

Sveučilište u Zagrebu
Veterinarski fakultet

Doroteja Andreić

**KONCENTRACIJA KADMIJA, OLOVA I ŽIVE U TKIVIMA SRNE (*CAPREOLUS
CAPREOLUS* L.) I DIVLJE SVINJE (*SUS SCROFA* L.) IZ NIZINSKE HRVATSKE**

Zagreb, 2010. godina

Ovaj rad izrađen je u Zavodu za farmakologiju i toksikologiju pod vodstvom prof. dr. sc. Emila Srebočana u sklopu znanstvenog projekta Ekotoksikološka istraživanja u divljači (MZOŠ br.: 053-0532400-2362, voditelj projekta: prof. dr. sc. Emil Srebočan) i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2009/2010.

Sadržaj rada

Uvod.....	1
Hipoteza.....	3
Opći cilj i specifični ciljevi rada.....	4
Materijal i metode.....	5
Rezultati.....	7
Rasprava.....	16
Zaključci.....	19
Zahvale.....	20
Popis literature.....	21
Sažetak.....	24
Summary.....	25

Uvod

U današnjem svijetu primarno zahvaljujući ljudskoj aktivnost različite toksične tvari onečišćuju okoliš, uključujući i divlje životinje, koje su nam zbog toga dobar pokazatelj zagađenosti. Divlja svinja i srna su zbog svoje raširenosti, načina ishrane i lake dostupnosti (regularni odstrel) za ovu svrhu najčešće korištene vrste. Divlja svinja (*Sus scrofa* L.) je naša autohtona divljač (u Hrvatskoj je prisutna od pamtivijeka) i nastanjuje cjelo kopneno područje Hrvatske, te neke jadranske otoke. Divlje svinje su svejedi. Udio biljne hrane u prehrani je od 80% do 90%. Od biljne hrane jede krumpir, kukuruz, zob, raž, bukvicu, te podzemne djelove raznih biljaka. Najomiljenija prirodna hrana su im žir i kesten. Od hrane životinjskog podrijetla konzumiraju gusjenice i ličinke različitih kukaca do kojih dolaze rovanjem tla, strvine, sitne glodavce, mladunčad, ranjenu ili bolesnu divljač. Srna (*Capreolus capreolus* L.) je također naša autohtona divljač te je (uz divlju svinju) najrasprostranjenija krupna divljač u Hrvatskoj. Nalazimo ju na cjelom području Hrvatske, a obitava u manjem broju i na nekim otocima. Srna je teritorijalna vrsta što znači da cijeli život provodi na određenom području veličine oko 100 ha, pa zbog toga dobro ukazuju na zagađenje u svom teritoriju pošto konzumira lokalno pronađenu hranu cijele godine (ZARSKI I SUR., 1995.). Srna je biljojed. Prednost u ishrani daje mekom lišću, mladim izbojcima i pupovima šumskog podrasta tj. brstu. Također voli šumsko voće; divlje jabuke, borovnice, jagode i razne bobice. Jedu i žir, kesten i bukvicu. Gljive su bitan izvor hrane za srnu (ADAMIČ, 1990.; STRANDBERG I KNUDSEN, 1994.; TIXIER I DUNCAN, 1996.). Zbog svoje građe i fiziologije, gljive imaju veću sposobnost akumulacije teških metala od biljaka kojima se srna hrani (WODRATSCHEK I RÖDER, 1993.; POKORNY I SUR., 2004.). Divlje životinje unose teške metale i geofagijom što može biti posljedica načina prehrane kao kod divlje svinje (MA I SUR., 1991.; BEYER I FRIES, 2003.) ili posljedica nedostataka esencijalnih elemenata u hrani, pa životinja instinktivno liže zemlju (BEYER I SUR., 2007.).

Najbitniji i najčešći zagađivači su kadmij, olovo i živa, neesencijalni metali koji se ne mogu detoksicirati prirodnim procesima, pa se stoga kumuliraju u biološkim sustavima – tlu, vodi, zraku, biljkama i životinjama (FRIBERG I SUR., 1974.). Kadmij je u okolišu vezan za tlo i vrlo mobilan pa lako ulazi u biljke. U biljkama ga najviše ima nadzemnom dijelu, a ima ga i u korijenu, osobito u postranim korjenčićima. Olovo se akumulira u površinskom tlu i deponira na bilje, te ulazi u prehrambeni lanac. Ulazna vrata olova u organizam životinje su najčešće probavni sustav, a može ući i putem pluća i kože. Najveći dio resorbiranog olova odlaže se u meka tkivo (bubreg, jetra), a preostali dio se odlaže u kosti u obliku netopljivog trifosfata i tu se kumulira. Živa se nalazi u tlu, površinskoj vodi i u atmosferi. Korijenje biljaka barijera je za prelazak žive u stabljiku i list, pa žive ima najviše u podzemnim dijelovima biljke (korijenje, gomolji, lukovice). U organizam životinje živa ulazi primarno probavnim sustavom. U srnu se uglavnom unosi preko hrane, dok inhalacija predstavlja samo 0,2% unešene žive (GNAMUŠ I SUR., 2000.). Toksičnost navedenih metala se očituje nakon kronične izloženosti životinje tim elementima. Oni imaju teratogeno, imunomodulirajuće (FREIBERG I SUR., 1986.; FRIMMER, 1986.; HAPKE, 1988.; OHNESORGE, 1985.) i kancerogeno djelovanje.

Kadmij je i nefrotoksičan jer ima veliki afinitet prema bubrezima (MASSÁNYI I SUR., 1995.; MASSÁNYI I UHRIN, 1996.; TATARUCH, 1994.; TOMAN I MASSÁNYI, 1996.; TOMAN I SUR., 2005.) pa kronično izlaganje kadmiju mijenja funkciju bubrežnih tubula. Osim toga akumulira se u jetri, a ima i toksično djelovanje na muški reproduktivni sustav što rezultira smanjenom spermatogenezom i atrofijom testisa (LU, 1991.). Živa također ima velik afinitet prema kori bubrega (ZARSKI I SUR., 1995.), pa se kronična izloženost živi očituje i poremećajima bubrega.

Meso divlje svinje i srne cijenjene su namirnica ljudske prehrane. Kao takve, moraju udovoljavati određenim zahtjevima o kakvoći, koji su propisani Pravilnikom o toksinima, metalima, metaloidima te drugim štetnim tvarima koje se mogu nalaziti u hrani (NN, 16/05) jer bi u protivnom moglo predstavljati opasnost za ljudsko zdravlje. Osim toga, određivanje količine teških metala u tkivima divljih životinja daje nam uvid u zagađenost okoliša i eventualne imunopatološke promjene i intoksikacije divljih životinja (PISKOROVÁ I SUR., 2003.).

Hipoteza

Pretpostavka je da će koncentracije kadmija u srna kao biljoždera biti više u odnosu na divlje svinje koji su mesožderi. Također je logično da koncentracija kadmija u tkivima u obje vrste bude viša u odnosu na koncentraciju ostala dva istraživana metala. Koncentracija kadmija obično raste sa dobi i najviša je u bubrežnom tkivu u svih vrsta životinja. Za pretpostaviti je da će koncentracije metala biti niske u mišićnom tkivu, nešto više u jetri i bubrezima, ali će njihova koncentracija biti ispod maksimalno dozvoljene zakom propisane.

Opći cilj i specifični ciljevi rada

Cilj ovoga rada je ispitati koncentracije kadmija, olova i žive u tkivima (mišić, jetra, bubreg) divljih svinja i srna različite dobne kategorije na prostorima nizinske Hrvatske.

Opći ciljevi rada su:

1. utvrditi ovisnost koncentracije metala o dobi;
2. utvrditi prelaze li koncentracije teških metala u tkivima divljih životinja vrijednosti propisane „Pravilnikom“.

Specifični ciljevi rada su:

1. utvrditi postoje li razlike u koncentracijama istraživanih metala unutar različitih dobnih kategorija iste vrste;
2. utvrditi da li različite hranidbene navike dviju istraživanih vrsta utječu na koncentracije metala u tkivima;
3. utvrditi postoje li razlike u koncentracijama metala, u istim tkivima, između istih dobnih kategorija različite vrste.

