

Koncentracije toksičnih elemenata u tkivima dobrih (*Tursiops truncatus*) i plavobijelih dupina (*Stenella coeruleoalba*) iz Jadranskog mora

Nina Bilandžić, Martina Đuras Gomerčić, T. Gomerčić, Marija Sedak i Maja Đokić



Uvod

Količine toksičnih elemenata kadmija (Cd), olova (Pb), žive (Hg) i arsena (As) se zbog primjene u industriji i agrikulturi kroz nekoliko stoljeća stalno povećavaju u okolišu, odnosno u svjetskim morima (Nriagu, 1996.), a mogu dosegnuti visoke koncentracije u organima i tkivima predatorskih sisavaca kao što su dupini ili kitovi (Red: *Cetacea*) čemu doprinosi relativno dugi život tih vrsta te njihova pozicija na vrhu prehrambenog lanca (Honda i sur., 1983., Capelli i sur., 2000.). Iako se mogu nakupljati udisajem kroz pluća, apsorpcijom kroz kožu ili tijekom laktacije mlijekom, toksični se elementi u najvećoj mjeri unose hranom (Das i sur., 2003., Lahaye i sur., 2006.). Zbog toga se ovi sisavci smatraju integratorima zagađenja i omogućuju uvid u ekološku ravnotežu oceana i mora.

U Sredozemnom moru živi nekoliko vrsta dupina među kojima su obični (*Delphinus delphis*), krupnozubi (*Ziphius cavirostris*), glavati (*Grampus griseus*), dobri (*Tursiops truncatus*) i plavobijeli dupin (*Stenella coeruleoalba*) (Bearzi i sur., 2004.). Praćenjem glavatog dupina utvrđeno je da se sporadično i slučajem

nađe i u vodama Jadranskog mora (Francese i sur., 1999., Gomerčić i sur., 2002., Bearzi i sur., 2004.). U nekoliko je studija istaknuto da je plavobijeli dupin zapravo rijetko prisutna vrsta i sporadično zaluta u sjeverni Jadran odnosno u hrvatske obalne vode Jadrana (Pribanić i sur., 1999., Gomerčić i sur., 2002.). Danas je dobri dupin jedina vrsta dupina koja je stalno prisutna u Jadranu (Gomerčić i sur., 1998., Bearzi i sur., 2000.). Smatra se da je dobar pokazatelj obalnog ekosustava zbog svoje velike prilagodljivosti na različite uvjete staništa (Shoham-Frider i sur., 2009.).

U posljednjih nekoliko desetljeća provedena su brojna istraživanja o distribuciji toksičnih elemenata u organima i tkivima dupina. Većina studija provedena je na dupinima iz Sredozemnog mora i Atlanskog oceana (André i sur., 1991., Holsbeek i sur., 1998., Das i sur., 2000., Frodello i sur., 2000., Carvalho i sur., 2002., Cardelicchio i sur., 2002.a,b, Roditi-Elasar i sur., 2003., Lahaye i sur., 2006., Capelli i sur., 2008., Shoham-Frider i sur., 2009.), a relativno mali broj u Jadranskom moru (Storelli i

Dr. sc. Nina BILANDŽIĆ, dipl. ing. biotehnol., znanstvena savjetnica, Marija SEDAK, dipl. ing. prehr. tehnol., Maja ĐOKIĆ, dipl. ing. kem. tehnol., Hrvatski veterinarski institut, Zagreb; dr. sc. Martina ĐURAS GOMERČIĆ, dr. vet. med., docentica, dr. sc. Tomislav GOMERČIĆ, dr. med. vet., znanstveni novak, Veterinarski fakultet, Zagreb

Tablica 1. Biološki podatci za dupine *Stenella coeruleoalba* i *Tursiops truncatus* pronađene tijekom 2000. i 2002. godine u hrvatskom priobalju.

Oznaka	Vrsta	Dob (godina)	Spol	Tjelesna masa (kg)	Tjelsena dužina (cm)	Godina nalaska	Lokacija
Tt 1	<i>Tursiops truncatus</i>	21	Ž	261	286	2000.	Obrovac
Tt 2	<i>Tursiops truncatus</i>	26	Ž	192	276	2000.	Duboka
Sc 1	<i>Stenella coeruleoalba</i>	22	Ž	91	198	2002.	Poreč
Sc 2	<i>Stenella coeruleoalba</i>	23	M	98	209	2002.	Split

sur., 1998., 1999., Storelli i Marcotrigiano 2002., Pompe-Gotal i sur., 2009.). Razlike u koncentracijama elemenata između vrsta dupina te pojedinih geografskih lokacija posljedica su izvora hrane pojedine vrste, fiziološkog statusa i toksikološke dinamike specifičnog elementa (Honda i sur., 1983., Monaci i sur., 1998., Capelli i sur., 2000., Roditi-Elasar i sur., 2003., Durden i sur., 2007., Shoham-Frider i sur., 2009.). Smatra se da su visoke koncentracije Hg u jetri posljedica njene uloge u otklanjanju tog elementa iz krvi, postupaka demetilacije i biotransformacije (Frodello i sur., 2000., Feroci i sur., 2005.). Budući da uzorkovanje ovisi o pojavi, odnosno slučaju pronalaska mrtve životinje u studijama je prikazivan relativno mali broj primjeraka dupina.

