

Ana Gavrilović\*  
Emil Srebočan\*\*  
Zdravko Petrincec\*\*\*  
Jelena Pompe-Gotal\*\*\*\*  
Andreja Prevendar-Crnić\*\*\*\*\*

ISSN 0469-6255  
(50-58)

# TEŠKI METALI U KAMENICAMA I DAGNJAMA MALOSTONSKOG ZALJEVA

## *Evaluation of concentrations of heavy metals in oysters and mussels of Mali Ston region*

UDK 625.5:639.2 (262.3)  
Izvorni znanstveni članak  
*Original scientific paper*

### Sažetak

*U radu je osim pregleda koncentracija toksičnih metala izmjerenih u školjkašima Malostonskog zaljeva u različitim razdobljima uzorkovanja, dan i njihov pregled u drugim geografskim područjima. Iako na ovom prostoru koncentracije istraženih toksikanata ne premašuju zakonom propisane, upozoreno je na nužnost potanijeg poznavanja prostorne i vremenske raspodjele pojedinih metala i stalnog praćenja njihove zastupljenosti u tkivu školjkaša.*

*Ključne riječi: metali, kamenice, dagnje, kadmij, olovo, arsen, živa*

### Abstract

*In this paper an overview of concentrations of toxic metals in bivalves from the region of Mali Ston Bay are shown, as well as an overview of the same, however, from other geographical regions. Sampling is conducted during various time periods. The concentrations of investigated toxins in bivalves of Mali Ston Bay do not exceed those regulated by law. However, there appears to be a need for more detailed understanding of areal and temporal distribution of particular metals as well as*

*continuous monitoring of their concentrations in bivalve tissue.*

*Key words: metals, oysters, mussels, cadmium, lead, arsenic, mercury*

### **Metali - jedan od potencijalnih uzroka higijenske neispravnosti školjkaša**

#### ***Metals – Potential sources of sanitary inadequacy of bivalves***

Metali u morsku sredinu dopijevaju iz različitih izvora, od kojih su najvažniji industrijski, poljoprivredni i urbani otpad. Glavni su putovi njihova unosa riječni donosi, te suha i vlažna depozicija iz atmosfere. Znatna količina ovih toksikanata izravno se ispušta u more i brodskim otpadom, te izgaranjem brodske goriva.

S obzirom na način prehrane školjkaša (hrane se planktonom neselektivno, filtrirajući čestice određene veličine iz morske vode), ti se toksikanti u njihovu organizmu nalaze u koncentracijama koje su znatno veće od onih u morskoj vodi. Za razliku od fitotoksina i mikroorganizama, koji se jednostavno i jeftino, relativno brzo, mogu ukloniti autopurifikacijom (Fuks i Filić, 1977.; Dujmov i Marasović, 1995.; Sedmak i Obal, 1998.), teški su metali onečišćivači duga biološkog poluživota u ovim organizmima, pa ih nije moguće brzo i potpuno odstraniti na ovaj način (Fisher i sur., 1996.; Reinfelder i sur., 1997.; Geffard i sur., 2002-a).

\* mr. sc. Ana Gavrilović, Granična veterinarska inspekcija Doljani, FMPVŠ, BiH

\*\* prof. dr. sc. Emil Srebočan, Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet, Zavod za farmakologiju i toksikologiju

\*\*\* prof. dr. sc. Zdravko Petrincec, Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet, Zavod za biologiju i patologiju riba i pčela

\*\*\*\* prof. dr. sc. Jelena Pompe-Gotal, Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet, Zavod za farmakologiju i toksikologiju

\*\*\*\*\* dr. sc. Andreja Prevendar-Crnić, Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet, Zavod za farmakologiju i toksikologiju

Zatim, školjkaši, svojim dobro razvijenim detoksikacijskim mehanizmima, toleriraju mnogo veće koncentracije metala u organizmu u usporedbi s ostalim živim vrstama, pa je u prirodnim uvjetima broj vidljivih patoloških učinaka metala kod njih malen (Rainbow, 1996.; Avery i sur., 1996.; Géret i sur., 2002.).

Kako je riječ o toksikantima što i u vrlo niskim koncentracijama štetno djeluju na ljudsko zdravlje (mutageni, teratogeni i kancerogeni učinci), redovita kontrola njihove zastupljenosti u mekom tkivu školjkaša dobiva sve veće značenje, posebice kad se ima u vidu činjenica da proizvodnja i udio ovih organizama u prehrani stanovništva raste (Zrnčić i Oraić, 2002.). Da bi se zaštitilo zdravlje potrošača, u svijetu, pa i u nas, normativnim su propisima utvrđene maksimalno dopuštene koncentracije (MDK) metala u namirnicama. Prema hrvatskim propisima, ujednačenim s onim u EU, MDK u mekom tkivu školjkaša utvrđen je za živu, kadmij, olovo i arsen (NN, 46/94, NN, 11/01).

Toksični učinak žive ovisi o njezinu obliku u morskoj vodi, a tako je i s drugim metalima. Ovdje je nužno istaknuti da je metilna živa najtoksičniji oblik ovog elementa. Prema preporukama Svjetske zdravstvene organizacije (SZO) podnošljivi tjedni unos (PTU) za metilnu živu iznosi 0,2 mg/osoba, a za ukupnu živu 0,3 mg/osoba (WHO, 1972.). Sukladno hrvatskim propisima, MDK žive u mekom tkivu školjkaša iznosi 1 mg/kg (izračunano na vlažnu težinu tkiva).

