1).

1912. godine u japanskoj prefekturi Toyama došlo je do masovnog trovanja lokalnog stanovništva kadmijumom prilikom ispuštanja otpadnih voda iz rudnika u rijeku. Stanje koje se razvilo uslijed trovanja, zbog jakih bolova u kičmenom stubu i zglobovima koje su osjećali oboljeli, je dobilo naziv “itai-itai” što u prevodu na bosanski jezik znači “boli, boli”.

Uslijed dugotrajne izloženosti izvoru kontaminacije, razvila su se ozbiljna oštećenja skeleta (Slika 2). Mehanizam djelovanja kadmija se odvija u dva koraka. Kadmij se vezuje za

metalotionein u krvi i putuje do glomerula u bubrezima. Kada dospije do proksimalnih cjevčica, otpušta se i taloži u bubrežnom korteksu. Kada razina kadmija dosegne toksični nivo, dolazi do nastanka poremećaja u metabolizmu kalcija, što za posljedicu ima hiperkalciuriju i stvaranje bubrežnog kamena. Zbog poremećaja u prometu kalcija, kod osoba pogođenih ovom bolesti počinju se javljati muskuloskeletna oštećenja koja se manifestuju bolovima, smanjenjem gustine kostiju, lomovima, te osteoporozom (13).



**Slika 2: Itai-itai bolest (14)**

Dugotrajno izlaganje kadmiju dovodi do njegovog taloženja u plućima. Glavni izvor unosa kadmija kod pušača je duhan, te je zabilježeno da 50-godišnji pušači imaju dvostruko veću količinu kadmija u plućima od vršnjaka nepušača.

### **Živa**

Karakteristike trovanja živom se razlikuju u zavisnosti da li je trovanje izazvano elementarnom živom, njenim anorganskim solima ili metil-živom, te da li je riječ o akutnom ili hroničnom trovanju. Elementarna živa je lahko isparljiva tako da do trovanja obično dolazi njenim udisanjem. Dobro se



apsorbira u plućima, a potom se putem krvotoka prenosi i taloži u centralnom nervnom sistemu ili se zadržava u eritrocitima. Ingestija elementarne žive ne predstavlja veliku opasnost po zdravlje, jer se slabo apsorbira u crijevima (4). Anorganske soli žive mogu izazivati promjene u moždanoj funkciji koja za posljedicu ima razdražljivost, pojavu tremora, problema s pamćenjem, te promjene u čulima vida i sluha.

Metil-živa se u organizam pretežito unosi putem hrane. Topljiva je u mastima, dobro se apsorbuje iz gastrointestinalnog trakta, a može čak prodrijeti u kožu i preko zaštitnih lateks rukavica. To je vrlo otrovan spoj koji čak i u veoma niskim koncentracijama uzrokuje degenerativne promjene na centralnom nervnom sistemu i smrt. Izloženost trudnica metil-živi utječe na normalan razvoj fetusa i može uzrokovati rađanja djece sa mentalnom retardacijom i teškim malformacijama (15). Kod hronične izloženosti, živa počinje djelovati kao endokrini disruptor ometajući sintezu spolnih hormona narušavajući time mušku i žensku plodnost (4).

### **Arsen**

Iako pripada skupini polumetala, mnogi naučnici svrstavaju arsen u skupinu teških metala zbog toksičnog djelovanja, ali i zbog njegove metalne, stabilne, sive alotropske modifikacije.

Trovanje arsenom pokazuje različite karakteristike u zavisnosti od toga da li je trovanje uzrokovano elementarnim, trovalentnim ili petovalentnim arsenom, odnosno njegovim organskim ili anorganskim jedinjenjem. Anorganski

arsen je mnogo otrovniji od elementarnog arsena, dok je trovalentni arsenit otrovniji od petovalentnog arsena.

Arsen se taloži u mekanim tkivima poput jetre, bubrega, pluća i slezene, ali najdugoročnije skladište za arsen čine tkiva bogata keratinom kao što su koža, kosa i nokti, pa se stoga hronično trovanje obično manifestira pojavom keratoza na koži, promjenama u pigmentaciji i oštećenjem perifernog nervnog sistema. Akutno trovanje arsenom dovodi do oštećenja krvnih sudova i tkiva probavnog trakta, te utječe na rad srca i moždane funkcije što nerijetko može imati smrtni ishod (8).