Materijal i metode

MATERIJAL

U istraživanju su korištena tri različita tkiva (mišić, jetra i bubreg) dviju različitih vrsta životinja: divlje svinje (*Sus scrofa* L.) i srne (*Capreolus capreolus* L.). Uzorci koji su uzeti predstavljaju dijelove životinje koje ljudi najviše konzumiraju. Životinje su podijeljene u 3 dobne kategorije: mlade srne (mlađe od dvije godine) tj. prasad (od 4 do 6 mjeseci), srednje dobne srne (od 3 do 4 godine) tj. nazimad (od jedne do dvije godine) i stare jedinke (starije od 5 godina u srne odnosno od 5 do 6 godina starosti u divlje svinje). Uzorci tkiva izvađeni su iz životinja nakon redovnog odstrela (listopad do siječanj). Dob odstreljenih životinja određena je po metodi navedenoj u WAGENKNECHT (1984.). Pri tome uzorci uzeti za pretragu nisu potjecali s dijelova koji su bili ozlijeđeni zrnom ili njegovim dijelovima. Mišić je uzet s vrata, a uzorci bubrega i jetre su uzorkovani s najdebljeg dijela organa. Uzorci su zasebno pakirani, smrznuti i pohranjeni na -20°C do analize. Materijali su uzorkovani od 40 divljih svinja i 31 srne, a potječu iz lovišta Črnovšćak I/3, Pokupski bazen IV/9 i Spačva XVI/11.

Lovišta



Slika 1. Područja R. Hrvatske iz kojih potječu uzorci tkiva srna i divljih svinja.

Črnovšćak I/3 je otvoreno lovište na području sela Prečec i Tedrovec u blizini Kloštar Ivanića u istočnom dijelu Zagrebačke županije, oko 20 km daleko od Zagreba. Površina mu je 2158 ha. Lovoovlaštenik je Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Pokupski bazen IV/9 je državno lovište smješteno između Zagreba i Karlovca, omeđeno autoputom Zagreb-Karlovac na sjeveru i rijekom Kupom na jugu. Zauzima površinu od 8183 ha. To je brežuljkasto lovište otvorenog tipa. Lovoovlaštenik su Hrvatske šume d.o.o.

Spačva XVI/11 je otvoreno lovište na području Vukovarsko-srijemske županije južno od Vinkovaca i istočno od Županje. Površina mu je 25018 ha. Nalazi se na nadmorskoj visini od 77 do 90 metara, između Dunava i Save, ispresjecano rijekama Spačva, Bosut i Virovi. Lovoovlaštenik su Hrvatske šume d.o.o.

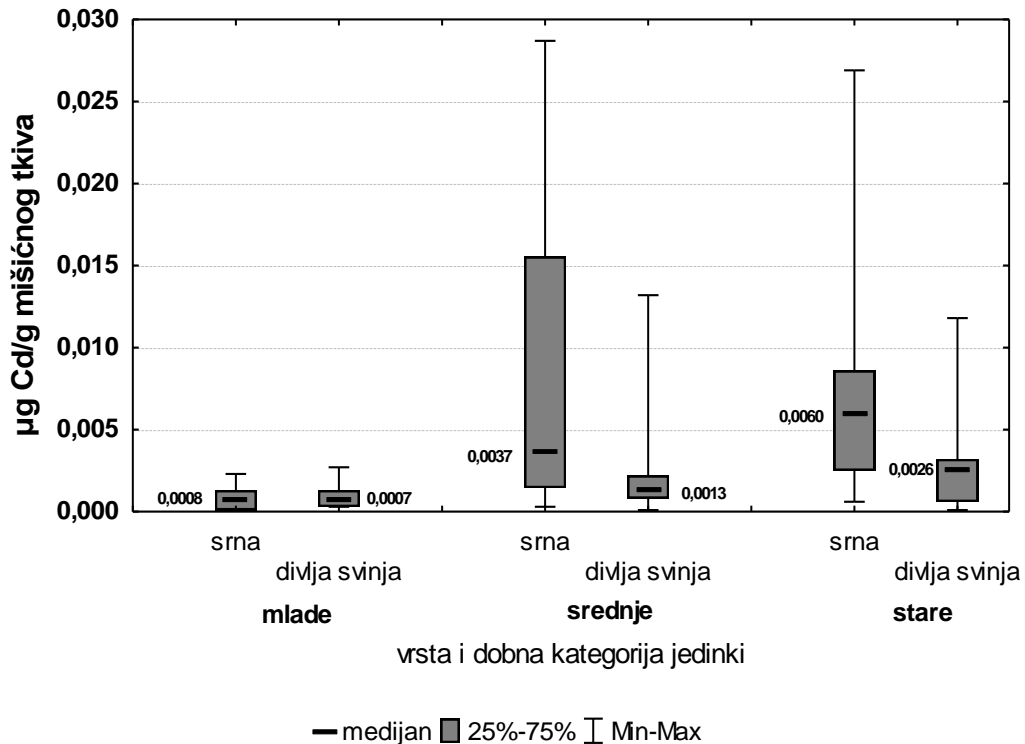
METODE

Dan prije analize uzorci su stavljeni u hladnjak na +4°C da se tkivo može rezati, ali da i dalje bude djelomično smrznuto. Za određivanje količine kadmija i olova izvagano je 2,5 g uzorka. Nakon toga uzorci su sušeni 24 sata na 105°C u kvarnim lončićima. Nakon toga stavljeni su u mufolnu peć na 450°C na 24 sata. Preostalom pepelu dodana je koncentrirana dušična kiselina te deionizirana voda. Koncentracije olova i kadmija su određivane atomskim apsorpcijskim spektrometrom Perkin Elmer Analyst 600 (Shelton, USA). Za određivanje žive upotrebljena je metoda vlažne digestije u zatvorenom sustavu. Uzeto je 1,5 g uzorka i stavljeno u staklene posude u koje je dodana koncentrirana dušična kiselina. Posuda je preko noći ostavljena na sobnoj temperaturi, a drugi dan je stavljena na 80°C kroz 5 sati. Nakon hlađenja uzorcima je dodana deionizirana voda. Koncentracija žive je mjerena u živinom analizatoru AMA 254 (LECO, USA). U cijelom postupku korištene su i slijepe probe (goveđa jetra – 1577b National Institute of Standards and Technology, USA; konjski bubreg – H8 International Atomic Energy Agency, Austria).

Dobiveni podaci obrađeni su računalim programom Statistica 8.0 (StatSoft, Inc., 2009). Raspodjela prikupljenih podataka unutar pojedinih skupina provjerena je Kolmogorov-Smirnovim testom. Značajnost razlika između koncentracija pojedinih teških metala u tkivima različitih vrsta životinja (srna i divlja svinja), po dobnim kategorijama, provjerena je Studentovim T-testom kod pokazatelja koji su slijedili normalnu raspodjelu, tj. Mann-Whitney-evim U-testom, kod pokazatelja koji nisu slijedili normalnu raspodjelu. Za utvrđivanje postojanja statistički značajnih razlika u koncentraciji metala u tkivima unutar jedne vrste životinja (usporedba različitih dobnih kategorija), koristili smo jednosmjernu analizu varijance (One-Way ANOVA uz Unequal n HSD test za post-hoc analizu), kao i Kruskal-Wallisovu analizu varijance. Za sve uzorke izračunata su aritmetička sredina, standardna devijacija, medijan te gornji i donji kvartil.