Kadmij ima veliku mobilnost u organizmu; primjerice, veću od olova, pa je *carry over* (stupanj prijelaza štetne tvari iz hrane preko organizma u namirnicu životinjskog podrijetla) znan. Zbog toga je *carry over* čimbenik za kadmij (odnos između ukupne unesene koncentracije štetne tvari i koncentracije u određenom organu) 20-40 % veći nego za olovo (Srebočan, 1993.). Prema preporukama SZO, PTU u organizam čovjeka iznosi 7 µg/kg tjelesne težine, a olova 50 µg/kg t t. Prema US FDA, preporučeni podnošljivi dnevni unos (PDU) kadmija iznosi 55 µg/osoba, a za olovo ovisi o starosti organizma, i za odrasle je osobe 75 µg/osoba (US FDA, 1993-a; US FDA, 1993-b). Sukladno važećim propisima u Republici Hrvatskoj MDK za kadmij i olovo kod školjkaša iznosi 1 mg/kg (na vlažnu težinu) (NN, 46/94, NN, 11/01).

Arsen se i normalno nalazi u vrlo niskim koncentracijama u ljudskom organizmu, ali njegova fiziološka uloga još uvijek nije razjašnjena. Ipak, u koncentracijama većima od potrebnih, tj. u onima koje organizam može detoksicirati, uzrokuje toksične učinke. Pri tome je anorganski arsen toksičniji od organskoga. Smatra se da je u tkivima školjkaša manje od 10 % anorganskog arsena u odnosu prema ukupno zastupljenom, te je i MDK arsena veći od onoga za tri prethodna elementa. PTU preporučeni od SZO za anorganski arsen, iznosi 15 µg/kg t.t, dok US FDA preporučuje PDU za anorganski arsen od 130 µg/osoba (US FDA, 1993-c). U Hrvatskoj (NN, 46/94, NN, 11/01) MDK-koncentracija arsena u tkivu školjkaša iznosi 8 mg/kg (na vlažnu težinu). Osim navedenih nužno je punu pozornost posvetiti i ostalim metalima (nikal, kositar, krom i dr.), pa i onima esencijalnim, jer i oni u organizmu u koncentracijama

većima od potrebnih također mogu izazvati neželjene posljedice.

## **Utjecaj različitih čimbenika na visinu koncentracije metala u mekom tkivu školjkaša**

### ***Influence of various factors on concentration levels of metals in soft bivalve tissue***

Brojni biotski i abiotski čimbenici pritom združeno utječu na tu koncentraciju, pa zato pri raznovrsnim ambijentalnim uvjetima i različitim razdobljima uzorkovanja rezultati znatno variraju.

Naime, uz koncentraciju i oblik metala u vodi, te njihovo međusobno sinergističko ili antagonističko djelovanje, na unos metala u organizam školjkaša utječu i brojni fizikalno-kemijski parametri (salinitet, temperatura mora, strujanje vode, koncentracija otopljenog kisika, pH i sl.) i fiziološko stanje organizma (stadij gonadnog ciklusa, veličina, somatski rast, dob i sl.). No, utjecaj pojedinih čimbenika ne odražava se jednako na tkivnu koncentraciju svakoga pojedinačnog metala, niti na svaku vrstu školjkaša (Philips, 1976.; Martinčić i sur., 1980.; Ikuta, 1988.; Marcus i Thompson, 1986.; Giordano i sur., 1991.; Gold-Bouchot i sur., 1995.; Hunter i sur., 1995.; Wang i sur., 1996.; Wright i Mason, 2000.; Marčelja, 2000.; Gavrilović, 2001.; Gavrilović, 2002.; Geffard i sur, 2002-b).

U prirodnim se uvjetima, kao rezultat združenog učinka spomenutih čimbenika, najčešće pojavljuju sezonske varijacije tkivnih koncentracija metala u školjkaša. One se najčešće mogu pripisati promjenama u dotoku slatke vode i promjenama mase mekog tkiva. Iz naznačenoga se daje zaključiti da je za razumijevanje prostornih i vremenskih varijacija koncentracija pojedinih metala nužno poznavati morfološke i fiziološke značajke određene vrste školjkaša, detaljne značajke uzgojnog područja te kemijska svojstva i ponašanje svakoga pojedinačnog metala.

## **Koncentracije metala u mekom tkivu kamenica i dagnja u Malostonskom zaljevu**

### ***Metal concentrations in oyster and mussel soft tissue in Mali Ston Bay***

U tablici 1. svrstane su koncentracije metala u mekom tkivu dagnja izmjerene na području Zaljeva u posljednje četiri godine, dok su isti podaci za kamenice u tablicama 2. i 3. Iako postoje prostorne i vremenske varijacije, s gledišta veterinarskoga javnog zdravstva utvrđene su koncentracije svih metala u svim razdobljima uzorkovanja niže od zakonom propisanoga MDK. Iz toga proizlazi da se malostonske kamenice i dagnje mogu smatrati higijenski ispravnima za javnu potrošnju.