U ovome radu određivane su koncentracije elemenata Cd, Pb, Hg i As u tkivima plavobijelog (*Stenella coeruleoalba*) i dobrog dupina (*Tursiops truncatus*), dobi preko 20 godina pronađenih u hrvatskom dijelu Jadranskog mora 2000. i 2002. godine. Utvrđene količine elemenata usporedne su s prijašnjim istraživanjima u te dvije vrste dupina iz Sredozemnog i Jadranskog mora te Atlantskog oceana.

Materijali i metode

Uzorkovanje dupina

Tijekom 2000. i 2002. godine sakupljene su lešine dupina s različitih

lokacija u srednjem i južnom Jadranu Republike Hrvatske: 2 dobra (*Tursiops truncatus*, slika 1) i 2 plavobijela dupina (*Stenella coeruleoalba*, slika 2). Tijekom postmortalne obrade određeni su vrsta i spol na temelju morfoloških značajki, izmjerene su ukupna duljina tijela i tjelesna masa svake životinje (tablica 1) te su uzorkovani pojedini organi i tkiva. Dob dupina određena je na podužnim i porečnim presjecima zubiju priređenih prema Slooten (1991.) brojenjem zona prirasta dentina (GLG = growth layer groups) prema Hohn i sur. (1989.).

Nakon uzorkovanja uzorci tkiva su spremljeni u polietilenske vrećice te do analize zamrznuti na -18 °C.

Priprema uzoraka

U svrhu ovog istraživanja obrađeni su uzorci bubrega, mišića i jetre. Uzorci su pripremani mokrim spaljivanjem u mikrovalnoj pećnici Multiwave 3000 (Anton Paar, Njemačka). Uzorci (2 g) se važu u teflonske posudice te se doda 1 mL H₂O₂ (30% p.a., Kemika, Hrvatska) i 5 mL HNO₃ (65% p.a., Kemika, Hrvatska). Mikrovalna se digestija provodi na 1200 W u koracima po 10, zadržavanjem 10 minuta na 1200 W te hlađenjem 15 minuta. Bistra otopina kvantitativno se prenosi u odmjerne tikvice od 50 mL te dopuni do oznake ultračistom vodom (Milli-Q Millipore, 18,2 MWcm⁻¹). Isti postupak koristi se za slijepu probu, ali bez uzorka.



Slika 1. *Tursiops truncatus* – dobri dupin.

Atomska apsorpcijska spektrometrija (AAS)

Koncentracije As, Cd i Pb određene su atomskim apsorpcijskim spektrometrom, Perkin Elmer AAnalyst 800 sa Zeeman-ovom korekcijom, primjenom grafitne tehnike mjerenjem apsorbance pri valnim duljinama 193,7 nm, 228,8 nm i 283,3 nm.

Za kalibraciju instrumenta korišteni su certificirani standardi za As, Cd, Pb i Hg od 1000 mg/L (Perkin Elmer, SAD). Radni standardi su pripremljeni razrijeđivanjem certificiranih standarda s 0,2% conc. HNO₃. U analizama su korišteni modifikatori za AAS (Perkin Elmer, SAD) magnezij-nitrat Mg (NO₃)₂ koncentracije 10 000 mg/L i paladij-nitrat Pd(NO₃)₂ koncentracije 10 000 mg/L.

Živa je određivana hidridnom tehnikom primjenom sustava FIAS-100 (Perkin Elmer, SAD) opremljenim autosamplerom AS 93 plus (Perkin Elmer, SAD) pri valnoj duljini 253,7 nm.

Određene su granice detekcije elemenata (mg/kg, mokre težine): u bubregu As 0,01, Cd 0,004, Hg 0,0006 i Pb 0,005; u jetri As 0,01, Cd 0,0004, Hg 0,0003 i Pb 0,0005; u mišiću As 0,01, Cd 0,0004, Hg 0,0004 i Pb 0,005. Rezultati provjere iskorisćenja, odnosno točnosti metoda primjenom certificiranog referentnog materijala DORM-2 (mišić morskog psa, NRC, Kanada) prikazani su u tablici 2.

Statistička analiza

Statistička obrada rezultata provedena je programom Statistica 6.1 (StatSoft Inc., SAD). Koncentracije elemenata određene u certificiranom referentnom materijalu izražavane su kao srednja vrijednost



Slika 2. *Stenella coeruleoalba* – plavobijeli dupin.

i standardna pogreška, odnosno u uzorcima tkiva kao srednja vrijednost određivanja između dva paralelna određivanja i standardna pogreška.

Rezultati

Koncentracije elemenata u tkivima dobrih i plavobijelih dupina te njihove srednje vrijednosti prikazane su u tablici 3.

Najviše su koncentracije Cd utvrđene u bubrezima obje vrste dupina te su za više od 5 odnosno 2,5 puta više od vrijednosti određenih u tkivima jetre dobrih, odnosno plavobijelih dupina. Koncentracija Cd određene u jetri i bubrezima plavobijelih dupina su za 16 do 32 i 8 do 19 puta veće od vrijednosti u jetri i bubrezima dobrih dupina.

