

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
VETERINARSKI FAKULTET**

**Mr. sc. Hrvoje Lucić, dr. vet. med.**

**DOBNE I SPOLNE RAZLIKE U MINERALNOJ GUSTOĆI  
NADLAKTIČNE KOSTI I PODLAKTIČNIH KOSTIJU  
DOBROG DUPINA (*Tursiops truncatus*) I  
PLAVOBIJELOG DUPINA (*Stenella coeruleoalba*)  
IZ JADRANSKOG MORA**

**Disertacija**

**Zagreb, 2006.**

Disertacija je izrađena u  
Zavodu za anatomiju, histologiju i embriologiju  
Veterinarskog fakulteta  
Sveučilišta u Zagrebu,  
Predstojnik zavoda: Prof. dr. sc. Damir Mihelić,  
pod stručnim vodstvom  
Prof. dr. sc. Snježane Vuković  
u sklopu znanstveno-istraživačkog projekta  
„Zdravstvene i ostale biološke osobitosti sisavaca Jadranskog mora”,  
(voditelj projekta: Prof dr. sc. Hrvoje Gomerčić,  
broj projekta: 0053317)  
Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa  
Republike Hrvatske  
te uz financijsku pomoć  
„Gesellschaft zur Rettung der Delphine”, München.

Rad ima 131 stranicu sa 43 slike, 32 tablice, 136 literaturnih navoda i pisan je na  
hrvatskom jeziku.

Zahvaljujem mentorici, prof. dr. sc. Snježani Vuković, na vođenju kroz ovo istraživanje, te stručnoj i osobnoj podršci koju mi je pružila. Također zahvaljujem prof. dr. sc. Hrvoju Gomerčiću, voditelju znanstveno-istraživačkog projekta u čijem je sastavu izrađena ova disertacija, kao i svim suradnicima projekta. Prof. dr. sc. Slobodanu Vukičeviću, voditelju laboratorija za mineralizirana tkiva Medicinskog fakulteta u Zagrebu, zahvalan sam što mi je omogućio da naučim izvedbu osteodenzitometrijske metode te obavim potrebna mjerenja. Također zahvaljujem svim djelatnicima spomenutog laboratorija na ljubaznosti i pomoći koju su mi pružili, a posebno dr. sc. Petri Šimić i dr. sc. Jasminki Buljan-Culej. Posebno zahvaljujem dr. sc. Zoranu Pišlu, znanstvenom suradniku Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu, na pomoći u statističkoj obradi podataka. Prof. dr. sc. Mensuru Šehiću iz Klinike za rendgenologiju, fizikalnu terapiju i ultrazvučnu dijagnostiku Veterinarskog fakulteta u Zagrebu, zahvaljujem na stručnim uputama tijekom istraživanja i vrijednim prijedlozima tijekom ispravaka napisanog rada. Na prijedlozima tijekom postupka pripreme disertacije za stručnu ocjenu, zahvaljujem i prof. dr. sc. Gordani Lacković-Venturin iz Zoologijskog zavoda Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu.

Posebno zahvaljujem prof. dr. sc. Vesni Gjurčević-Kantura koja me, kao predstojnica Zavoda za anatomiju, histologiju i embriologiju, oslobodila brojnih obveza i dužnosti u vrijeme izrade disertacije. Svim djelatnicima Zavoda zahvaljujem na podršci i pomoći, a posebno mr. sc. Darinki Škrtić na pripremi koštanih preparata, te mr. Snježani Ćurković na pripremi histoloških preparata zubi dupina korištenih u ovom istraživanju. Mr. sc. Tajani Trbojević-Vukičević zahvaljujem na podršci i razmjeni iskustava tijekom istovremene izrade naših disertacija.

Na podršci u svemu što činim, zahvaljujem roditeljima i sestri. Moj motiv je moja obitelj, supruga Andreja i moja djeca, Margareta i Ivor.