**Tablica 1. Koncentracije As, Cd, Pb i Hg u mekom tkivu dagnja u Malostonskom zaljevu (rezultati izraženi u mg/kg na težinu vlažna tkiva)**

**Table 1. As, Cd, Pb and Hg concentrations in mussel soft tissue in region of Mali Ston Bay (mg/kg of wet weight)**

Razdoblje uzorkovanja	As	Cd	Pb	Hg	Izvor podataka
lipanj 2002.	0,938-1,0	0,307-0,606	<0,01	0,244-0,408	HVI
studeni 2002.	1,05-1,413	0,088-0,276	0,22-0,26	0,206-0,24	HVI
srpanj 2001.	1,189	0,054	<0,01	0,119	HVI
studeni 2001.	1,982	0,205	0,27	0,316	HVI
lipanj 1999.	-	0,406* 0,278-0,579*	-	-	Marčelja, 2000.

\* Izvorni rezultati izraženi u mg/kg na suhu težinu. Radi jednostavnije komparacije pomnoženi su prosječnim faktorom konverzije za dagnje koji iznosi 0,14 (Martinčić i sur., 1980.)

**Tablica 2. Koncentracije As, Cd, Pb i Hg u mekom tkivu kamenica u Malostonskom zaljevu (rezultati izraženi u mg/kg na težinu vlažna tkiva)**

**Table 2. As, Cd, Pb and Hg concentrations in oyster soft tissue in region of Mali Ston Bay (mg/kg of wet weight)**

Razdoblje uzorkovanja	As	Cd	Pb	Hg	Izvor podataka
lipanj 2002.	1,093	0,402	<0,01	0,413	HVI
studeni 2002.	1,288	0,659	0,49	0,229	HVI
srpanj 2001.	2,06	0,68	0,93	0,211	HVI
studeni 2001.	2,3	0,82	<0,01	0,3	HVI

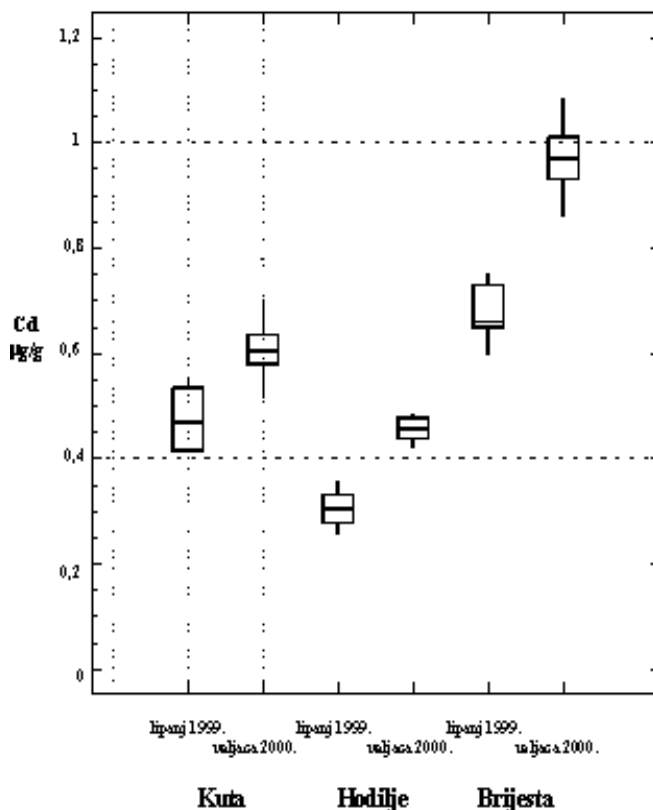
**Tablica 3. Prostorne i vremenske varijacije koncentracija Cd, Pb i Zn u mekom tkivu kamenica tijekom jednoga uzgojnog ciklusa na tri različite postaje u Malostonskom zaljevu (Gavrilović, 2001.)**

**Table 3. Spatial and temporal variation of Cd, Pb and Zn concentrations in oyster soft tissue during one rearing cycle at three different locations in Mali Ston Bay**

Vrijeme uzorkovanja	Cd			Pb			Zn		
	Kuta	Hodilje	Brijesta	Kuta	Hodilje	Brijesta	Kuta	Hodilje	Brijesta
lipanj 1999.	0,469	0,303	0,660	0,32	0,16	0,14	278,7	208,9	413,4
veljača 2000.	0,605	0,455	0,969	0,17	0,285	0,21	235,0	312	650,0

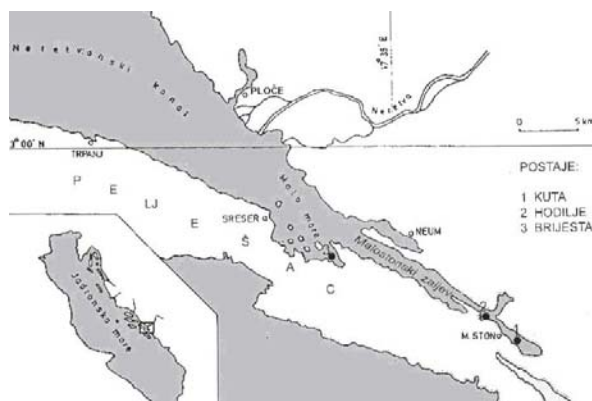
No, nužno je istaknuti da je u svim razdobljima uzorkovanja zabilježena povećana koncentracija kadmija kod kamenica u hladnijem razdoblju godine u odnosu prema toplijemu (tablice 2. i 3.), i da je maksimalna izmjerena koncentracija kadmija utvrđena u Brijesti bila vrlo blizu MDK (tablica 3.).