Najviše su koncentracije Hg određene u tkivu jetre obje vrste. U dobrih dupina, odnosno plavobijelih dupina vrijednosti Hg u jetri su za 18 i 36 puta, odnosno 78 i 23 puta veće od koncentracija određenih

Tablica 2. Koncentracije elemenata (srednja vrijednost \pm standardna pogreška, mg/kg mokre težine, n=5) u certificiranom referentnom materijalu DORM-2 (mišić morskog psa, NRC, Kanada).

Element	Certificirana koncentracija	Izmjerena koncentracija	Iskorištenje (%)
As	18 \pm 1,1	16,8 \pm 2,23	93,3
Cd	0,043 \pm 0,008	0,041 \pm 0,011	95,4
Hg	4,64 \pm 0,26	4,55 \pm 0,69	98,1
Pb	0,065 \pm 0,007	0,068 \pm 0,009	104,6

u mišićnom i bubrežnom tkivu. Koncentracije Hg u jetri dobrih dupina su za 3 do 8,5 puta veće u odnosu na vrijednosti određene u jetri plavobijelih dupina.

Najviše su koncentracije As određene u jetri, odnosno Pb u mišićnom tkivu plavobijelih dupina.

Rasprava

Živa

Živa je jedan od najtoksičnijih elemenata i njena se koncentracija uvećava u tkivima i organima što je jedinka više u hranidbenom lancu, posebno u morskih sisavaca (Das i sur., 2003.). Zbog toga, kronična izloženost koncentracijama Hg u dupina može uzrokovati masnu degeneraciju i bolesti jetre (Rawson i sur., 1993., Gomerčić i sur., 2000.).

Iako utjecaj visokih koncentracija na toksičnost morskih sisavaca nije u potpunosti razjašnjen smatra se da koncentracije više od 100 mg/kg mogu imati toksični utjecaj (Wagemann i Muir, 1984.). U ovome istraživanju u sve četiri jedinke dvije vrste dupina koncentracije Hg u jetri prelazile su čak 150 mg/kg. Utvrđeno je i da su koncentracije Hg u jetri jedinki dobi preko 20 godina višestruko veće u dobrih nego u plavobijelih dupina. Najviša koncentracije Hg od 1524,6 mg/kg utvrđena je u jetri 21 godinu stare ženke dobrog dupina nađene kod Obrovca. U prijašnjim istraživanjima visoke koncentracije Hg u jetri (1500 mg/kg) utvrđene su u plavobijelih dupina s francuskog Sredozemlja (André i sur., 1991.) te u jetri 16-godišnjeg dobrog

dupina (1833,8 mg/kg) nađenog u splitskom akvatoriju Jadranskog mora 1999. godine (Pompe-Gotal i sur., 2009.).

Koncentracije Hg određene u jetri plavobijelih dupina u ovome radu slične su vrijednostima te vrste s obale južne Italije (170,7 i 189,16 mg/kg; Cardellicchio i sur., 2000., 2002.a), obale Izraela (181 mg/kg; Roditi-Elasar i sur., 2003.), obale Korzike (115 mg/kg; Frodello i sur., 2000.) i Ligurskog mora (do 113 mg/kg; Capelli i sur., 2008.), međutim, manje od onih utvrđenih u južnom Jadranskom moru (277,4 mg/kg; Storelli i sur., 1998.). Dok su koncentracije Hg određene u mišićnom tkivu plavobijelih dupina više, koncentracije u bubrežima slične su vrijednostima iz prijašnjih istraživanja u Sredozemnom moru (Cardellicchio i sur., 2000., 2002.a, Frodello i sur., 2000., Capelli i sur., 2008.).

U ovom su radu određene više koncentracije Hg u jetri dobrih dupina u odnosu na vrijednosti u prijašnjim istraživanjima u odraslih jedinki: 33 mg/kg u Atlantiku kraj Portugala (Carvalho i sur., 2002.), 345 mg/kg na Izraelskim obalama Sredozemnog mora (Roditi-Elasar i sur., 2003.), 933,5 mg/kg iz Ligurskog mora (Capelli i sur., 2008.), 393,4 mg/kg u južnom Jadranskom moru (Storelli i Marcotrigiano, 2002.) te 331,6 mg/kg na hrvatskoj obali Jadranskog mora (Pompe-Gotal i sur., 2009.). Koncentracije Hg u mišićnom i bubrežnom tkivu utvrđene u ovome radu su više u odnosu na koncentracije u dobrih dupina iz Sredozemnog i Jadranskog mora (Carvalho i sur., 2002., Roditi-Elasar i sur., 2003., Pompe-Gotal i sur., 2009.).

Tablica 3. Koncentracije elemenata (mg/kg, mokre težine) u tkivima dobrih (Tt 1 i Tt 2) i plavobijelih dupina (Sc 1 i Sc 2).