## **ISPITIVANJE I PRAĆENJE SADRŽAJA TEŠKIH METALA**

Za kvantitativno određivanje teških metala primjenjuju se metode atomske spektroskopije.

Spektroskopsko proučavanje atoma, odnosno jona elemenata pomoću UV/vis zračenja se može obavljati samo u plinovitoj sredini u kojoj su joni dobro međusobno odvojeni. Stoga je prvi korak u ispitivanju teških metala ovom metodom *atomizacija*, proces u kojem se uzorak isparava uz razgradnju i nastanak atomske pare. Atomizacija je najkritičniji korak u cjelokupnom procesu ispitivanja, jer od učinkovitosti i reproducibilnosti ovog postupka ovise osjetljivost, preciznost i tačnost metode. Na osnovu načina atomizacije uzorka razlikuju se četiri spektroskopske metode: atomizacija u plamenu, elektrotermička atomizacija, atomizacija u indukovanoj kuplovanj



plazmi i atomizacija u plazmi istosmjernje struje. Atomske metode se temelje na pojavi apsorpcije, emisije i fluorescencije (16). U daljem tekstu će biti obrađena atomska apsorpciona spektroskopija, odnosno njene tehnike – plamena, grafitna i hidridna tehnika.

### **Plamena tehnika**

Plamena tehnika (Slika 3) je brza i jeftina tehnika čija se osjetljivost nalazi u području koncentracije izražene u *ppm* (eng. parts per million – dijelova po milionu). Shodno tome, ova tehnika se može primjenjivati samo za određivanje esencijalnih teških metala, te za određivanje neesencijalnih teških metala u matriksima gdje se očekuju više koncentracije (kao npr. u tlu). Uzorak se preko kapilare uvodi u nebulizator gdje se raspršuje te se kao aerosol miješa s gorivom i oksidansom koji ga unose u plamen. Najčešće korištene smjese plinova su zrak- acetilen i  $N_2O$ -acetilen, ovisno od toga koji element se određuje.



**Slika 3: Plamena tehnika atomske apsorpcijske spektroskopije (17)**

### **Grafitna tehnika**

Zbog veće osjetljivosti grafitna tehnika (Slika 4) je pogodna za određivanje neesencijalnih teških metala poput Pb i Cd u koncentracijama izraženim u *ppb* (eng. parts per billion). Mali volumen uzorka se uz pomoć kapilare, kroz suženi otvor ubacuje u grafitnu kivetu (cijev). Postupak određivanja se sastoji od nekoliko koraka: sušenje uzorka, karbonizacija, pepelizacija i atomizacija koja se odvija pri temperaturama višim od  $2000^{\circ}C$ . Atomizirani analit stvara apsorpcijski signal koji je direktno proporcionalan koncentraciji analita (*Lambert-Beerov zakon*). Kao gorivo se koristi argon.

Za određivanje teških metala u prehrambenim proizvodima plamenom i grafitnom tehnikom, potrebno je prethodno uraditi razaranje uzorka, odnosno mokro spaljivanje. Razaranje uzorka se vrši u teflonskim kivetama u mikrovalnoj peći uz dodatak koncentrovane nitratne kiseline, te koncentrovane hloridne kiseline ukoliko je potrebno izvršiti stabilizaciju određivanog analita. Uzorke vode za piće nije potrebno prethodno razarati ukoliko uzorak nije zamućen niti ima vidljivo onečišćenje.



**Slika 4: Grafitna tehnika atomske apsorpcijske spektroskopije (18)**





### **Hidridna tehnika**



**Slika 5: Dodatak za hidridnu tehniku koji se postavlja na uređaj za plamenu tehniku (19)**

Princip hidridne tehnike se bazira na reakciji oksianiona metaloida sa  $\text{NaBH}_4$ , i  $\text{HCl}$  pri čemu nastaje isparljivi hidrid elementa koji se određuje ( $\text{H}_2\text{Te}$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$ ,  $\text{H}_3\text{As}$  itd.). Nastala smjesa putem cjevčice se prenosi do separatora *plin/tečnost* gdje dolazi do odvajanja smjese hidrida i vodika nastalog kao nusprodukt reakcije. Potom slijedi prečišćavanje pomoću inertnog plina visoke čistoće prije nego se hidrid prenese u staklenu optičku ćeliju gdje se vrši atomizacija. Veoma je bitno da se prije početka ispitivanja metaloid dovede u željeno oksidaciono stanje. Primjera radi, kod određivanja As nakon pepelizacije, u uzorak se dodaje smjesa KI i askorbinske kiseline za redukciju  $\text{As}^{5+}$  u  $\text{As}^{3+}$ . Kod hidridne tehnike koriste se argon i smjesa acetilen-zrak.