Kadmij je osim vremenskih pokazao i znatne prostorne varijacije u tkivu kamenica iste starosti (u lipnju 1999. kamenice stare oko godinu dana, u veljači 2000. oko 20 mjeseci), iako je riječ o relativno malom prostoru (tablica 3., sl. 1. i 2.).



Slika 1. Medijane koncentracije kadmija s gornjim i donjim kvartilom u jestivom dijelu kamenica uzorkovanih na sve tri istraživane postaje u dva različita razdoblja

Figure 1. Median concentrations of cadmium, with upper and lower quartal, in edible oysters sampeled on three researched locations in two separate time frames



Slika 2. Područje Malostonskog zaljeva

Figure 2. Mali Ston Bay area

Ovi podaci upućuju na nužnost pojačanoga zdravstvenog nadzora u hladnijem razdoblju godine, kad je ova vrsta školjkaša, koja općenito akumulira više kadmija od dagnje (Martinčić i sur., 1980., Ikuta 1988.), i najpovoljnija za konzumaciju (Gavrilović i Petrinec, 2003.).

Povećanje bi se koncentracije kadmija u kamenicama u hladnijem razdoblju godine, najvjerojatnije, moglo pripisati pojačanom dotoku slatke vode iz različitih izvora. Ove vode sa sobom donose određenu količinu kadmija, a ujedno izazivaju i pad saliniteta, koji je u negativnoj korelaciji s koncentracijom kadmija u školjkašima (Philips, 1976.; Gold-Bouchot i sur., 1995.; Wang i sur., 1996.).

Zatim, u zimskom razdoblju kamenice imaju i najveću količinu tkiva, uz smanjenu filtracijsku aktivnost, pa je za očekivati da dođe do "dilucije" sadržaja metala u tkivu školjkaša (Marcus i Thompson, 1986.; Martinčić, 1987.; Hunter i sur., 1995.). No, za pretpostaviti je da su pojačani dotok slatke vode i njemu posljedični pad saliniteta čimbenici koji na ovom lokalitetu nadjačavaju spomenuti efekt "dilucije" (Gavrilović, 2001.).

Najveće su koncentracije kadmija u oba razdoblja uzorkovanja utvrđene u Brijesti (tablica 3., sl. 1. i 2.), što je i logično uzme li se u obzir činjenica da je na ovoj postaji uz podvodne izvore najjače izražen i utjecaj rijeke Neretve. U unutarnjem dijelu Zaljeva, gdje je slabiji utjecaj rijeke Neretve, koncentracija je kadmija u kamenicama u oba razdoblja uzorkovanja bila veća u uvali Kuta, u kojoj postoje podmorski izvori slatke vode, od one u Hodilju, gdje tih izvora nema.

Budući da spomenuti izvori sa sobom donose oborinsku vodu i vodu iz zaleđa, moguće je pretpostaviti da najveća količina kadmija na ovo područje dopijeva oborinama, dakle vlažnom depozicijom ovog elementa iz atmosfere, te ispiranjem industrijskih, poljoprivrednih i urbanih površina na širem području (utjecaj rijeke Neretve) (Gavrilović, 2001.).

Da bi se dobili još kompletniji podaci o prostornim i vremenskim varijacijama koncentracije kadmija u tkivu kamenica, te o utjecaju pojedinih čimbenika na njih, bilo bi nužno obaviti istraživanje na nekoliko uzgojnih postaja u kraćim vremenskim intervalima (jedanput mjesečno, posebice u razdoblju listopad - travanj).

Pritom bi, osim koncentracije kadmija u tkivu kamenica jednoga uzgojnog ciklusa trebalo mjeriti i koncentraciju ovog elementa u vodi, osnovne hidrografske parametre (salinitet, temperaturu i količinu otopljenog kisika i pH) i količinu mekog tkiva i indeks kondicije kamenica.

## Usporedba tkivnih koncentracija metala u mekom tkivu dagnja i kamenica s različitih geografskih područja

### *Comparison of tissue metal concentrations in oyster and mussel soft tissue, from various geographical locations*

Osim značenja sa stajališta veterinarskoga javnog zdravstva, a time i gospodarske opravdanosti uzgoja, utvrđivanje koncentracija metala u mekom tkivu kamenica i dagnja važno je i s gledišta ekotoksikologije.

Usporedba koncentracija metala u tkivu kamenica i dagnja s različitih geografskih područja i iz različitih razdoblja uzorkovanja, budući da je riječ o vrlo rasprostranjenim vrstama sa sjedilačkim načinom života, omogućuje identifikaciju mjesta s povišenim onečišćenjem (Rainbow i sur., 1996.). No, nužno je istaknuti da se ovakve usporedbe moraju uzeti sa zadržkom zbog razlika u provedbi monitoringa i načinu interpretacije rezultata.