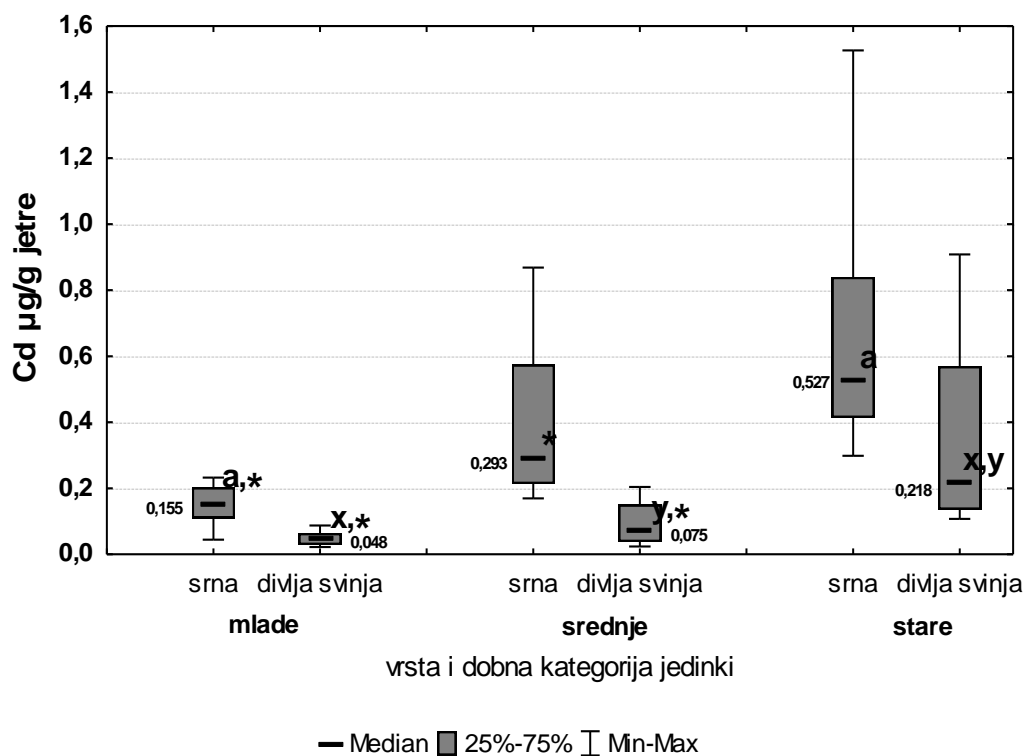
Rezultati

Rezultati su prikazani na 9 slika na kojima su istaknute medijane vrijednosti, donji i gornji kvartili, kao i minimalne i maksimalne vrijednosti različitih dobnih kategorija srna i divljih svinja s područja nizinske Hrvatske.



Slika 2. Medijane koncentracija kadmija ($\mu\text{g/g}$) u mišićnom tkivu tri dobnje kategorije srna i divljih svinja.

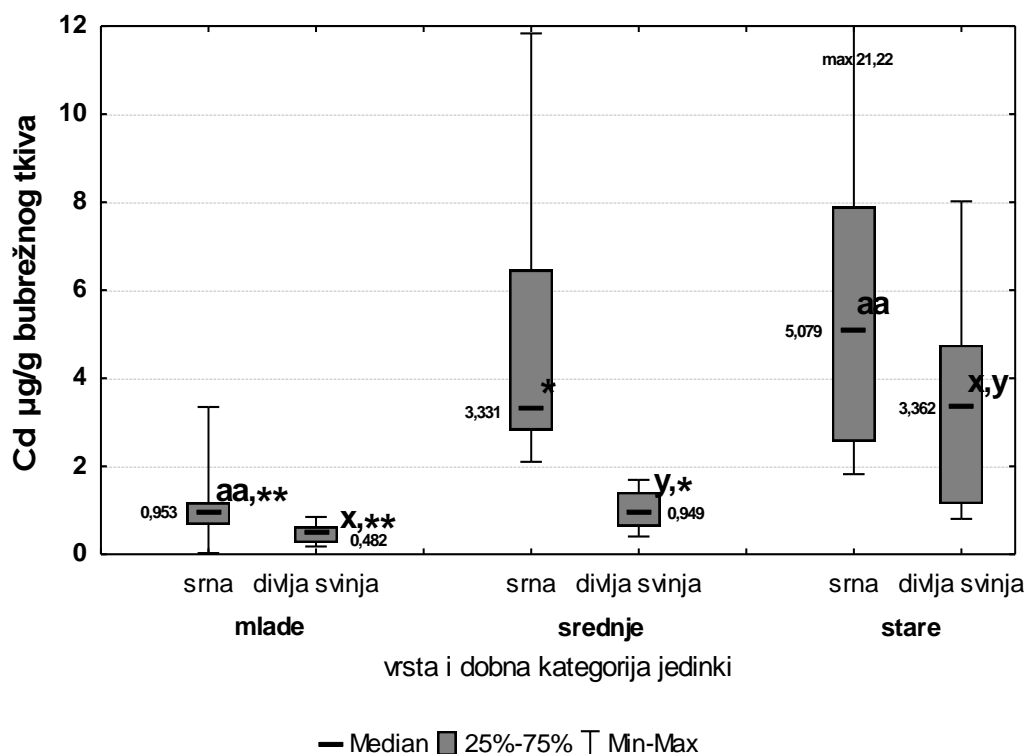
Na slici 2. vidljivo je da koncentracija kadmija u mišićnom tkivu raste s dobi kod obje vrste istraživanih životinja, no taj porast nije statistički značajan. Mlade jedinke obje vrste imaju podjednaku koncentraciju kadmija u mišićju, a srednjedobne i stare srne imaju veću koncentraciju kadmija u mišićju od divljih svinja iste dobnje kategorije, no ta razlika također nije statistički značajna.



a, x i y = statistički značajno na razini $p < 0,01$ između jedinki iste vrste označeno istim slovom;
 * = statistički značajna razlika na razini $p < 0,01$ između jedinki iste dobne kategorije različitih vrste.

Slika 3. Medijane koncentracija kadmija ($\mu\text{g/g}$) u jetrenom tkivu tri dobne kategorije srna i divljih svinja.

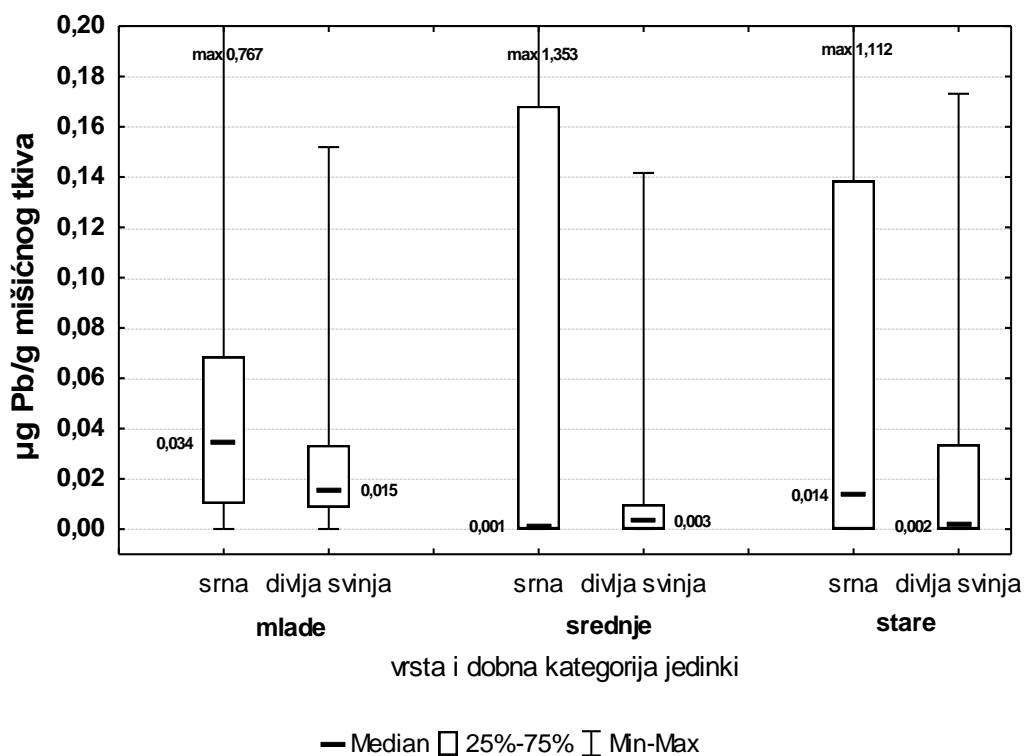
Na slici 3. vidljivo je da koncentracija kadmija u jetri srna i divljih svinja raste s dobi. Statistički značajna razlika ($a, x, y, p < 0,01$) utvrđena je između mladih i starih srna, mladih i starih divljih svinja te između srednjedobnih i starih divljih svinja. Koncentracija kadmija veća je u srna nego u divljih svinja u sve tri dobne kategorije, s time da je ta razlika statistički značajna u mladih srna i divljih svinja te srednjedobnih srna i divljih svinja (* $p < 0,01$).



x i y = statistički značajno na razini $p < 0,01$ između jedinki iste vrste označeno istim slovom;
 aa = statistička značajnost na razini $p < 0,05$ između jedinki iste vrste označene istim slovom;
 * = statistički značajna razlika na razini $p < 0,01$ između jedinki iste dobne kategorije različitih vrste;
 ** = statistički značajna razlika na razini $p < 0,05$ između jedinki iste dobne kategorije različitih vrste.