Maksimalna dozvoljena koncentracija, te način monitoringa teških metala u vodi za piće i prehrambenim namirnicama, definisani su slijedećim pravilnicima:

- Pravilnik o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani (Službeni glasnik BiH, 68/14)
- Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (Službeni glasnik BiH, 40/10, 30/12, 62/17)

Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće definiše MDK koja za As iznosi  $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ , za Cd  $5 \mu\text{g}/\text{kg}$ , Pb  $10 \mu\text{g}/\text{kg}$  i za Hg iznosi  $1 \mu\text{g}/\text{kg}$ . U Tabeli 2 i 3 dat je pregled MDK za As, Pb, Cd i Hg u različitim vrstama namirnica.



Tabela 3: Najveća dopuštena količina Pb, Cd i Hg u hrani

Hrana <sup>(1)</sup>		Najveća dopuštena količina (mg/kg vlažne mase) (NDK)
3.1.	<b>Olovo</b>	
3.1.1.	Svježe mlijeko <sup>(6)</sup> , toplinski obrađeno mlijeko i mlijeko za proizvodnju proizvoda na bazi mlijeka	0,020
3.1.2.	Formule za dojenčad i formule nakon dojenja <sup>(47)(5)</sup>	0,020
3.1.3.	Meso (izuzev iznutrica) goveda, ovaca, svinja i peradi <sup>(6)</sup>	0,10
3.1.4.	Iznutrice goveda, ovaca, svinja i peradi <sup>(6)</sup>	0,50
3.1.5.	Mišićno meso ribe <sup>(24)(25)</sup>	0,30
3.1.6.	Ljuskavci (Crustaceae) <sup>(26)</sup> : mišićno meso krakova i abdomena <sup>(44)</sup> . U slučaju rakova i rakovima sličnih tvrdokožaca (kratkorepi morski rakovi – <i>Brachyura</i> i deseteronožci <i>Anomura</i> ) mišićno meso iz krakova	0,50
3.1.7.	Žrvi školjkaši <sup>(26)</sup>	1,5
3.1.8.	Glavonožci (bez unutarnjih organa) <sup>(26)</sup>	1,0
3.1.9.	Mahunarke <sup>(27)</sup> , žitarice i zrna mahunarki	0,20
3.1.10.	Povrće, osim glavičastog povrća, lisnatog povrća, svježeg ljekovitog bilja, gljiva i morskih algi <sup>(27)</sup> . Za krumpir najveća količina primjenjuje se na oguljene krumpire	0,10
3.1.11.	Glavičasto povrće, lisnato povrće i slijedeće gljive <sup>(42)</sup> : <i>Agaricus bisporus</i> (obična gljiva), <i>Pleurotus ostreatus</i> (bukovača), <i>Lentinula edodes</i> (Shiitake gljive) <sup>(27)</sup>	0,30
3.1.12.	Voće, izuzev jagodičastog voća i malog voća <sup>(27)</sup>	0,10
3.1.13.	Jagodičasto voće i malo voće <sup>(27)</sup>	0,20
3.1.14.	Masnoće i ulja, uključujući mliječnu masnoću	0,10
3.1.15.	Voćni sokovi, koncentrirani voćni sokovi vraćeni u prvotno stanje i voćni nektari <sup>(14)</sup>	0,050
3.1.16.	Vino (uključujući pjenusavo vino, izuzev liker vina), jabukovača, kruškovača i voćna vina <sup>(11)</sup>	0,20 <sup>(28)</sup>
3.1.17.	Aromatizirano vino, aromatizirana pića na bazi vina i aromatizirani kokteli od proizvoda vina <sup>(13)</sup>	0,20 <sup>(28)</sup>