Vrsta	tkivo	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Pb (mg/kg)
Tt 1	mišić	0,143 ± 0,029	0,012 ± 0,002	84,1 ± 6,45	0,01 ± 0,005
	jetra	0,141 ± 0,017	0,156 ± 0,027	1524,6 ± 33,5	0,035 ± 0,008
	bubreg	0,148 ± 0,031	0,438 ± 0,039	36,4 ± 2,71	0,04 ± 0,006
Tt 2	mišić	0,169 ± 0,045	0,007 ± 0,001	37,8 ± 4,37	0,01 ± 0,002
	jetra	0,416 ± 0,077	0,08 ± 0,005	603,2 ± 16,7	0,205 ± 0,045
	bubreg	0,289 ± 0,041	0,973 ± 0,065	23,6 ± 1,26	0,029 ± 0,006
Sc 1	mišić	0,216 ± 0,022	0,024 ± 0,003	34,3 ± 3,55	0,018 ± 0,002
	jetra	0,868 ± 0,091	2,58 ± 0,19	179,6 ± 11,9	0,039 ± 0,003
	bubreg	0,536 ± 0,065	3,59 ± 0,12	10,6 ± 1,32	0,033 ± 0,007
Sc 2	mišić	0,033 ± 0,005	0,037 ± 0,004	18,4 ± 2,61	0,689 ± 0,077
	jetra	0,075 ± 0,007	2,05 ± 0,11	219,6 ± 9,12	0,052 ± 0,007
	bubreg	0,058 ± 0,005	8,40 ± 0,62	6,47 ± 0,19	0,165 ± 0,022

Prijašnja istraživanja potvrdila su da je koncentracija Hg u jetri dupina u pozitivnoj korelaciji s dobi i veličinom jedinke (Lahaye i sur., 2006., Agusa i sur., 2008., Capelli i sur., 2008., Pompe-Gotal i sur., 2009.). Različitosti nastaju zbog individualnih razlika u prehrani te obilježja staništa u kojem obitavaju (André i sur., 1991., Dietz i sur., 1996., Storelli i Marcotrigiano, 2000.). Utvrđen je utjecaj geografske lokacije dupina na koncentracije te su znatno više koncentracije Hg određene u jetri dobrih dupina iz Sredozemnog mora (Leonzio i sur., 1992., Storelli i Marcotrigiano, 2002.) nego iz Atlantika (Holsbeek i sur., 1998., Carvalho i sur., 2002.). Pretpostavlja se da je to posljedica prirodno viših koncentracija Hg u Sredozemnom moru (Cossa i sur., 1997.).

Kadmij

U ovome je radu sukladno prijašnjim istraživanjima, utvrđeno da su koncentracije Cd u dupina 2 do 5 puta više u bubrezima nego u jetri (Wagemann i Muir, 1984.). Također, kao i u prijašnjim istraživanjima provedenim u Sredozemnom moru i Atlanskom oceanu, utvrđene su više koncentracije Cd u

tkivima plavobijelih nego u dobrih dupina (Leonzio i sur., 1992., Law i sur., 1992., Roditi-Elasar i sur., 2003.). Pretpostavlja se da je to posljedica više zastupljenosti mekušaca (muzgavci, sipe, hobotnice) u prehrani plavobijelih dupina, a za koje je dokazano da nakupljaju Cd (Bustamante i sur., 2002., Roditi-Elasar i sur., 2003.).

Koncentracije Cd određene u mišićnom tkivu plavobijelih dupina iz Sredozemlja i Atlantika kretale su se od 0,28 do 0,9 mg/kg što je znatno više od vrijednosti (0,031 mg/kg) utvrđenih u ovoj studiji (Das i sur., 2000., Cardelicchio i sur., 2002.b, Roditi-Elasar i sur., 2003., Capelli i sur., 2008.). Također, koncentracije određene u jetri i bubrezima slične su prijašnjim istraživanjima (1,5 do 3,7 mg/kg i 5,7 do 10,3 mg/kg; Cardelicchio i sur., 2000., 2002.b, Roditi-Elasar i sur., 2003., Decataldo i sur., 2004.).

Usporedbom dobivenih koncentracija Cd u mišićnom tkivu dobrih dupina niže vrijednosti određene su u dupinima s izraelske obale (0,45 mg/kg Roditi-Elasar i sur., 2003.), međutim slične koncentracijama u dobrih dupina s istočnog i sjeverno-zapadnog Sredozemlja (< 0,04 i 0,12 mg/kg;

Shoham-Frider i sur., 2009., Capelli i sur., 2008.) te francuske obale Atlantika (0,06 mg/kg; Holsbeek i sur., 1998.). Vrijednosti Cd u bubrežima dobrih dupina više su od onih utvrđenih u prijašnjim studijama (4,9 mg/kg; Holsbeek i sur., 1998., 4 mg/kg; Roditi-Elasar i sur., 2003.). Međutim, koncentracije Cd u jetri dobrih dupina višestruko su niže od onih određenih u prijašnjim istraživanjima (0,26 do 3,2 mg/kg; Holsbeek i sur., 1998., Roditi-Elasar i sur., 2003., Capelli i sur., 2008.).

Kao i za Hg, smatra se da je najvažniji faktor koji utječe na nakupljanje Cd u dupina, dob životinje te vrsta ishrane (Aguilar i sur., 1999., Lahaye i sur., 2006.).