Naime, razlike u vrsti, spolu, veličini i starosti navedenih školjkaša, te različito vrijeme uzorkovanja, značajke istraživanih postaja, raznovrsne metode analitičkog rada i sl., bitno utječu na rezultate istraživanja i često onemogućuju valjanu usporedbu. S druge pak strane, na ovaj se način mogu dobiti orijentacijski podaci o stupnju onečišćenja pojedinoga geografskog područja (Martinčić i sur., 1980.; Schuhmacher i Domingo, 1996.; Cantillo, 1997.; Cantillo, 1998.; Beliaeff i sur., 1998.; O'Connor, 1998.; Gavrilović, 2001.).

Radi usklađivanja ove vrste monitoringa O'Connor (1998.) predlaže da se uzorkuje jedanput u godini u isto vrijeme, kako bi se izbjegle sezonske varijacije. Za razliku od tog autora, Beliaeff i sur. (1998.) drže da je uzorkovanje bolje provoditi u tromjesečnim intervalima, pa uspoređivati godišnje medijane koncentracije.

U tablici 4. koncentracije su metala u mekom tkivu dagnja utvrđene na različitim područjima bez obzira na prethodno naznačene razlike. U tablici 5. su isti podaci za kamenice. Da bi se, radi lakše usporedbe, dobile vrijednosti izražene u mg/kg na težinu vlažna tkiva, izvorni rezultati pojedinih autora, izraženi za suhu masu, pomnoženi su prosječnim faktorom konverzije 0,14 za dagnje i 0,15 za kamenice (Martinčić i sur., 1980.).

Tablica 4. Pregled koncentracija As, Cd, Pb i Zn u mekom tkivu dagnja s različitih geografskih područja (rezultati izraženi u mg/kg na mokru masu).

Table 4. Concentrations of As, Cd and Zn in soft tissue of mussels at different geographical locations (mg/kg wet weight)

Vrsta	As	Cd	Pb	Hg	Zn	Područje uzorkovanja	Izvorni podaci	Reference
<i>Mytilus edulis</i>	0,938-1,982	0,054-0,606	<0,01-0,27	0,119-0,408	-	Malostonski zaljev (Mali Ston Bay, Croatia)	vlažna težina	HVI, 2001-2002.
<i>Mytilus edulis</i>	-	-	-	0,004-0,031	-	Malostonski zaljev (Mali Ston Bay, Croatia)	vlažna težina	Srebočan, E., 1982-1986.
<i>Mytilus edulis</i>	-	0,406-0,278-0,579	-	-	-	Malostonski zaljev (Mali Ston Bay, Croatia)	suha težina	Marčelja, 2000.
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	-	0,127-0,082-0,171	0,40-0,29-0,50	-	22,3-14,6-33,6	Limski kanal (Lim Channel, Croatia)	vlažna težina	Martinčić, 1987.
<i>Mytilus edulis</i> <i>Mytilisepta virgata</i>	-	0,36-1,47	21,4	-	11,3-90,7	Beppy Bay, Kyushu Japan	vlažna težina	Ikuta, 1988.
<i>Mytilus Galloprovincialis</i> <i>Mytilus edulis</i>	-	0,126	0,28	0,021	16,24	francuska obala, 47 postaja (Franch coast, 47 locations)	suha težina	Biliaeff et al., 1998.
<i>Mytilus edulis</i> <i>Mytilus californianus</i>	-	0,29	0,196	0,016	19,74	američka obala, 44 postaje (US coast, 45 locations)	suha težina	Biliaeff et al., 1998.
<i>Mytilus edulis</i>	-	5,32	74,48	1,82	189	Derwent Estuary, Tasmania	suha težina	Bloom & Ayling, 1977.
<i>Mytilus edulis</i>	-	0,08-0,29	0,67-2,36	-	6,68-25,63	Algeciras Bay, Spain	vlažna težina	Tarazona et al, 1991.
<i>Mytilus edulis</i>	-	0,69-1,33	0,18-0,49	-	12,74-23,38	južni Baltik (Southern Baltic)	suha težina	Szefer & Szefer, 1990.
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	-	0,06-0,48	0,15-4,98	0,01-0,069	-	talijanska obala (Italian coast)	vlažna težina	Giordano et al., 1991.

\*Radi lakše usporedbe izvorni rezultati izraženi na suhu težinu pomnoženi su prosječnim faktorom konverzije za dagnje - 0,14 ( Martinčić i sur., 1980.)

Tablica 5. Pregled koncentracija As, Cd, Pb i Zn u mekom tkivu kamenica s različitih geografskih područja (rezultati izraženi u mg/kg na mokru masu)

Table 5: Concentrations of As, Cd and Zn in soft tissue of oysters at different geographical locations (mg/kg wet weight)