3.1.18.	Dodatci prehrani <sup>(39)</sup>	3,0
3.2.	<b>Kadmij</b>	
3.2.1.	Meso (izuzev iznutrica) goveda, ovaca, svinja i peradi <sup>(6)</sup>	0,050
3.2.2.	Konjsko meso, izuzev iznutrica <sup>(6)</sup>	0,20
3.2.3.	Jetra goveda, ovaca, svinja, peradi i konja <sup>(6)</sup>	0,50
3.2.4.	Bubreg goveda, ovaca, svinja, peradi i konja <sup>(6)</sup>	1,0
3.2.5.	Mišićno meso ribe <sup>(24)(25)</sup> , izuzev vrsta navedenih u 3.2.6., 3.2.7. i 3.2.8.	0,050
3.2.6.	Mišićno meso sljedećih vrsta ribe <sup>(24)(25)</sup> : – bonito ( <i>Sarda sarda</i> ) – obični dvotrakasti arbut ( <i>Diplodus vulgaris</i> ) – jegulja ( <i>Anguilla anguilla</i> ) – sivi cipol ( <i>Mugil labrosus labrosus</i> ) – konjska skuša ili lokarda ( <i>Trachurus species</i> ) – skuša ( <i>Scomber species</i> ) – luvar ( <i>Lutjanus imperialis</i> ) – sardina ( <i>Sardina pilchardus</i> ) – sardinope ( <i>Sardinops species</i> ) – tuna ( <i>Thunnus species</i> , <i>Euthynnus species</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i> ) – klinasti list ( <i>Dicologlossa cuneata</i> )	0,10
3.2.7.	Mišićno meso tune u obliku metka ( <i>Auxis species</i> ) <sup>(24)(25)</sup>	0,20
3.2.8.	Mišićno meso sljedećih riba <sup>(24)(25)</sup> : Srdela ( <i>Engraulis species</i> ) Sabljarka ( <i>Xiphias gladius</i> )	0,30
3.2.9.	Ljuskavci (Crustaceae) <sup>(26)</sup> : mišićno meso krakova i abdomena <sup>(44)</sup> . U slučaju rakova i rakovima sličnih tvrdokožaca (kratkorepi morski rakovi – <i>Brachyura</i> i deseteronožci <i>Anomura</i> ) mišićno meso iz krakova	0,50
3.2.10.	Školjkaši mekušci <sup>(26)</sup>	1,0
3.2.11.	Glavonožci (bez unutarnjih organa) <sup>(26)</sup>	1,0
3.2.12.	Žitarice, osim mekinja, klica, pšenice i riže	0,10
3.2.13.	Mekinjke, klice, pšenica i riža	0,20
3.2.14.	Soja	0,20
3.2.15.	Povrće i voće, izuzev lisnatog povrća, svježeg ljekovitog bilja, listovi glavičastog povrća, gljiva, stabljičastog povrća, korjenastog povrća, gomoljastog povrća i morskih algi <sup>(27)</sup>	0,050
3.2.16.	Stabljičasto povrće, korjenasto povrće i gomoljasto povrće, osim celera <sup>(27)</sup> . Za krumpir najveće dopuštene količine odnose se na oguljeni krumpir.	0,10
3.2.17.	Lisnato povrće, svježe ljekovito bilje, listovi glavičastog povrća, celer i slijedeće gljive <sup>(42)</sup> : <i>Agaricus bisporus</i> (obična gljiva), <i>Pleurotus ostreatus</i> (bukovača), <i>Lentinula edodes</i> (Shiitake gljive)	0,20
3.2.18.	Gljive, osim navedenih u točki 3.2.17. <sup>(27)</sup>	1,0
3.2.19.	Dodatci prehrani <sup>(39)</sup> , osim navedenih u točki 3.2.20.	1,0
3.2.20.	Dodatci prehrani <sup>(39)</sup> koji se sastoje samo ili uglavnom od sušene morske trave ili od proizvoda dobivenih od morske trave	3,0