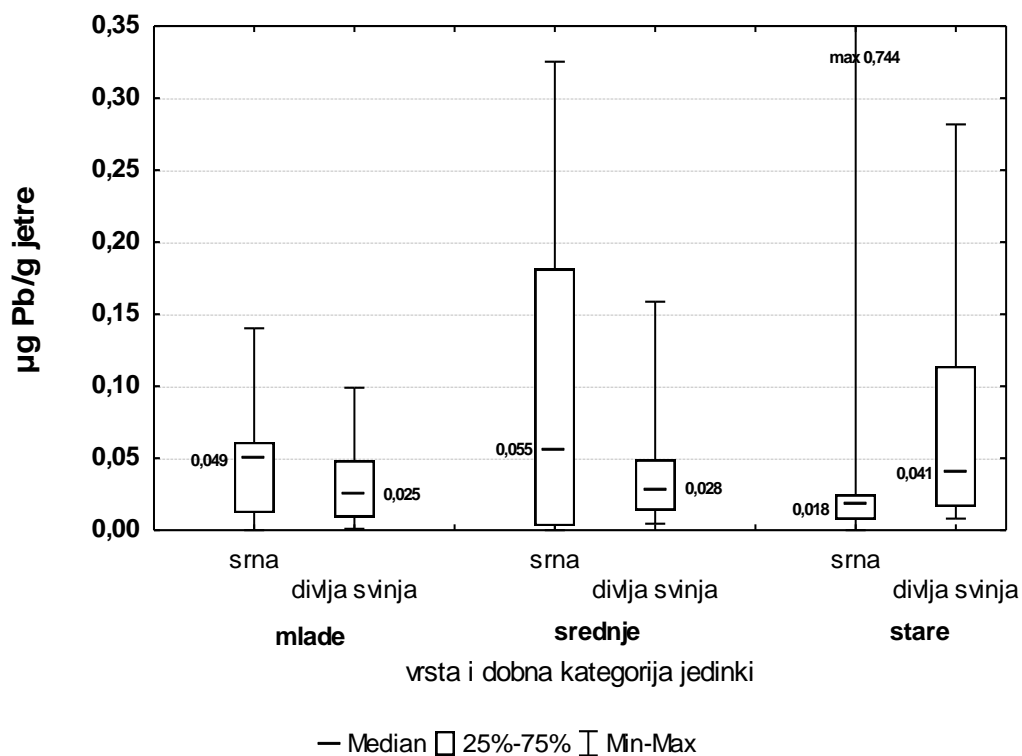
Slika 4. Medijane koncentracija kadmija ($\mu\text{g/g}$) u bubrežom tkivu tri dobne kategorije srna i divljih svinja.

Koncentracija kadmija u bubrežnom tkivu raste s dobi. U srna je utvrđena statistički značajna razlika (^{aa} $p < 0,05$) između mladih i starih jedinki. U divljih svinja, razlika u koncentraciji kadmija je statistički značajna između mladih i starih divljih svinja (^x $p < 0,01$) te srednjedobnih i starih divljih svinja (^y $p < 0,01$). Srne imaju veću koncentraciju kadmija u usporedbi sa divljim svinjama iste dobne kategorije, statistički značajna razlika utvrđena je između mladih srna i divljih svinja (** $p < 0,05$) i srednjedobnih srna i divljih svinja (* $p < 0,01$).



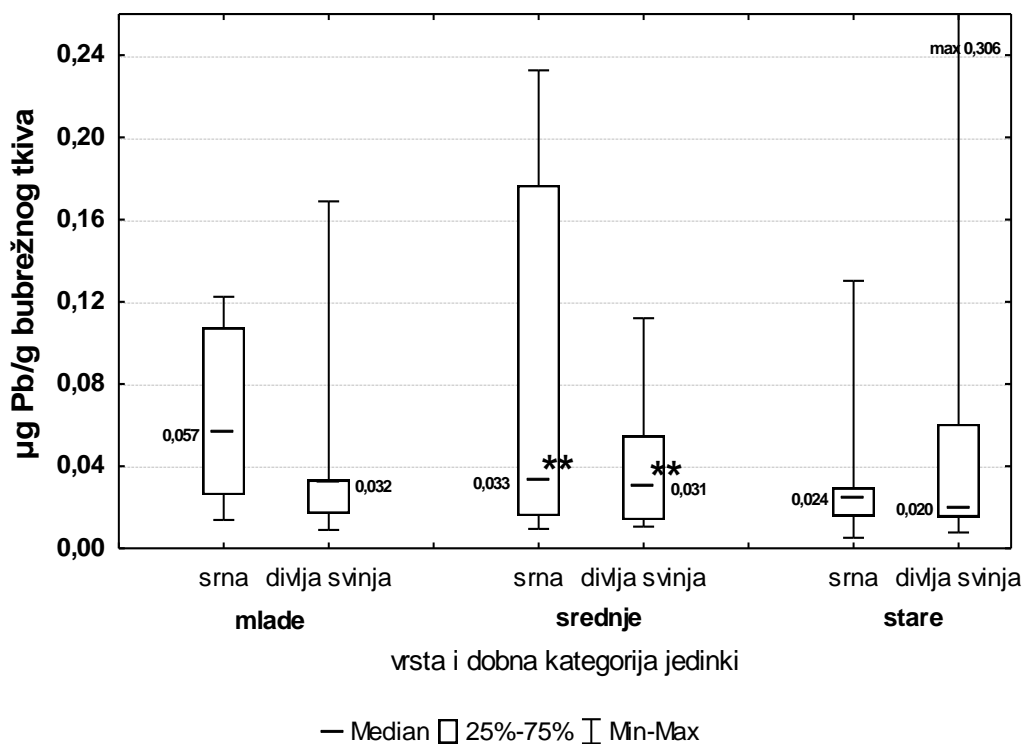
Slika 5. Medijane koncentracija olova ($\mu\text{g/g}$) u mišićnom tkivu tri dobne kategorije srna i divljih svinja.

Koncentracija olova u mišićju najviša je u mladim jedinki obje životinjske vrste. Srednjedobne srne imaju manju količinu olova od starih srna, a srednjedobne divlje svinje imaju podjednaku koncentraciju olova kao i stare divlje svinje. Srne imaju više olova u mišićju u usporedbi sa divljim svinjama iste dobi (osim srednjedobnih srna). Sve navedene razlike nisu statistički značajne.



Slika 6. Medijane koncentracija olova ($\mu\text{g/g}$) u jetrenom tkivu tri dobne kategorije srna i divljih svinja.

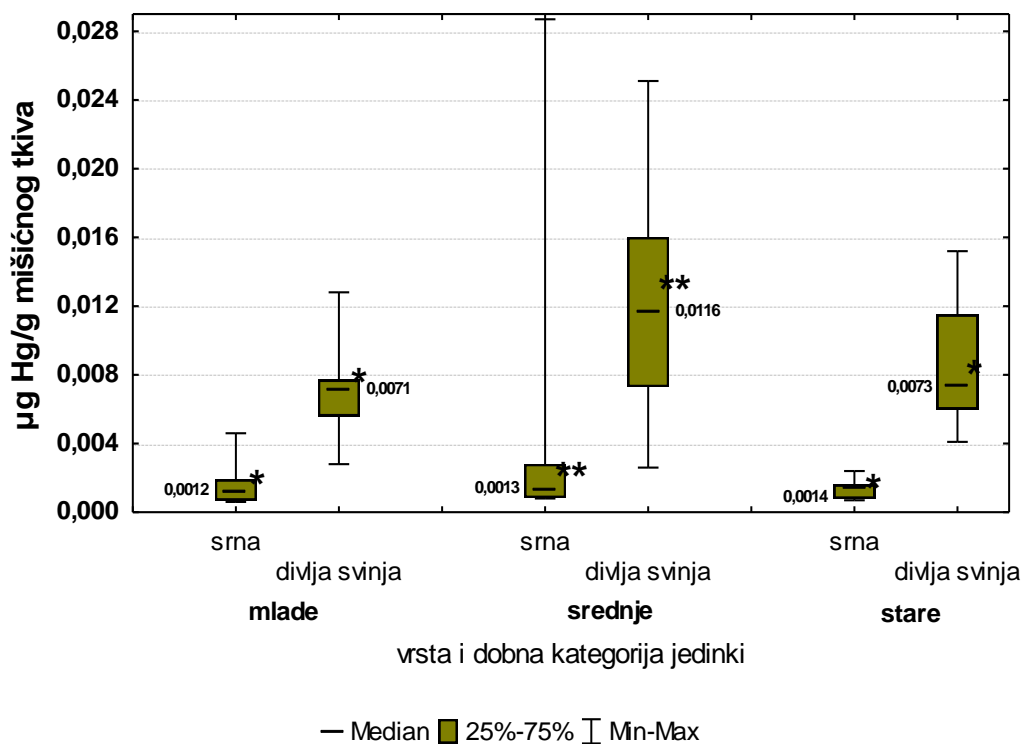
Na slici 6. vidi se da je koncentracija olova u jetri najviša u srednjedobnih srna, neznatno niža u mladim, a najniža u starih srna. U divljih svinja, najvišu koncentraciju imaju stare jedinke, nižu srednjedobne, a najnižu mlade jedinke. Srne u usporedbi sa divljim svinjama iste dobne kategorije ima veću koncentraciju olova u jetri (osim u starih srna). Sve navedene razlike nisu statistički značajne.