Vrsta	As	Cd	Pb	Hg	Zn	Područje uzorkovanja	Izvorni podaci	Referenca
<i>O. edulis</i>	-	0,303-0,969 0,577	0,14-0,32 0,213	-	208,9-650,0 349,8	Malostonski zaljev (Mali Ston Bay, Croatia)	vlažna težina	Gavrilović, 2001.
<i>O. edulis</i>	<b>1,093-2,3</b>	0,402-0,82	<0,01-0,93	0,211-0,413	-	Malostonski zaljev (Mali Ston Bay, Croatia)	vlažna težina	HVI, 2001-2002.
<i>O. edulis</i>	-	0,271-0,855	0,18-1,13	0,11-0,034	-	Malostonski zaljev (Mali Ston Bay, Croatia)	vlažna težina	Srebočan, E., 1982-1986.
<i>O. edulis</i>	-	0,608 0,435-0,776	0,336 0,257-0,468	-	276 189-427	Limski kanal (Lim Channel, Croatia)	vlažna težina	Martinčić, 1987.
<i>O. edulis</i>	<b>1,365 1,035-1,605</b>	1,11 0,525-4,455	0,09 0,022-0,75	0,034 0,025-0,046	492 103,5-1372	Lynher Estuary UK	suha težina	Bland et al., 1982.
<i>C. angulata</i>	<b>0,6-1,68</b>	0,06-0,48	0,003-6,21	0,006-0,051	-	španjolska obala (Spanish coast)	suha težina	Schuhmacher & Domingo, 1996.
<i>C. gigas</i>	-	0,3	0,225	0,036	379,5	francuska obala, 33 postaje (Franch coast, 33 locations)	suha težina	Biliaeff et al., 1998.
<i>C. virginica</i>	-	0,81 0,9	0,06 0,09	-	-	Meksički zaljev, 2 postaje (Gulf of Mexico, 2 locations)	suha težina	Trefry et al., 1995.
<i>C. virginica</i>	1,545 0,27-6,0	0,57 0,081-2,52	0,06 0,003-1,875	0,019 0,0015-0,108	259,5 10,8-1500	Meksički zaljev od juga do sjevera (Gulf of Mexico)	suha težina	Presley et al., 1990.
<i>O. angasi</i>	-	6	12	-	3550	Derwent Estuary, Tasmania	vlažna težina	Cooper et al., 1982.
<i>C. gigas</i>	-	30	17	-	20950	Derwent Estuary, Tasmania	vlažna težina	Dep. of Env., 1978.
<i>C. virginica</i>	-	0,37-0,79	Nd-3,7	-	127-747	South Carolina, Columbia	vlažna težina	Marcus & Thompson, 1986.
<i>C. virginica</i>	-	0,405	0,075	0,015	282	američka obala, 45 postaja (45 locations alog US coast)	suha težina	Biliaeff et al., 1998.
<i>C. gigas</i>	1,27-2,055	0,081-0,1	0,015-0,264	-	81,69-181,69	Kaneohe Bay, Havaji	suha težina	Hunter et al., 1995.
<i>C. gigas</i> , <i>S. echinata</i>	-	0,45-12,8	4,29-9,60	-	455-1730	Beppy Bay, Kyushu Japan	vlažna težina	Ikuta, 1988.

\* Radi lakše usporedbe, izvorni rezultati izraženi za suhu težinu pomnoženi su prosječnim faktorom konverzije za kamenice - 0,15 ( Martinčić i sur., 1980.)

Iz tablica 4. i 5. vidi se i da je koncentracija olova u školjkašima priobalnog područja SAD-a općenito niža od one na drugim geografskim područjima, što se može povezati sa zabranom uporabe olovnoga goriva, koja je odavno na snazi u ovoj državi (Biliaeff i sur., 1998.; O' Connor, 1998.). Usporedbom rezultata monitoringa u Francuskoj i SAD-u, Biliaeff i sur. (1998.), navode da bi

razlog većoj koncentraciji kadmija u američkim obalnim vodama mogao biti bogatstvo tih voda hranjivim tvarima (fosfatima i nitratima koji sadrže kadmij), ili općenito manja uporaba ovog elementa kao antikoroziiva u Francuskoj. Razlike između koncentracija žive na ova dva područja naznačeni autori nisu mogli objasniti.

Prilsley i sur. (1990.) navode da se koncentracije metala izmjerene na području Meksičkog zaljeva mogu usporediti s vrijednostima iz literature za područja koja nisu izravno ugrožena antropogenim utjecajem. Kad se rezultati iz Malostonskog zaljeva usporede s naznačenima, dolazi se do sličnog zaključka. No, važno je istaknuti da je koncentracija žive viša od izmjerene u Meksičkom zaljevu, iako još uvijek značajno niža od one na onečišćenim područjima (Bloom i Ayling, 1977.) i od MDK utvrđenoga zakonskim propisima. Zatim, u Malostonskom je zaljevu ona značajno povećana u razdoblju 2001.-2002. (HVI) u usporedbi s razdobljem 1982.-1986. (Srebočan), što upućuje na nužnost da se poduzimu mjere za pojačano praćenje ovog elementa.

## Zaključak

### Conclusion

1. Utvrđene koncentracije metala u kamenicama i dagnjama iz Malostonskog zaljeva pokazuju prostorne i vremenske varijacije, no one nisu jednakog intenziteta za svaki metal.

2. Ove koncentracije ne premašuju zakonom propisani MDK, pa ovi organizmi, glede sadržaja metala u njima, mogu bez bilo kakve zapreke koristiti u prehrani stanovništva.

3. S obzirom na proizvodne kapacitete i gospodarsko značenje uzgoja ovih školjakaša na ovom prostoru, treba uložiti veće napore kako bi se povećala proizvodnja i unaprijedila tehnologija uzgoja, no detaljnije poznavanje prostorne i vremenske raspodjele metala, osobito kadmija, pridonijelo bi racionalnijem planiranju proizvodnih postaja i plasmana finalnih proizvoda na tržište.