3.3.	Živa	
3.3.1.	Ružičasti proizvodi <sup>(26)</sup> i mišićno meso ribe <sup>(28)(25)</sup> , izuzev vrsta koje su navedene u 3.3.2. Najveća količina za ljuskavce ( <i>crustaceans</i> ) primjenjuje se na mišićno meso krakova i abdomena <sup>(44)</sup> . Kada se radi o rakovima i rakovima sličnim tvrdokošcima (kratkorepi morski rakovi – <i>Brachyura</i> i desetonožci <i>Anomura</i> ), tada se odnosi na mišićno meso krakova	0,50
3.3.2.	Mišićno meso sljedećih vrsta ribe <sup>(28)(25)</sup> : <ul style="list-style-type: none"> <li>– morski đavo (<i>Lophius species</i>)</li> <li>– atlantski som (<i>Anarhichas lupus</i>)</li> <li>– bonito (<i>Sarda sarda</i>)</li> <li>– jegulja (<i>Anguilla species</i>)</li> </ul>	1,0
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– carska riba, ružičasta vojna riba (<i>Hoplostethus species</i>)</li> <li>– grenadir (<i>Coryphaenoides rupestris</i>)</li> <li>– plovac (<i>Hippoglossus hippoglossus</i>)</li> <li>– marlin (<i>Makaira species</i>)</li> <li>– megrim (<i>Lepidorhombus species</i>)</li> <li>– cipol (<i>Mullus species</i>)</li> <li>– štika (<i>Esox lucius</i>)</li> <li>– obični bonito (<i>Orcynopsis unicolor</i>)</li> <li>– bakalar (<i>Tricopterus minutus</i>)</li> <li>– portugalska riba pas (<i>Centroscymnus coelolepis</i>)</li> <li>– raža (<i>Raja species</i>)</li> <li>– crvena riba (<i>Sebastes marinus, S. mentella, S. viviparus</i>)</li> <li>– riba jedro (<i>Istiophorus platypterus</i>)</li> <li>– riba korica (<i>Lepidopus caudatus, Aphanopus carbo</i>)</li> <li>– arbun, pandora (<i>Pagellus species</i>)</li> <li>– morski pas (sve vrste)</li> <li>– zmijska skuša (<i>Lepidocybium flavobrunneum,</i></li> <li>– <i>Ruvettus pretiosus, Gempylus serpens</i>)</li> <li>– kečiga (<i>Acipenser species</i>)</li> <li>– sabljarka (<i>Xiphias gladius</i>)</li> <li>– tuna (<i>Thunnus species, Euthynnus species, Katsuwonus pelamis</i>)</li> <li>– kingklip riba (<i>Genypterus capensis</i>)</li> <li>– ružičasta jegulja (<i>Genypterus blacodes</i>)</li> </ul>	
3.3.3.	Dodatci prehrani <sup>(29)</sup>	0,10



## ZAKLJUČAK

Intenzivni napredak i uspon ljudske civilizacije u posljednjih 250 godina doveo je do toga da se u 21. stoljeću dovodi u pitanje upravo njen opstanak. Razvoj različitih grana industrije i tehnologije, pretjerana urbanizacija, te povećanje broja stanovnika čime se povećala potreba za brzim i efikasnim uzgojem hrane doveo je do nekontrolisanog iskorištavanja prirodnih resursa i zagađivanja našeg prirodnog staništa. Zahvaljujući nama samima, danas se nalazimo u situaciji da se moramo zapitati da li je voda koju pijemo ispravna i da li je hrana koju stavljamo na trpezu uistinu zdrava?

Antropogeno djelovanje dovelo je do naglog porasta prirodnih koncentracija teških metala u atmosferi, hidrosferi i tlu. Ugrozili smo naš jedini izvor hrane pritom ugrozivši naše zdravlje. S obzirom na sveprisutnost teških metala u okolišu, osobito onih koji imaju izrazito štetan utjecaj na cjelokupan živi svijet, neophodno je da se uvedu rigoroznije mjere ispitivanja kontaminanata u vodi za piće i u prehrambenim namirnicama. Poseban akcenat je potrebno staviti na one proizvode koji dolaze sa područja koja gravitiraju velikim industrijskim centrima zbog postojanja veće vjerovatnoće da su upravo ti proizvodi kontaminirani olovom, kadmijem, živom ili arsenom.