** = statistički značajna razlika na razini $p < 0,05$ između jedinki iste dobne kategorije različitih vrste.

Slika 7. Medijane koncentracija žive ($\mu\text{g/g}$) u bubrežnom tkivu tri dobne kategorije srna i divljih svinja.

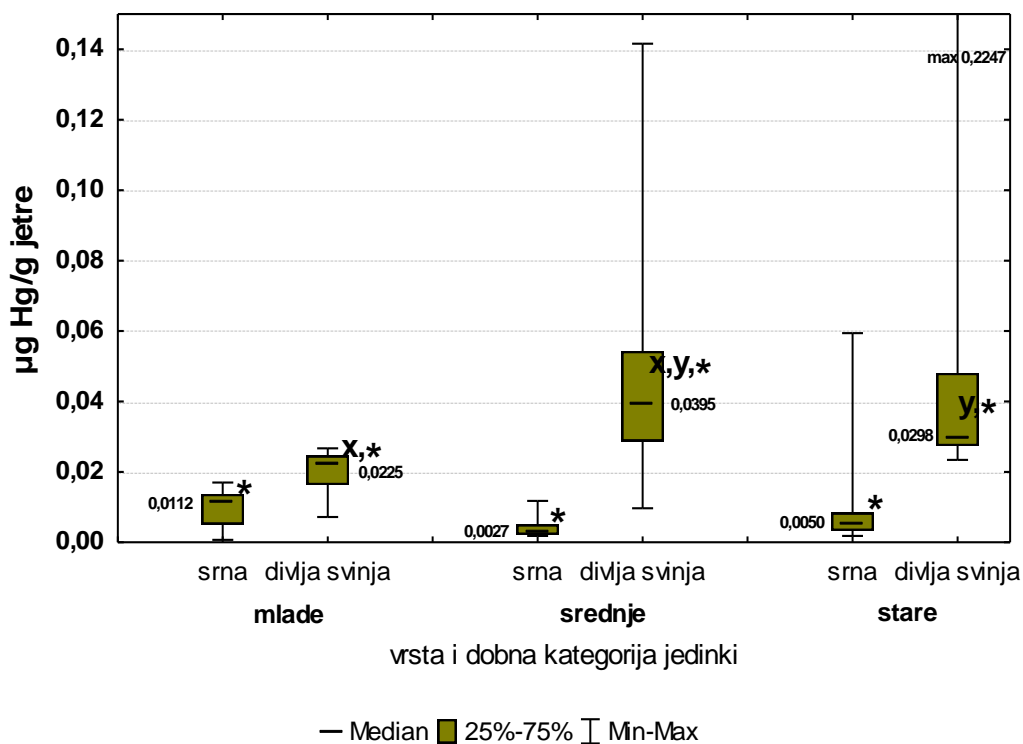
Koncentracija olova u bubrežnom tkivu pada s dobi u srna, no nema statističke značajnosti. U divljih svinja, približno jednaka koncentracija olova utvrđena je u mladim i srednjedobnih jedinka, a niža u starih jedinki, ali ne statistički značajno. Mlade srne imaju veću količinu olova od mladih divljih svinja, stare srne i divlje svinje imaju približno jednaku količinu olova u bubrežnom tkivu, što sve nije statistički značajno. U srednjedobnih srna utvrđena je statistički značajno (** $p < 0,05$) veća količina olova u odnosu na divlje svinje iste dobi.



* = statistički značajna razlika na razini $p < 0,01$ između jedinki iste dobne kategorije različitih vrste;
 ** = statistički značajna razlika na razini $p < 0,05$ između jedinki iste dobne kategorije različitih vrste.

Slika 8. Medijane koncentracija žive ($\mu\text{g/g}$) u mišićnom tkivu tri dobne kategorije srna i divljih svinja.

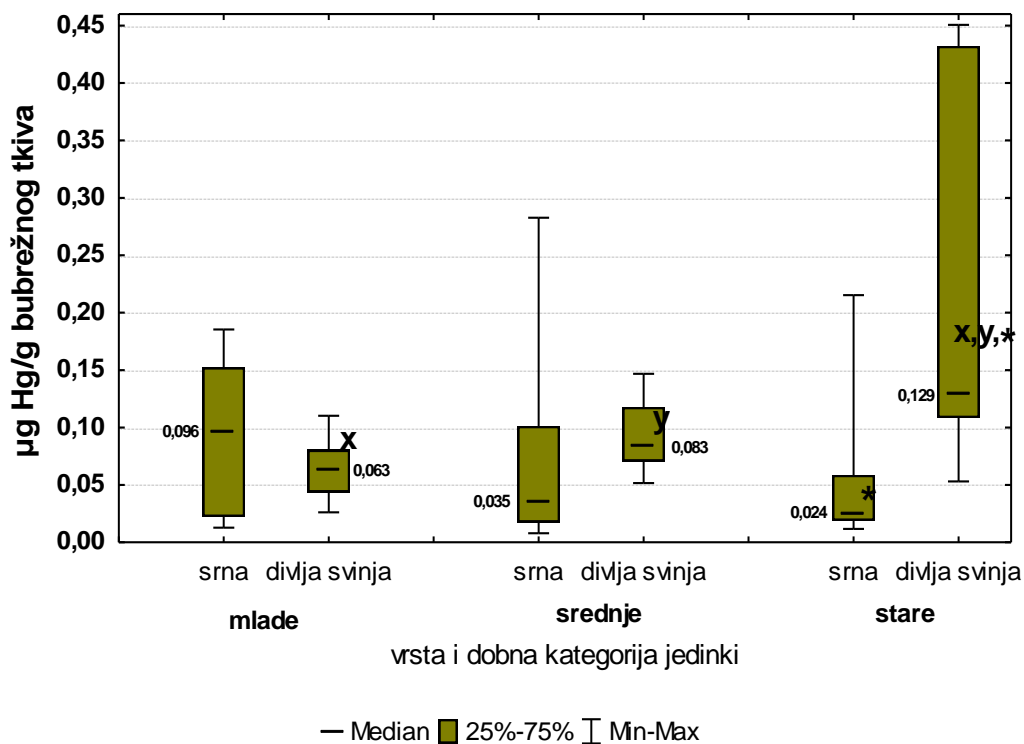
Koncentracija žive u mišićnom tkivu srna neznatno raste sa dobi. U divljih svinja koncentracija žive je viša u srednjedobnih jedinki u odnosu na mlade i stare životinje, razlike nisu statistički značajne. Divlje svinje imaju veću koncentraciju žive u mišićju od srna iste dobne kategorije i razlike su statistički značajne (mlade $*p < 0,01$, srednjedobne $**p < 0,05$, stare $*p < 0,01$).



x i y = statistički značajno na razini $p < 0,01$ između jedinki iste vrste označeno istim slovom;
 * = statistički značajna razlika na razini $p < 0,01$ između jedinki iste dobne kategorije različitih vrste.

Slika 9. Medijane koncentracija žive ($\mu\text{g/g}$) u jetrenom tkivu tri dobne kategorije srna i divljih svinja.