## Literatura

### Literature

- Avery, E.L., R.H. Dunstan and J.A. Nell, 1996. The Detection of Pollutant Impact in Marine Environments: Condition Indeks, Oxidative DNA Damage, and Their Associations with Metal Bioaccumulation in the Sydney Rock Oyster *Saccostrea commercialis*. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 31: 192-198.
- Beliaeff, B., T.P. O'Connor and D. Claisse, 1998. Comparison of chemical concentrations in mussels and oysters from the United States and France. Environmental Monitoring and Assessment 49: 87-95.
- Bland, S., D.R. Ackroyd, J.G. Marsh and G.E. Millward, 1982. Heavy metal content of oysters from the Lynher Estuary, U.K. Sci. Total Environ. 22: 235-241.
- Bloom, H. and G.M. Ayling, 1977. Heavy metals in the Derwent Estuary. Environ. Geol. 2: 3-22.
- Cantilo, A.Y., 1997. World Mussel Watch Database. NOAA Tech. Memo. NOS ORCA 109. NOAA/NOS/ORCA, Silver Spring, MD, pp.197.
- Cantilo, A.Y., 1998. Comparison of Results of Mussel Watch Programs of the United States and France with Worldwide Mussel Watch Studies. Marine Pollution Bulletin 36 (9) 712-717.
- Cooper, R.J., D. Langlois and J. Olley, 1982. Heavy Metals in Tasmanian Shellfish. Journal of applied toxicology 2 (2) 99-109.
- Department of the environment, Parliament of Tasmania. 1978. Report for year ended 1976-77. No. 16.
- Dujmov, J. i I. Marasović, 1995. Okadaična kiselina i saxitoxin u školjkama. Morsko ribarstvo, 47 (1) 12-15.
- Fisher N.S., J.-L. Teysse, S.W. Fowler and W.X. Wang, 1996. The accumulation and retention of metals in mussels from food and water: a comparison of field and laboratory conditions. Envir. Sci. Technol. 30: 3232-3242.
- Fuks, D. i Ž. Filić, 1977. Kontrola mikrobiološke kvalitete uzgajališta i samočišćenje dagnji *Mytilus galloprovincialis* Lmk. Ichthyologia 9 (1) 101-106.
- Gavrilović, A. i Z. Petrinec, 2003. Proizvodnja i tehnologija uzgoja kamenica *O. edulis* u Malostonskom zaljevu – perspektive razvoja. Veterinarska stanica 34 (1) 5-11.
- Gavrilović, A., 2002. Kadmij i olovo u mekom tkivu kamenica. Veterinarska stanica 33 (6) 323-329.
- Gavrilović, A., 2001. Koncentracije kadmija, olova i cinka u kamenica (*O. edulis*, L.) Malostonskog zaljeva. Magistarski rad. Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet
- Geffard, A., J.C. Amiard and C. Amiard-Triquet, 2002-a. Kinetics of metal elimination in oysters from a contaminated estuary. Comparative Biochemistry and Physiology Part C 131: 281-293.
- Geffard, A., J.C. Amiard and C. Amiard-Triquet, 2002-b. Use of metallothionein in gills from oysters (*Crassostrea gigas*) as a biomarker: seasonal and intersite fluctuations. Biomarkers 7 (2) 123-137.
- G ret, F., A. Jouan, V. Turpin, M.J. Bebianno and R.P. Cosson, 2002. Influence of metal exposure on metallothionein synthesis and lipid peroxidation in two bivalve mollusks: the oyster (*Crassostrea gigas*) and the mussel (*Mytilus edulis*). Aquat. Living Resour. 15 (1): 61-66.
- Giordano, R., P. Arata, L. Ciaralli, S. Rinaldi, M. Giani, A. Cicero and S. Costantini, 1991. Heavy Metals in Mussels and Fish from Italian Coastal Waters. Marine Pollution Bulletin 22 (1) 10-14.
- Gold-Bouchot, G., R. Sim -Alvarez, O. Zapata-Pérez and J. G mez-Ricalde, 1995. Histopathological Effects of Petroleum Hydrocarbons and Heavy Metals on the American Oyster (*Crassostrea virginica*) from Tabasco, Mexico. Marine Pollution Bulletin 31 (4-12) 439-445.
- Hunter, C.L., M.D. Stephenson, R.S. Tjeerdema, D.G. Crosby, G.S. Ichikawa, J.D. Goetzl, K.S. Paulson, D.B. Crane, M. Martin and J.W. Newman, 1995. Contaminants in Oysters in Kaneohe Bay, Hawaii. Marine Pollution Bulletin 30 (10) 646-654.
- HVI (Hrvatski veterinarski institut) Zagreb. Rezultati pretrage na rezidue metala u 2001. i 2002. Zrn i  S. i D. Ora i , usmeno priopćenje
- Ikuta, K., 1988. Inherent Differences in Some Heavy Metal Contents Among Ostreids, Mytilids and Acmaeids. Nippon Suisan Gakkaishi 54 (5) 811-816.
- Marcus, J.M. and A. M. Thompson, 1986. Heavy Metals in Oyster Tissue Around Three Coastal