**SADRŽAJ**

1. UVOD I SVRHA ISTRAŽIVANJA	1
1.1. Taksonomija morskih sisavaca	4
2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	7
2.1. Biologija dobrog dupina	7
2.2. Biologija plavobijelog dupina	8
2.3. Građa kosti u sisavaca	10
2.3.1. Makrostruktura kosti sisavaca	11
2.3.1. Mikrostruktura kosti sisavaca	13
2.3.2. Rast i pregradnja kosti	15
2.4. Osobitosti koštanog sustava kitova	16
2.4.1. Kosti osovinskog skeleta kitova	16
2.4.2. Kosti privjesnog skeleta kitova	19
2.4.3. Građa kosti kitova	20
2.4.4. Osobitosti u građi nadlaktične i podlaktičnih kostiju kitova	21
2.5. Mineralna gustoća kosti	24
2.5.1. Utjecaj dobi i spola na mineralnu gustoću kosti	25
2.5.2. Utjecaj unutarnjih i vanjskih činitelja na mineralnu gustoću kosti	28
2.5.3. Metode za mjerenje mineralne gustoće kosti	30
2.5.4. Mjerenje mineralne gustoće kosti na životinjama	32
3. MATERIJAL I METODE	35
3.1. Životinje	34
3.1.1. Dobri dupini ( <i>Tursiops truncatus</i> ) muškog spola	34
3.1.2. Dobri dupini ( <i>Tursiops truncatus</i> ) ženskog spola	38
3.1.3. Plavobijeli dupini ( <i>Stenella coeruleoalba</i> ) muškog spola	42
3.1.4. Plavobijeli dupini ( <i>Stenella coeruleoalba</i> ) ženskog spola	44
3.2. Uzimanje uzoraka i metode obrade	46
3.2.1. Vanjske tjelesne mjere	46
3.2.2. Određivanje dobi životinje	47
3.2.3. Mjerenje mineralne gustoće kosti dupina <i>ex vivo</i>	49
3.2.4. Statistička obrada podataka	53
4. REZULTATI	55
4.1. Vanjske tjelesne mjere istraženih životinja	54
4.1.1. Vanjske tjelesne mjere dobrih dupina	54
4.1.1.1. Vanjske tjelesne mjere dobrih dupina muškog spola	54
4.1.1.1.1. Ukupna dužina tijela dobrih dupina muškog spola	54
4.1.1.1.2. Vanjske mjere prsne peraje u dobrih dupina muškog spola	55

4.1.1.2. Vanjske tjelesne mjere dobrih dupina ženskog spola_____	56
4.1.1.2.1. Ukupna dužina tijela dobrih dupina ženskog spola_____	56
4.1.1.2.2. Vanjske mjere prsne peraje u dobrih dupina ženskog spola_____	57
4.1.2. Vanjske mjere plavobijelih dupina_____	58
4.1.2.1. Vanjske tjelesne mjere plavobijelih dupina muškog spola_____	58
4.1.2.1.1. Ukupna dužina tijela plavobijelih dupina muškog spola_____	58
4.1.2.1.2. Vanjske mjere prsne peraje u plavobijelih dupina muškog spola_____	58
4.1.2.2. Vanjske tjelesne mjere plavobijelih dupina ženskog spola_____	59
4.1.2.2.1. Ukupna dužina tijela plavobijelih dupina ženskog spola_____	59
4.1.2.2.2. Vanjske mjere prsne peraje u plavobijelih dupina ženskog spola_____	59
4.2. Dob istraženih životinja_____	60
4.2.1. Dob dobrih dupina _____	60
4.2.1.1. Dob dobrih dupina muškog spola_____	60
4.2.1.2. Dob dobrih dupina ženskog spola_____	61
4.2.2. Dob plavobijelih dupina _____	62
4.2.2.1. Dob plavobijelih dupina muškog spola_____	62
4.2.2.2. Dob plavobijelih dupina ženskog spola_____	62
4.3. Mineralna gustoća kosti istraženih životinja_____	63
4.3.1. Mineralna gustoća kosti dobrih dupina dobivena PSS analizom_____	63
4.3.1.1. Mineralna gustoća kosti dobrih dupina muškog spola_____	64
4.3.1.2. Mineralna gustoća kosti dobrih dupina ženskog spola_____	65
4.3.2. Mineralna gustoća kosti dobrih dupina dobivena RWB analizom_____	66
4.3.1. Mineralna gustoća kosti plavobijelih dupina dobivena PSS analizom_____	67
4.3.1.1. Mineralna gustoća kosti plavobijelih dupina muškog spola_____	67
4.3.1.2. Mineralna gustoća kosti plavobijelih dupina ženskog spola_____	67
4.4. Statistička obrada podataka_____	68
4.4.1. Razlike osnovnih deskriptivnih statističkih vrijednosti prema vrsti životinje_____	68
4.4.2. Razlike osnovnih deskriptivnih statističkih vrijednosti prema spolu životinje_____	72
4.4.3. Korelacijska analiza svih varijabli_____	77
4.4.3.1. Jednostavne linearne korelacije unutar skupine dobrih dupina_____	78
4.4.3.2. Trodimenzionalne korelacije unutar skupine dobrih dupina_____	85
4.4.4. Multivarijatne analize varijabli istraženih životinja_____	89
4.4.4.1. Kanonička analiza_____	89
4.4.4.2. Faktorska analiza_____	90
4.4.4.3. Regresijska analiza_____	91
4.4.4.3.1. Višestruka (multipla) regresija_____	91
4.4.4.3.2. Procjena dobi dobrih dupina osteodenzitometrijskom metodom_____	94