Koncentracija žive u jetri srednjedobnih srna je najniža, slijede stare jединke, a najviša je u mladih srna. Taj porast nije statistički značajan. U divljih svinja, koncentracija žive u jetri raste od mladih prema srednjoj dobnoj kategoriji, a u starijih jedinki ona je između spomenute dvije kategorije. Razlike su statistički značajne ($p < 0,01$) između mladih i srednjedobnih, kao i srednjedobnih i starih jedinki. Srne imaju manju koncentraciju žive u jetri u usporedbi s divljim svinjama iste dobne kategorije i te su razlike statistički značajne (* $p < 0,01$).



x i y = statistički značajno na razini $p < 0,01$ između jedinki iste vrste označeno istim slovom;
 * = statistički značajna razlika na razini $p < 0,01$ između jedinki iste dobne kategorije različitih vrste.

Slika 10. Medijane koncentracija žive ($\mu\text{g/g}$) u bubrežnom tkivu tri dobne kategorije srna i divljih svinja.

U srna koncentracija žive u bubrežima pada sa dobi, no te razlike nisu statistički značajne. U divljih svinja, količina žive raste sa dobi: mlade i srednjedobne divlje svinje imaju statistički značajno nižu koncentraciju žive od starih jedinki ($x, y, p < 0,01$). Divlje svinje imaju više žive u bubregu u usporedbi sa srnama u srednjoj i staroj dobnoj kategoriji, no ta razlika je statistički značajna samo u staroj dobnoj kategoriji (* $p < 0,01$). Mlade srne imaju veću količinu žive u bubregu u usporedbi sa divljim svinjama, ali ta razlika nije statistički značajna.

Rasprava

Kadmij

Dvije su pravilnosti vezane za sadržaj i raspodjelu kadmija u organizmu. Prva je pozitivna korelacija između koncentracije kadmija u tkivima i dobi životinje, što upućuje na činjenicu da su životinje uglavnom kronično izložene ovoj kovini, a druga se odnosi na porast koncentracije kadmija u tkivima slijedećim redoslijedom mišić < jetra < bubreg (slika 2, 3, 4). Obje ove pojave očite su i u našem istraživanju u srna i u divljih svinja. Dobiveni rezultati u suglasju su s nalazima KUITERSA (1996.) i FALANDYSZA I SUR. (2005.) u jelena običnog, POKORNYIJA (2000.), POMPE-GOTAL I PREVENDAR CRNIĆ (2002.) u srna, te WOLKERSA I SUR. (1994.), MEDVEDEVA (1999.) i PISKOROVE I SUR. (2003.) u divljih svinja. Najviša koncentracija kadmija u bubrežnom tkivu istraživanih vrsta posljedica je velikog afiniteta kadmija za to tkivo, u kojem se on odlaže izravno iz krvi i neizravno iz jetre, te sporog izlučivanja (do 30 godina u sisavaca) (COOK I JOHNSON, 1996.). Rezultati našeg istraživanja ukazuju na to da srna ima veću količinu kadmija u tkivima u usporedbi s divljom svinjom iste dobne kategorije. Ovaj nalaz u suglasju je s rezultatima istraživanja WILKE I SUR. (2000.). Vjerojatni uzrok takvog nalaza je u činjenici što su srne čisti biljožderi, za razliku od divljih svinja, a poznato je da zeleni dio biljaka sadrži određenu količinu kadmija koja može biti i značajna u slučaju kad biljka raste na kadmijem kontaminiranom tlu. Kadmij vrlo malo ulazi u zrnje, koje od biljne hrane čini važniji dio ishrane divljih svinja. Koncentracije kadmija u tkivima srna iz našeg istraživanja uglavnom su usporedive sa sličnim istraživanjima u Europi (SANTIAGO I SUR., 1998.; PISKOROVA I SUR., 2003.; REGLARO I SUR., 2009.). Rezultati istraživanja koncentracije kadmija u divljih svinja u Europi većinom su iznad naših vrijednosti (WOLKERS I SUR., 1994.; KUITERS, 1996.; MEDVEDEV, 1999.). Precizne usporedbe vrijednosti kadmija u tkivima životinja nije moguće uvijek pravilno učiniti zbog činjenice što mnogi autori ne razvrstavaju životinje po dobnim kategorijama, što je ključno za interpretaciju rezultata, jer kao što je već navedeno koncentracija kadmija raste s dobi. Zbog relativno malog broja radova koji istražuju prisutnost teških metala u tkivima srna za usporedbu smo koristili radove koji se bave drugim srodnim biljožerima kao što su jelen obični, los i sob.

Olovo

Iako za olovo ne vrijedi pravilo porasta koncentracije u tkivima sa dobi (HECHT, 1983.; KREUZER, 1983.; FRIBERG I SUR., 1986.), kao što je slučaj sa kadmijem, u nekim radovima uočena je pravilnost koju smo utvrdili i u našem istraživanju, a to je da mlađe životinje sadrže veću količinu ove kovine u tkivima od starijih jedinki (slika 5, 6, 7). Na primjer, KUITERS (1996.) je utvrdio da koncentracija olova u jetri i bubregu jelena običnog pada kroz četiri dobne kategorije (<0,5; 0,5-1,5; 1,5-8; >8,0 godina): jetra 0,23; 0,18; 0,14; 0,20 µg/g, bubreg 0,44; 0,28; 0,22; 0,11 µg/g, i u divlje svinje kroz tri dobne kategorije (<0,5; 0,5-1,5; 1,5-8,0 godina): jetra 0,34; 0,23; 0,23 µg/g, bubreg 0,32; 0,25; 0,28 µg/g. Sličan nalaz utvrdio je i WOLKERS I SUR. (1994.) također u jelena

običnog kroz tri dobne kategorije (<0,6; 0,6-1,5; 1,5-5,0 godina): jetra 0,16; 0,12; 0,10 µg/g, bubreg 0,45; 0,31; 0,89 µg/g, te kroz četiri dobne kategorije divljih svinja (<0,6; 0,6-1,5; 1,5-5; >5,0 godina): jetra 0,27; 0,25; 0,23 i 0,22 µg/g, bubreg 0,44; 0,41; 0,33 i 0,28 µg/g. Ovakav viši sadržaj olova u mladim životinja u odnosu na starije jedinke može se objasniti činjenicom što je u mladim životinja potreba za mineralima veća, posebno za kalcijem čija je kinetika usko vezana za olovo.

Suprotnom našim očekivanjima kao i većini literaturnih podataka (WOLKERS I SUR., 1994.; SANTIAGO I SUR., 1998.; REGLARO I SUR., 2009.) koncentracije olova u tkivima srna s područja nizinske Hrvatske bile su više od onih u divljih svinja. Očekivali smo da divlja svinja – svežder, koja svojim načinom hranjenja često bude u kontaktu s tlom kojega i pojede, ima višu koncentraciju olova u tkivima u odnosu na biljoždera srnu. Naime, olovo je prisutno u okolišu, pogotovo u tlu, u znatno višim koncentracijama od kadmija, a osim toga poznato je da, za razliku od kadmija, ima puno manju sposobnost prelaska iz tla u bilje. Treba naglasiti da je u nekoliko uzoraka mišićnog tkiva srna i divljih svinja utvrđena koncentracija olova u nesrazmjeru s njegovom koncentracijom u organima, što upućuje na zaključak da je unatoč izbjegavanju uzorkovanja tkiva koje bi moglo biti zagađeno djelićima zrna metka, ipak došlo do kontaminacije uzorka (max. vrijednosti slika 5, 6, 7).

Koncentracija olova u tkivima divljih svinja s područja nizinske Hrvatske znatno je niža nego u divljih svinja s područja Europe (WALKERS I SUR., 1994.; KUITERS, 1996.; SANTIAGO I SUR., 1998.; MEDVEDEV, 1999.; PISKOROVA I SUR., 2003.; REGLARO I SUR., 2009.). Literaturni podaci o koncentracijama olova u tkivima srna su rijetki, pa tako POKORNY (2000.) navodi 0,11 – 0,71 ppm olova u jetri srna s četiri područja Slovenije što je više od koncentracija olova u jetri naših srna, dok su koncentracije olova u tkivima jelena s područja Europe uglavnom više od srna s područja nizinske Hrvatske (WALKERS I SUR., 1994.; KUITERS, 1996.; SANTIAGO I SUR., 1998.).

Živa

Koncentracije žive u tkivima istraživanih životinja su relativno niske, što je uobičajeno u kopnenih životinja (osim ako se ne radi o ekstremnom zagađenju antropogenog porijekla), a to pogotovo vrijedi za kopnene biljoždere kao što su jeleni (FROSLIE I SUR., 2001.). U vodenim ekosustavima je situacija obrnuta zahvaljujući biometilaciji i biomagnifikaciji žive.