Olovo

Iako je prirodno prisutan u biogeosferi Pb dospjeva u okoliš spaljivanjem otpada s metalnih odlagališta, centrala na ugljen, kanalizacije i otpadnog ulja, a najveća emisija Pb u okolinu je od benzinskih olovniha aditiva (Nriagu, 1996.). Olovo dospjeva u sustav oceana i mora površinskom erozijom tla, slijevanjem rijeka te iz atmosfere. U dubokim oceanskim vodama koncentracija Pb je oko 0,01–0,02 g/L, dok je u površinskim vodama oceana oko 0,3 g/L (Sepe i sur., 2003.).

U ovome istraživanju, kao i u prijašnjim provedenim u Sredozemnom i Jadranskom moru, koncentracije Pb u svim tkivima plavobijelih i dobrih dupina bile su niže od 1 mg/kg (Cardellicchio i sur., 2000., 2002.b, Carvalho i sur., 2002., Capelli i sur., 2008.). Najviša koncentracija Pb određena je u mišićnom tkivu (0,689 mg/kg) plavobijelog dupina nađenog u priobalju kraj Splita.

Arsen

Do danas je proveden mali broj istraživanja sa svrhom određivanja koncentracija As u morskih sisavaca. U ovome radu određene koncentracije As u svim tkivima obje vrste dupina bile su

manje od 1 mg/kg. Koncentracije As u jetri i bubrežima plavobijelih dupina iz Baltičkog mora i običnih dupina s Novog Zelanda su uglavnom manje od 1 mg/kg (Ciesielski i sur., 2006., Stockin i sur., 2007.). Slične koncentracije As u jetri i bubrežima određene su u sivim kitovima s Arktika (0,32 i 1,5 mg/kg; Tilbury i sur., 2002.). Međutim, vrlo visoke koncentracije As utvrđene su u tkivima mišića i jetre dobrih dupina s portugalske obale Atlantika (7,1 i 2,6 mg/kg; Carvalho i sur., 2002.), jetri dupina iz Meksičkog zaljeva (4,3 mg/kg; Meador i sur., 1999.) te Južnog kineskog mora (23 mg/kg; Parsons i Chan, 2001.). Smatra se da je glavni izvor nakupljanja As u morskih sisavaca vrsta prehrane (Kubota i sur., 2002.).

Sažetak

U ovome radu određivane su koncentracije elemenata Cd, Pb, Hg i As u tkivima plavobijelih (*Stenella coeruleoalba*) i dobrih dupina (*Tursiops truncatus*) u dobi preko 20 godina pronađenih u hrvatskom dijelu Jadranskog mora između 2000. i 2002. godine. Koncentracije su As i Pb u svim promatranim tkivima dvije vrste dupina bile manje od 1 mg/kg. Najviše koncentracije Cd utvrđene su u bubrežima obje vrste dupina te su za 5 odnosno 2,5 puta više od vrijednosti određenih u tkivima jetre dobrih, odnosno plavobijelih dupina. Koncentracije Cd određene u jetri i bubrežima plavobijelih dupina su za 16 do 32 i 8 do 19 puta veće od vrijednosti u jetri i bubrežima dobrih dupina.

Najviše koncentracije Hg određene su u jetri obje vrste, a najviša koncentracija Hg od 1524,6 mg/kg utvrđena je u jetri 21 godinu stare ženke dobrog dupina nađene kod Obrovca. U dobrih dupina, odnosno plavobijelih dupina vrijednosti Hg u jetri su za 17,5 i 36 puta, odnosno 7,5 i 23 puta veće od koncentracija u mišićnom i bubrežnom tkivu. Koncentracije Hg u jetri dobrih dupina su za 3 do 8,5 puta veće u odnosu na vrijednosti određene u jetri plavobijelih dupina. Usporedbom utvrđenih koncentracija Hg u jetri s prijašnjim istraživanjima utvrđeno je da su količine Hg u plavobijelih dupina slične dok su u dobrih dupina više od većine prijašnjih istraživanja u tih vrsta provedenih na Sredozemlju.

Visoke koncentracije Hg i Cd nađene u dvije vrste dupina posljedica su visoke dobi promatranih jedinki (> 20 godina), odnosno općenito se smatra da je najvažniji faktor koji utječe na nakupljanje tih elemenata, dob životinje te vrsta ishrane.