- Marinas. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 36: 587-594.
- Marčelja, E., 2000. Monitoring Cadmium Concentrations in the Mediterranean Mussel *Mytilus galloprovincialis* from the Kaštela Bay, Croatia. Master's Degree Thesis. Department of Systems Ecology, Stockholm University, Sweden.
  - Martinčić, D., H.W. Nürnberg, M. Stoepler and M. Branica, 1980. Toxic metal levels in bivalves and their ambient water from Lim Channel. *Thalassia Jugoslavica* 16 (2-4) 297-315.
  - Martinčić, D., 1987. Raspodjela Cu, Pb, Zn i Cd između dagnji (*Mytilus galloprovincialis*, Lmk.), kamenica (*Ostrea edulis*, Linnaeus) i vode Limskog kanala. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, pp. 374.
  - NN, 46/94: Pravilnik o količinama pesticida, toksina, mikotoksina, metala, histamina i sličnih tvari koje se mogu nalaziti u namirnicama, te o drugim uvjetima u pogledu zdravstvene ispravnosti namirnica i predmeta opće uporabe
  - NN, 11/01: Pravilnik o izmjenama i dopunama pravilnika o količinama pesticida, toksina, mikotoksina, metala, histamina i sličnih tvari koje se mogu nalaziti u namirnicama, te o drugim uvjetima u pogledu zdravstvene ispravnosti namirnica i predmeta opće uporabe
  - O'Connor, T.P., 1998. Mussel Watch Results from 1986 to 1996. *Marine Pollution Bulletin* 37 (1-2) 14-19.
  - Phillips, D.J.H., 1976. The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper. I. Effects of environmental variables on uptake of metals. *Mar. Biol.* 38: 59-69.
  - Presley, B.J., R.J. Taylor and P.N. Boothe, 1990. Trace metals in Gulf of Mexico oysters. *Sci. Total Environ.* 97/98: 551-593.
  - Rainbow, P.S., 1996. Heavy Metals in Aquatic Invertebrates. In: W.N. Beyer, G.H. Heinz, A.W. Redmon-Norwood: Environmental contaminants in Wildlife. Lewis publishers, pp. 405-419.
  - Reinfelder, R., W.X. Wang; S.N. Luoma and N.S. Fisher, 1997. Assimilation efficiencies and turnover rates of trace elements in marine bivalves: a comparison of oysters, clams and mussels. *Marine Biology* 129: 443-452.
  - Schuhmacher, M. and J.L. Domingo, 1996. Concentrations of Selected Elements in Oysters (*Crassostrea angulata*) from the Spanish Coast. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 56: 106-113.
  - Sedmak, B. and R. Obal, 1998. Gojenje in promet s školjkami s poudarkom na biotoksinih – predlogi za uskladitev slovenske zakonodaje z evropsko. *Vet. nov.* 24: 189-201.
  - Srebočan, E. (Veterinarski fakultet u Zagrebu). Rezultati pretrage na rezidue metala u razdoblju 1982-1986. Usmeno priopćenje.
  - Srebočan, V., 1993. Veterinarska toksikologija. Med. Naklada, Zagreb, pp.: 202-210, 214-225.
  - Szefer, P. and K. Szefer, 1990. Metals in molluscs and associated bottom sediments of the southern Baltic. *Helgoländer Meeresunters* 44: 411-424.
  - Tarazona, J.V., M.J. Munoz, G. Carbonell, M. Carballo, J.A. Ortiz and A. Castano., 1991. A Toxicological Assessment of Water Pollution and Its Relationship to Aquaculture Development in Algeciras Bay, Cadiz, Spain. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 20: 480-487.
  - Trefry, J.H., K.L. Naito, R.P. Trocine and S. Metz, 1995. Distribution and bioaccumulation of heavy metals from produced water discharges to the Gulf of Mexico. *Wat. Sci. Tech.* 32 (2) 31-36.
  - US FDA (U.S. Food and Drug Administration), Center for Food Safety & Applied Nutrition (1993-a): Guidance Document for Cadmium in Shellfish
  - US FDA (U.S. Food and Drug Administration), Center for Food Safety & Applied Nutrition (1993-b): Guidance Document for Lead in Shellfish
  - US FDA (U.S. Food and Drug Administration), Center for Food Safety & Applied Nutrition (1993-c): Guidance Document for Arsenic in Shellfish
  - Wang, W.X., N.S. Fisher and S.N. Luoma, 1996. Kinetic determinations of the trace element bioaccumulation in the mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 140: 91-113.
  - WHO, 1972. Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium. *Tech. Report. Ser.* 505, pp. 14-24.
  - Wright, D.A. and R.P. Mason, 2000. Biological and chemical influences on trace metal toxicity and bioaccumulation in the marine and estuarine environment. *Int. J. Environ. Pollut.* 13 (1-6): 226-248.
  - Zrnčić, S. i D. Oraić, 2002. Mikrobiološka i kemijska onečišćenja školjkaša – rizici i kontrola. Znanstveno-stručni skup: Bolesti organizama iz voda i ljudsko zdravlje, Zagreb, 8.11.2002. Zbornik referata

---

Rukopis primljen: 5.4.2004.