## LITERATURA

1. Engwa GA, Ferdinand PU, Nwalo FN, Unachukwu MN. Mechanism and Health Effects of Heavy Metal Toxicity in Humans, Poisoning in the Modern World - New Tricks for an Old Dog? Ozgur Karcioglu and Banu Arslan, IntechOpen, 2019.
2. Sofilić T. Ekotoksikologija, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet Sisak, 2014.
3. Pašalić A. Primjena fitoremedijacije u procesu dekontaminacije tla od teških metala, magistarski rad. Mašinski fakultet u Zenici, Odsjek za ekološko inženjstvo, 2015.
4. Dedo A. Teški metali sa svojstvima endokrinih disruptora, diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet, 2014.
5. Monisha J et al. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*. 2014; 7 (2): 60 – 72.
6. Jarup L. Hazards of heavy metal contamination 2003; 68 (1): 167 – 182.
7. Mesić H et al. Program trajnog motrenja tala Hrvatske : projekt Izrada programa trajnog motrenja tala Hrvatske s pilot projektom : LIFE05 TCY/CRO/000105. Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb 2008; 82.
8. Hu H. Human health and heavy metals exposure. *Life Support: The Environment and Human Health*, Chapter 4. Michael McCally (ed), MIT Press. 2002.



9. Tošić I. et al. Utjecaj poplava na povišeni sadržaj teških metala u inundacijskom području rijeke Drave u varaždinskoj županiji. *Hrvatske vode* 2019; 27 (110): 305 – 316.
10. Goletić Š. Teški metali u okolišu, Univerzitet u Zenici 2005.
11. Goletić Š. Praćenje sadržaja teških metala u tlu i biljkama u okolini Željezare u Zenici. 7. Naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "KVALITET 2011", Neum, 2011; 743 – 748.
12. Wani AL, Ara A, Usmani JA. Lead toxicity: A review. *Interdisciplinary Toxicology* 2015; 8 (2): 55 – 64.
13. Nishijo M. Causes of death in patients with Itai-itai disease suffering from severe chronic cadmium poisoning: A nested case-control analysis of a follow-up study in Japan. *BMJ Open* 2017; 7: e015694.
14. Dokmeci AH, Dagdeviren AO. Environmental Toxicity of Cadmium and Health Effect. *Journal of Environmental Protection and Ecology* 2009; 10(1): 84 – 93.
15. Bernhoft RA. Mercury Toxicity and Treatment: A Review of the Literature. *Journal of Environmental and Public Health*. 2012: 1 – 10.
16. Skoog DA, West DM, Holler FJ. Osnove analitičke kemije. Školska knjiga, Zagreb 1999; 24: 595 – 619.
17. Internet stranica: <http://www.gbcsoci.com/products/aas/sav-antaa-aas/>
18. Internet stranica: <http://www.gbcsoci.com/products/aas/sav-antaa-z-enduro/>
19. Internet stranica: <http://www.gbcsoci.com/wp-content/uploads/2015/10/04-HG3000-283x300.jpg>



## **IMPORTANCE OF MONITORING HEAVY METAL CONTENT IN DRINKING WATER AND FOOD PRODUCTS**

Salkić A.

### **ABSTRACT**

Discovery of first metal and their use represent a turning point in human history. It is impossible to imagine life in the 21st century without their presence. Cookware, tableware, transport vehicles, medical instruments, electronic devices, and many other items that we use on a daily basis are partly or fully made of metal. Some of them, such as copper (Cu), iron (Fe), zinc (Zn), selenium (Se) and manganese (Mn) are, in smaller concentrations, even essential for the normal functioning of the human body. Among the 35 metal that naturally occur in the earth crust, 23 of them fall into the group of heavy metal. In the literature, the term "heavy metal" is used for metal that possess specific density greater than  $\rho = 5 \text{ g / cm}^3$ . However, in colloquial language, this term is mainly used for metal such as cadmium (Cd), lead (Pb) and mercury (Hg) that have been proven to be toxic to living organisms. Arsenic (As), although it is a semi-metal, due to its extreme toxicity also falls into this group. Toxicity of heavy metals is emphasized due to the fact that when they enter the (human) organism they accumulate in the liver, lungs, kidneys, brain and other organs, and affect physiological processes in respective tissues.

### ***Corresponding author:***

***Amra Salkić, MA Chemical Engineering  
Institute for Health and Food Safety Zenica,  
B&H  
Department of chemical diagnostics  
E-mail: amra.salkic@inz.ba  
Tel: +387 61 325 476***