Literatura

- AGUILAR, A., A. BORREL and T. PASTOR (1999): Biological factors affecting variability of persistent pollutant levels in cetaceans. In: REIJNDERS, P., AGUILAR, A., DONOVAN, G. (Eds.), *Chemical Pollutants and Cetaceans*, vol. special issue 1, Journal of Cetacean Research and Management, UK, pp. 83–116.
- AGUSA, T., K. NOMURA, T. KUNITO, Y. ANAN, H. IWATA, N. MIYAZAKI, R. TATSUKAWA and S. TANABE (2008): Interelement relationships and age-related variation of traceelement concentrations in liver of striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) from Japanese coastal waters. *Mar. Poll. Bull.* 57, 807–815.
- ANDRÉ, J. M., A. BOUDOU, F. RIBEYRE and M. BERNHARD (1991): Comparative study of mercury accumulation in dolphins (*Stenella coeruleoalba*) from French Atlantic and Mediterranean coasts. *Sci. Total. Environ.* 104, 191–209.
- BEARZI, G., E. POLITI, C. M. FORTUNA, L. MEL and G. NOTARBARTOLO DI SCIARA (2000): An overview of cetacean sighting data from the northern Adriatic Sea: 1987–1999. *Europ. Res. Cetac.* 14, 356–361.
- BEARZI, G., D. HOLCER and G. NOTARBARTOLO DI SCIARA (2004): The role of historical dolphin takes and habitat degradation in shaping the present status of northern Adriatic cetaceans. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 14, 363–379.
- BUSTAMANTE, P., R. P. COSSON, I. GALLIEN, F. CAURANT and P. MIRAMAND (2002): Cadmium detoxification processes in the digestive gland of cephalopods in relation to accumulated cadmium concentrations. *Mar. Environ. Res.* 53, 227–241.
- CAPELLI, R., G. DRAVA, R. DE PELLEGRINI, V. MINGANTI and R. POGGI (2000): Study of trace elements in organs and tissues of striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) found dead along the Ligurian coasts (Italy). *Adv. Environ. Res.* 4, 31–43.
- CAPELLI, R., K. DAS, R. DE PELLEGRINI, G. DRAVA, G. LEPOINT, C. MIGLIO, V. MINGANTI and R. POGGI (2008): Distribution of trace elements in organs of six species of cetaceans from the Ligurian Sea (Mediterranean), and the relationship with stable carbon and nitrogen ratios. *Sci. Total. Environ.* 390, 569–578.
- CARDELLICCHIO, N., S. GIANDOMENICO, P. RAGONE and A. DI LEO (2000): Tissue distribution of metals in striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) from the Apulian coasts, Southern Italy. *Mar. Environ. Res.* 49, 55–66.
- CARDELLICCHIO, N., A. DECATALDO, A. DI LEO and A. MISINO (2002a): Accumulation and tissue distribution of mercury and selenium in striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) from the Mediterranean Sea (Southern Italy). *Environ. Pollut.* 116, 265–271.
- CARDELLICCHIO, N., A. DECATALDO, A. DI LEO and S. GIANDOMENICO (2002b): Trace elements in organs and tissues of striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) from the Mediterranean sea (Southern Italy). *Chemosphere* 49, 85–90.
- CARVALHO, M. L., R. A. PEREIRA and J. BRITO (2002): Heavy metals in soft tissues of Tursiops truncatus and Delphinus delphis from west Atlantic Ocean by X-ray spectrometry. *Sci. Total. Environ.* 292, 247–254.
- CIESIELSKI, T., P. SZEFER, Z. S. BERTENYI, I. KUKLIK, K. SKÓRA, J. NAMIEŚNIK and P. FODOR (2006): Interspecific distribution and co-associations of chemical elements in the liver tissue of marine mammals from the Polish Economic Exclusive Zone, Baltic Sea. *Environ. Internat.* 32, 524–532.
- COSSA, D., J. M. MARTIN, K. TAKAYANAGI and J. SANJUAN (1997): The distribution and cycling of mercury species in the western Mediterranean. *Deep-Sea Research II* 44, 721–740.
- DAS, K., G. LEPOINT, V. LOIZEAU, V. DEBACKER, P. DAUBY and J. M. BOUQUEGNEAU (2000): Tuna and dolphin associations in the North-East Atlantic: evidence of different ecological niches from stable isotope and heavy metal measurements. *Mar. Poll. Bull.* 40, 102–109.
- DAS, K., V. DEBACKER, S. PILLET and J. M. BOUQUEGNEAU (2003): Heavy metals in marine mammals. In *New Perspectives: Toxicology and the Environment: Toxicology of Marine Mammals*, eds. J. G. Vos, G. D. Bossart, M. Fournier and T. J. O'Shea, Taylor & Francis Inc, New York, USA, pp. 135–167.
- DECATALDO, A., A. DI LEO, S. GIANDOMENICO and N. CARDELLICCHIO (2004): Association of metals (mercury, cadmium and zinc) with metallothionein-like proteins in storage organs of stranded dolphins from the Mediterranean sea (Southern Italy). *J. Environ. Monit.* 6, 361–367.
- DIETZ, R., F. RIGET and P. JOHANSEN (1996): Lead, cadmium, mercury and selenium in Greenland marine animals. *Sci. Total. Environ.* 186, 67–93.
- DURDEN, W. N., M. K. STOLEN, D. H. ADAMS and E. D. STOLEN (2007): Mercury and selenium concentrations in stranded bottlenose dolphins from the Indian river lagoonsystem, Florida. *Bull. Mar. Sci.* 81, 37–54.
- FEROCI, G., R. BADIELLO and A. FINI (2005): Interactions between different selenium compounds and zinc, cadmium and mercury. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 18, 227–234.
- FRANCESE, M., P. ZUCCA, M. PICCIULIN, F. ZUPPA and M. SPOTO (1999): Cetaceans living in the north Adriatic Sea (Gulf of Trieste - Grado lagoon): intervention protocol for healthy and distressed animals. *Europ. Res. Cetac.* 13, 410–415.
- FRODELLO, J. P., M. ROMEO and D. VIALE (2000): Distribution of mercury in the organs