Sadržaj žive u tkivima istraživanih životinja s obzirom na dob ne prati određene pravilnosti koje su ustanovljene u slučaju kadmija i olova (slika 8, 9, 10). No, vidljiva je izrazito viša koncentracija žive u burezima u odnosu na jetru u obje istraživane vrste, što ukazuje na to da se radi o anorganskoj živi, za koju se zna da se izlučuje bubrezima. Ovakav nalaz u skladu je sa većinom podataka za razne vrste jelena i divlju svinju koje citira pregledni rad HOFFMANA I SUR. (2001.).

Za razliku od kadmija i olova, u našem istraživanju divlje svinje uglavnom sadrže značajno više koncentracije žive u tkivima od srna u svim dobnim kategorijama, usprkos činjenici što je prasid u dobi do 6 mjeseci starosti uspoređivana sa lanadi i mladim srnama starim do 2 godine. Razlog tomu može biti što živa koja se nalazi u tlu bude čvrsto vezana i prelazak u bilje je zanemariv. Druga

barijera je vrlo ograničen prelazak žive iz korijena u gornji dio biljke. Iz ovoga se može zaključiti da će divlje svinje koje ruju zemlju i jedu korijenje, gomolje i lukovice koje u organizam unijeti više žive od srna (TAGGART I SUR., 2005.).

Koncentracije žive u jetri i bubregu divljih svinja i srna s područja nizinske Hrvatske uglavnom su usporedive s podacima za ove dvije vrste s područja Europe (FROSLIE I SUR., 2001.). Literaturni podaci u FROSLIE I SUR. (2001.) ne navode koncentracije žive u mišićnom tkivu.

Unatoč činjenici što je u nizinskoj Hrvatskoj olovo prisutno u daleko višoj koncentraciji u tlu (25,3 – 27,0 ppm s/t) u odnosu na kadmij (0,2 ppm s/t) (geološki atlas Hrvatske) istraživane životinje sadrže znatno više koncentracije kadmija u tkivima u odnosu na olovo. Razlog tome je već spomenuta činjenica da se kadmij izlučuje iz organizma vrlo sporo (biološko poluvrijeme eliminacije u sisavaca 10 – 30 godina), dok se olovo u organizmu zadržava kraće (biološko poluvrijeme eliminacije se mjeri u tjednima).

Što se tiče higijenske ispravnosti mišićnog tkiva srna i divljih svinja nisu utvrđene koncentracije istraživanih metala iznad Pravilnikom propisanih, osim spomenuto zagađenje olovom od zrna metka. U jetri je utvrđena koncentracija kadmija iznad onih propisanih Pravilnikom u oko petini uzoraka, dok su olovo i živa bili ispod najviše dopuštene količine (NDK). Većina bubrega obje vrste životinja sadržavala je kadmija i žive iznad NDK.

Zaključci

Zaključci ovoga rada su sljedeći:

1. U istraživanju je utvrđena pozitivna korelacija koncentracije kadmija i dobi životinja, negativna korelacija koncentracija olova i dobi, dok za živu nisu utvrđene takve pravilnosti.
2. Utvrđeno je da su istraživana tkiva srna većinom sadržavala više koncentracije kadmija i olova, dok za živu vrijedi obrnuto.
3. Temeljem dobivenih rezultata moguće je zaključiti da različite hranidbene navike dviju istraživanih vrsta mogu utjecati na sadržaj metala u tkivima.
4. Mišićno tkivo srna i divljih svinja bilo je higijenski ispravno, u jetri je utvrđena koncentracija kadmija iznad NDK u oko petini uzoraka, dok su olovo i živa bili ispod NDK. Većina bubrega obiju vrste životinja sadržavala je kadmija i žive iznad NDK.

Zahvale

Zahvaljujem se doc. dr. sc. Anamariji Ekert Kabalin na pomoći oko statističkog dijela rada.

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Emilu Srebočanu i doc. dr. sc. Andreji Prevendar Crnić na stručnom vodstvu i svesrdnoj pomoći.

Zahvaljujem se Jurju Huberu za veliku pomoć oko tehničke obrade rada te na pomoći oko lektorskog dijela pisanja ovog rada.

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Željku Andreiću na pomoći oko lektorskog dijela pisanja ovog rada.

Popis literature

- ADAMIČ, M. (1990): Food habits as an element of the management of ungulate populations with the emphasis on the red deer (*Cervus elaphus* L.). Ljubljana: IGLG, 203 pp.
- BEYER, W. N., G. F. FRIES (2003): Toxicological significance of soil ingestion by wild and domestic animals. U: Handbook of Ecotoxicology. Ur.: D. J. Beyer, B. A. Rattner, G. A. Burton, J. Cairns. Lewis CRC, Boca Raton, FL, USA, 151-166.
- BEYER, W. N., G. GASTON, R. BRAZZLE, A. F. O'CONNEL, D. J. AUDET (2007): Deer exposed to exceptionally high concentrations of lead near the Continental Mine in Idaho, USA. Environ. Tox. Chem. 26, 1040-1046.
- COOK J.A., M. S. JOHNSON (1996): Cadmium in small mammals, 377-388. U: Environmental Contaminants in Wildlife. Ur.: W. N. Beyer, G. H. Heinz., A.W. Redmond-Norwood. Interpreting tissue concentrations. Lewis Publisher, Boca Raton, 494 pp.
- FALANDYSZ, J., K. SZYMCZYK-KOBRZYŃSKA, A. BRZOSTOWSKI, K. ZALEWSKI, A. ZASADOWSKI (2005): Concentration of heavy metals in the tissue of red deer (*Cervus elaphus*) from the region of Warmia and Mazury, Poland. Food Addit. Contam. 22, 141-149.
- FRIBERG, L., M. PISCATOR, G. F. NORDBERG, T. KJELLSTRÖM (1974): Cadmium in the environment. Ur.: CRC Press. Cleveland. 248 pp.
- FRIBERG, L., G. F. NORDBERG, V. B. VOUK (1986): Handbook on toxicology of metals. Amsterdam: Elsevier. 704
- FRIMMER, M. (1986): Pharmakologie und Toxikologie. 3. izdanje Stuttgart: Schattauer. 432 pp.
- FROSLIE, A., T. SILVERTSEN, R. LOCHMILLER (2001): Perissodactyla and Artiodactyla. U: Ecotoxicology of Wild Mammals. Ur.: R. F. Shore, B. A. Rattner. John Wiley & sons, Ltd., 497-550.
- GEOLOŠKI INSTITUT HRVATSKE (2010): Geološki atlas Hrvatske. U tisku.
- GNAMUŠ, A., A. R. BYRNE, M. HORVAT (2000): Mercury in the soil-plant-deer-predator food chain of a temperate forest in Slovenia. Environ. Sci. Tech. 34, 3337-3345.
- HAPKE, H. J. (1988): Toxikologie für Veterinärmediziner. Ferdinand Enke Verlag. Stuttgart. 259 pp.
- HECHT, H. (1983): Toxische Schwermetalle in Fleisch und Innereien verschiedener Tierarten. Fleischwirtsch. 63, 544-558.
- HOFFMAN, D. J., A. R. BARNETT, I. SCHEUNERT, F. KORTE (2001): Environmental Contaminants. U: Ecotoxicology of Wild Mammals. Ur.: R. F. Shore, B. A. Rattner. John Wiley & sons, Ltd., 1-48.
- KREUZER, W. (1983): Schwermetallgehalte in Fleisch und Organen von Schlachttieren in Abhängigkeit von verschiedenen endogenen Faktoren. Dt. Tierärztl. Wschr. 90, 233-234.
- KUITERS, A. T. (1996): Accumulation of cadmium and lead in red deer and wild boar at the Veewue, the Netherlands. Vet. Quart. 18, 134-135.