- and tissues of five toothed-whale species of the Mediterranean. *Environ. Pollut.* 108, 447–452.
23. GOMERČIĆ, H., D. HUBER, A. GOMERČIĆ and T. GOMERČIĆ (1998): Geographical and historical distribution of cetaceans in Croatian part of the Adriatic Sea. *Rapport Commission Internationale Mer Merediterran* 35, 440–441.
 24. GOMERČIĆ, H., D. HUBER, V. GOMERČIĆ, S. VUKOVIĆ, D. ŠKRTIĆ, T. GOMERČIĆ, V. DOBRANIĆ, H. LUCIC, M. ĐURAS, S. CURKOVIC, A. GOMERCIC and L. KARDOS (2000): Fatty liver and subcutaneous edema in a free-living bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*, Montagu 1821) from the Adriatic Sea, light- and electromicroscopical study. *Vet. Arhiv* 70, 259–277.
 25. GOMERČIĆ, H., M. DURAS, H. LUCIC, T. GOMERČIĆ, D. HUBER, D. ŠKRTIĆ, S. ČURKOVIĆ, A. GALOV and S. VUKOVIĆ (2002): Cetacean mortality in Croatian part of the Adriatic Sea in period from 1990 till February 2002. In *Proceedings 9th International Congress on the Zoogeography and Ecology of Greece and Adjacent Regions, Thessaloniki, Greece, 22–25 May 2002*.
 26. HOHN, A. A., M. D. SCOTT, R. S. WELLS, J. SWEENEY and A. B. IRVINE (1998): Growth layers in teeth from wild, known-age bottlenose dolphins. *Mar. Mamm. Sci.* 5, 315–342.
 27. HOLSBEEK, L., U. SIEBERT and C. R. JOIRIS (1998): Heavy metals in dolphins stranded on the French Atlantic coast. *Sci. Total. Environ.* 217, 241–249.
 28. HONDA, K., R. TATSUKAWA, K. ITANO, N. MIYASAKI and T. FUJIYAMA (1983): Heavy metal concentrations in muscle, liver and kidney tissue of striped dolphin, *Stenella coeruleoalba*, and their variations with body length, weight, age and sex. *Agric. Biol. Chem.* 47, 1219–1228.
 29. KUBOTA, R., T. KUNITO and S. TANABE (2002): Chemical speciation of arsenic in the livers of higher trophic marine animals. *Mar. Poll. Bull.* 45, 218–223.
 30. LAHAYE, V., P. BUSTAMANTE, W. DABIN, O. VAN CANNEYT, F. DHERMAIN, C. CESARINI, G. J. PIERCE and F. CAURANT (2006): New insights from age determination on toxic element accumulation in striped and bottlenose dolphins from Atlantic and Mediterranean waters. *Mar. Poll. Bull.* 52, 1219–1230.
 31. LAW, R. J., B. R. JONES, J. R. BAKER, S. KENNEDY, R. MILNE and R. J. MORRIS (1992): Trace metals in the livers of marine mammals from the Welsh coast and the Irish Sea. *Mar. Poll. Bull.* 24, 296–304.
 32. LEONZIO, C., S. FOCARDI and C. FOSSI (1992): Heavy metals and selenium in stranded dolphins of the Northern Tyrrhenian (NW Mediterranean). *Sci. Total. Environ.* 119, 77–84.
 33. MEADOR, J. P., D. ERNEST, A. A. HOHN, K. TILBURY, J. GORZELANY, G. WORTHY and J. E. STEIN (1999): Comparison of elements in bottlenose dolphins stranded on the beaches of Texas and Florida in the Gulf of Mexico over one-year period. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 36, 87–98.
 34. MONACI, F., A. BORREL, C. LEONZIO, L. MARSILI and N. CALZADA (1998): Trace elements in striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) from the western Mediterranean. *Environ. Pollut.* 99, 61–68.
 35. NRIAGU, J. O. (1996): A history of global metal pollution. *Science* 272, 223–224.
 36. PARSONS, E. C. M. and H. M. CHAN (2001): Ogranochlorine and trace element contamination in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from the South China Sea. *Mar. Poll. Bull.* 42, 780–786.
 37. POMPE-GOTAL, J., E. SREBOČAN, H. GOMERČIĆ and A. PREVENDAR CRNIĆ (2009): Mercury concentrations in the tissues of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) stranded on the Croatian Adriatic coast. *Vet. Med.* 54, 598–604.
 38. PRIBANIĆ, S., D. HOLCER and D. MIKOVIĆ (1999): First report of plastic ingestion by striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*) in the Croatian part of the Adriatic Sea. *Europ. Res. Cetac.* 13, 443–446.
 39. RAWSON, A. J., G. W. PATTON, S. HOFMANN, G. G. PIETRA and L. JOHNS (1993): Liver abnormalities associated with chronic mercury accumulation in stranded Atlantic bottlenose dolphins. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 25, 41–47.
 40. RODITI-ELASAR, M., D. KEREM, H. HORNUNG, N. KRESS, E. SHOHAM-FRIDER, O. GOFFMAN and E. SPANIER (2003): Heavy metal levels in bottlenose and striped dolphins off the Mediterranean coast of Israel. *Mar. Poll. Bull.* 46, 503–512.
 41. SEPE, A., L. CIARALLI, M. CIPROTTI, R. GIORDANO, E. FUMARI and S. COSTANTINI (2003): Determination of cadmium, chromium, lead and vanadium in six fish species from the Adriatic Sea. *Food Add. Contam.* 20, 543–552.
 42. SHOHAM-FRIDER, E., N. KRESS, D. WYNNE, A. SCHEININ, M. RODITI-ELASAR and D. KEREM (2009): Persistent organochlorine pollutants and heavy metals in tissues of common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) from the Levantine Basin of the Eastern Mediterranean. *Chemosphere* 77, 621–627.
 43. SLOOTEN, E. (1991): Age, growth, and reproduction in Hector's dolphins. *Can. J. Zool.* 69, 1689–1700.
 44. STOCKIN, K. A., R. J. LAW, P. J. DUIGNAN, G. W. JONES, L. PORTER, L. MIRIMIN, L. MEYNIER and M. B. ORAMS (2007): Trace elements, PCBs and organochlorine pesticides in New Zealand common dolphins (*Delphinus sp.*). *Sci. Total. Environ.* 387, 333–345.
 45. STORELLI, M. M., E. CECI and G. O. MARCOTRIGIANO (1998): Comparison of total mercury, methylmercury, and selenium in muscle tissues and in the liver of *Stenella coeruleoalba* (Meyen) and *Caretta caretta* (Linnaeus). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 61, 541–547.
 46. STORELLI, M. M., N. ZIZZO and G. O. MARCOTRIGIANO (1999): Heavy metals and methylmercury in tissues of Risso's dolphin (*Grampus griseus*) and Cuvier's beaked whale (*Ziphius cavirostris*) stranded in Italy (South Adriatic Sea). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 63, 703–710.

47. STORELLI, M. M. and G. O. MARCOTRIGIANO (2000): Environmental contamination in bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*): relationship between levels of metals, methylmercury, and organochlorine compounds in an adult female, her neonate, and a calf. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 64, 333–340.
48. STORELLI, M. M. and G. O. MARCOTRIGIANO (2002): Subcellular distribution of heavy metals in livers and kidneys of *Stenella coeruleoalba* and *Tursiops truncatus* from the Mediterranean Sea. Mar. Poll. Bull. 44, 71–81.
49. TILBURY, K. L., J. E. STEIN, C. A. KRONE, R. L. BROWNELL Jr., S. A. BLOKHIN, J. L. BOLTON and D. W. ERNEST (2002): Chemical contaminants in juvenile gray whales (*Eschrichtius robustus*) from a subsistence harvest in Arctic feeding grounds. Chemosphere 47, 555–564.
50. WAGEMANN, R. and D. C. G. MUIR (1984): Concentrations of heavy metals and organochlorines in marine mammals of northern waters: overview and evaluation. Can. Techn. Rep. Fish. Aqua. Sci. 1279, 97.

Toxic element concentrations in tissues of bottlenose (*Tursiops truncatus*) and striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) from the Adriatic Sea

Nina BILANDŽIĆ, PhD, BSc, Scientific Advisor, Marija SEDAK, BSc, Maja ĐOKIĆ, BSc, Croatian Veterinary Institute, Zagreb; Martina ĐURAS GOMERČIĆ, PhD, DVM, Assistant Professor, Tomislav GOMERČIĆ, PhD, DVM, Junior Researcher, Faculty of Veterinary Medicine, Zagreb

This paper presents the determination of Cd, Pb, Hg and As concentrations in tissues of striped (*Stenella coeruleoalba*) and bottlenose (*Tursiops truncatus*) dolphins over the age of 20 years investigated along the Croatian coast of the Adriatic Sea between 2000 and 2002. Tissue concentrations of As and Pb were less than 1 mg/kg in all tissues. The highest Cd concentrations were found in the kidneys of both dolphin species and were 5 and 2.5 times higher than concentrations in the liver in bottlenose and striped dolphins, respectively. Cd concentrations in liver and kidneys of striped dolphins were 16 to 32 and 8 to 19 times higher than in bottlenose dolphin.

The highest Hg concentrations were found in the liver of both species, and the highest Hg concentration of 1524.6 mg/kg was found in the liver of a 21-year old female bottlenose dolphin found near Obrovac. Hg

concentrations in liver were 17.5 times higher than in muscle tissue and 7.5 times higher than in kidney tissue in the bottlenose dolphin, while in striped dolphin Hg liver levels were 36 times higher than in muscle tissues and 23 times higher than in kidney tissues. The Hg concentrations measured in liver of bottlenose dolphin were 3 to 8.5 times higher than in liver tissue of striped dolphin. In comparison with previous studies, Hg concentrations measured in the liver in striped dolphin are similar to values reported in the literature, but were higher than most studies for the bottlenose dolphin conducted in the Mediterranean.

The high Hg and Cd concentrations found in both dolphin species are due to the age of the observed individuals (>20 years). It is generally considered that the two most important factors influencing the accumulation of these elements are animal age and diet.