- LU, F. C. (1991): Basic Toxicology: Fundamentals, Target Organs, and Risk Assessment. Ur.: Taylor and Francis. New York. 248 pp.
- MA, W. C., W. DENNEMAN, J. FABER (1991): Hazardous exposure of ground living small mammals to cadmium and lead in contaminated terrestrial ecosystems. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 20, 266-270.
- MASSÁNYI, P., R. TOMAN, V. UHRIN, P. RENON (1995): Distribution of cadmium in selected organs of rabbits after an acute and chronic administration. Ital. J. Food Sci. 7, 311-316.
- MASSÁNYI, P., V. UHRIN (1996): Histological changes in the ovaries of rabbits after an administration of cadmium. J. Environ. Sci. Health A32, 1446-1459.
- MEDVEDEV, N. (1999): Levels of heavy metals in Karelian wildlife, 1989-91. Environ. Mon. Asses. 56, 177-193.
- OHNESORGE, F. K. (1985): Toxikologische Bewertung von Arsen, Blei, Cadmium, Nickel, Thallium und Zink. Fortschrittsber. VDI Reihe 15: Umwelttechnik 38.
- PISKOROVA, L., Z. VASILKOVA, I. KRUPICER (2003): Heavy metal residues in tissues of wild boar (*Sus scrofa*) and red fox (*Vulpes vulpes*) in the Central Zemplin region of the Slovak Republic. Czech J. Anim. Sci. 48, 134-138.
- POKORNY, B. (2000): Roe deer (*Capreolus capreolus*) as an accumulative bioindicator of heavy metals in Slovenia. Web Ecol. 1, 54-62.
- POKORNY, B., S. AL SAYEGH-PETKOVŠEK, C. RIBARIČ-LASNIK, J. VRTAČNIK, D. Z. DOGANOC, M. ADAMIČ (2004): Fungi ingestion as an important factor influencing heavy metal intake in roe deer: evidence from faeces. Sci. Total Environ. 324, 223-234.
- POMPE-GOTAL, J., A. PREVENDAR-CRNIĆ (2002): Cadmium in tissue of roe deer (*Capreolus capreolus*) in Croatia. Vet. arhiv 72, 303-310.
- Pravilnik o toksinima, metalima, metaloidima te drugim štetnim tvarima koje se mogu nalaziti u hrani. NN, 16/2005.
- REGLARO, M.M., M.A. TAGGART, L. MONSALVE-GONZALEZ, R. MATEO (2009): Heavy metal exposure in large game from lead mining area: Effects of oxidative stress and fatty acid composition in liver. Environ. Poll. 157, 1388-1395.
- SANTIAGO D., M. MOTAS-GUZMAN, A REJA., P. MARIA-MOJICA, B. RODERO, A.J. GARCIA-FERNANDEZ (1998): Lead and cadmium in red deer and wild boar from Sierra Morena Mountains (Andalusia, Spain). Bull. Environ. Contam. Toxicol. 61, 730-737.
- STRANDBERG, M., H. KNUDSEN (1994): Mushroom spores and ¹³⁷Cs in faeces of the roe deer. Environ. Radioact. 23, 189-203.
- TAGGART, M. A., M. CHARLISLE, D. J. PAIN, R. WILLIAMS, D. GREEN, D. OSBORN, A. A. MEHARG (2005): Arsenic levels in the soils and macrophytes of the 'Entremuros' after Aznalcóllar mine spill. Environ. Poll. 133, 129-138.

- TATARUCH, F. (1994): Die Cadmium Kontamination der Wildtiere. Allg. Forstzeitsch. Waldwirt. Umweltvors. 21, 528-530.
- TIXIER, H., P. DUNCAN (1996): Are European roe deer browsers? A review of variations in the composition of their diets. Rev. d'Ecol. 51, 3-17.
- TOMAN, R., P. MASSÁNYI (1996): Cadmium in selected organs of fallow-deer (*Dama dama*), sheep (*Ovis aries*), brown hare (*Lepus europaeus*) and rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in Slovakia. J. Environ. Sci. Health. A32, 1043-1051.
- TOMAN, R., P. MASSÁNYI, N. LUKÁČ, L. DUCSAY, J. GOLIAN (2005): Fertility and content of cadmium intake in drinking water. Ecotox. Environ. Safety 62, 112-117.
- WAGENKNECHT E. (1984): Alters bestimmung des erlegten Wildes. J. Neumann-Neudamm GmbH & Co.Kg., Melsungen, Germany.
- WILKE VON, K., K. POHLMAYER, H. LOTTHAMMER, K. H. LOTTHAMMER (2000): Konzentrationen von Blei und Cadmium beim Schalenwild in autobahnnahen Revieren im Raum Gudow, Schleswig-Holstein. Z. Jagdwiss. 46, 31-44.
- WOLKERS, H., T. WENSING, W.T.A. GEERT, G. BRUINDERINK (1994): Heavy metal contamination in organs in red deer (*Cervus elaphus*) and wild boar (*sus scrofa*) and the effect on some trace elements. Sci. Total Environ. 144, 191-199.
- WOODRATSCHEK, I., U. RÖDER (1993.): Monitoring of heavy metals in soils by higher fungi. U: Plants as biomonitors: Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Environment. Ur.: B. Merkert. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 345-363.
- ZARSKI, T.P., DEBSKI, B., ROKICKI, E., SAMEK, M., VALKA, J., BESEDA, I. (1995): Free living animals as bioindicators of mercury pollution. Ekologia; Vol. 14, No. 2, pp. 113-117.

Koncentracija kadmija, olova i žive u tkivima srne (*Capreolus capreolus* L.) i divlje svinje (*Sus scrofa* L.) iz nizinske Hrvatske

Doroteja Andreić

Sažetak

U radu su istražene koncentracije kadmija, olova i žive u tkivima (mišić, jetra, bubreg) srna i divljih svinja tri dobne kategorije s područja nizinske Hrvatske. Koncentracija kadmija u istraživanim tkivima raste sa dobi u obje vrste, najviša je u bubrezima, a srne su zagađenije od divljih svinja. Koncentracija olova viša je u mladim životinjama u odnosu na starije obje vrste, suprotno očekivanju srne su sadržavale uglavnom više koncentracije u odnosu na divlje svinje. Koncentracije žive u tkivima istraživanih životinja su relativno niske, a s obzirom na dob nisu uočene pravilnosti koje su ustanovljene u slučaju kadmija i olova. Vidljiva je izrazito viša koncentracija žive u bubrezima u odnosu na jetru u obje istraživane vrste. Divlje svinje uglavnom su sadržavale značajno više koncentracije žive u tkivima od srna u svim dobnim kategorijama. Dobiveni rezultati koncentracije kadmija i žive u obje vrste divljači s područja nizinske Hrvatske usporedivi su sa istima iz Europskih zemalja, dok smo u slučaju olova utvrdili znatno niže koncentracije u divljih svinja, odnosno više koncentracije u srna od onih iz Europskih zemalja. S aspekta higijenske ispravnosti animalnih namirnica mišićna tkiva srna i divljih svinja bila su higijenski ispravna, tj. nisu sadržavala koncentracije istraživanih metala iznad Pravilnikom propisanih. U jetri je utvrđena koncentracija kadmija iznad onih propisanih Pravilnikom u oko petini uzoraka, dok su olovo i živa bili ispod najviše dopuštene količine (NDK). Većina bubrega obje vrste životinja sadržavala je kadmija i žive iznad NDK.

Ključne riječi: srna, divlja svinja, kadmij, olovo, živa.

Cadmium, lead and mercury concentration in tissues of roe deer (*Capreolus capreolus L.*) and wild boar (*Sus scrofa L.*) from lowland Croatia

Doroteja Andreić

Faculty of Veterinary Medicine, University of Zagreb

Summary

We describe investigation of cadmium, lead and mercury concentration in roe deer and wild boar tissues (muscle, liver, kidney) of three different age groups from lowland Croatia. Cadmium concentration in examined tissues rises with age in both species; it is highest in kidney, and concentrations observed in roe deer are higher than in wild boar. Lead concentration is higher in younger animals in comparison to both older groups. Contrary to expectations, roe deer had mostly higher lead concentration in tissue than wild boar. Mercury concentration in tissue of examined animals were relatively low and no correlation to age was found (unlike in the case of cadmium and lead). However, mercury concentration is higher in kidney than in liver for both species. Wild boar had significantly higher mercury concentration in tissue than roe deer in all age groups. Results of cadmium and mercury concentration in both species from lowland Croatia are comparable to results of similar studies in European countries, while lead concentration is lower in wild boar and higher in roe deer tissue than in the same species from European countries. From the hygienic point of view muscle samples from roe deer and wild boar were edible because concentrations of the investigated metals did not exceed values prescribed by the official regulations. However, cadmium concentration in liver exceeded prescribed values in one fifth of all samples while lead and mercury concentrations were lower than allowed concentrations. Most kidney samples from both animal species contained cadmium and mercury above recommended concentrations.

Key words: roe deer, wild boar, cadmium, lead, mercury.