5. RAZMATRANJE	98
5.1. Primjena metoda mjerenja mineralne gustoće kosti na dupinima	97
5.2. Povezanost bioloških parametara s mineralnom gustoćom kosti	99
5.3. Primjena mjerenja mineralne gustoće kosti u određivanju dobi dupina	104
6. ZAKLJUČCI	109
7. POPIS LITERATURE	111
8. SAŽETAK	128
9. SUMMARY	129
10. ŽIVOTOPIS	130

Kitovi (Cetacea) ubrajaju se u ugrožene životinje, a pojedine vrste i među najugroženije životinjske vrste uopće. Dugi niz godina prati se značajan smjer opadanja brojnosti jedinki u populacijama gotovo svih vrsta ovoga reda te mijenjanja zoogeografske rasprostranjenosti pojedinih vrsta. Primjer toga je i Jadransko more u kome je danas stalno prisutna samo jedna vrsta kitova, dobri dupin, *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821.) čija se brojnost procjenjuje na oko 220 jedinki (GOMERČIĆ i sur., 1998.) iako je ranije tih vrsta bilo više. Sve ostale vrste pronađene u Jadranskom moru ondje samo povremeno borave, a među njima je i plavobijeli dupin, *Stenella coeruleoalba*, (Meyen 1833.) (GOMERČIĆ, i sur., 1994.). Zaštita svih vrsta kitova u Republici Hrvatskoj pravno je uređena Zakonom o zaštiti prirode (Narodne novine, 30/1994, 162/2003), Pravilnikom o zaštiti pojedinih vrsta sisavaca (Mammalia) (Narodne novine, 31/1995) te odgovarajućim međunarodnim sporazumima. S ciljem zaštite i održanja u osjetljivom sustavu prirode, biologija kitova danas je predmet brojnih, sada već multidisciplinarnih znanstvenih istraživanja prirodnih i biomedicinskih znanosti. Procjena starosti jedinke jedan je od najvažnijih bioloških pokazatelja kako u smislu populacijske biologije tako i u smislu biomedicine.

Morfologija dupina je rezultat filogeneze tijekom koje su ove životinje preživjele mnoge promjene u građi tijela čime su se krajnje prilagodile životu u potpunom akvatičkom okruženju. Pri tome su zadržale osnovne osobine kopnenih sisavaca kao što su viviparnost, dojenje, homeotermija i disanje plućima. Znatne promjene su se dogodile u obliku tijela i lokomociji. Osnovni oblik svih vrsta kitova je vretenast, hidrodinamičan, na vrhu repa formirala se vodoravna, široka i spljoštena repna peraja pa je rep postao glavni lokomocijski organ tijela. Parne prsne peraje imaju istu osnovnu koštanu podiobu kao grudni ekstremitet kopnenih sisavaca, a zdjelični ud je potpuno nestao osim malenog, parnog ostatka zdjeličnih kostiju koji nije uzglobljen s kralježnicom i drugim kostima i u potpunosti je ukljopljen u mišićje. Embriionalno se pojavljuju osnove za stražnje ekstremitete, ali one tijekom kasnijeg razvoja nestanu (SUMICH, 1992.). Kosti grudnog uda u kitova nemaju medularnu šupljinu i kost je trabekularne građe sa reduciranom kompaktom. Tijekom razvoja i rasta nadlaktične kosti primarno se subperiostalno stvara kompakta, ali stvoreno tkivo uskoro podliježe eroziji i pretvara se u trabekularno koštano

tkivo. Taj proces počinje brzo nakon rođenja i nastavlja se tijekom života jedinke, a utvrđena je jaka korelacija ovog procesa sa povećanjem i rastom dijafize kosti (DEBUFFRENIL i SCHOEVAERT, 1988.). Obzirom na svoju građu možemo pretpostaviti da nadlaktična i podlaktične kosti u kitova morfo-funkcionalno, pa i svojim fizikalnim osobinama, odgovaraju trabekularnom (spongioznom) tipu koštanog tkiva.

Standardna metoda za određivanje dobi dupina temelji se na broju slojeva zubnog dentina kao godišnjih zona rasta zuba koje su vidljive nakon demineralizacije i histološkog bojenja zuba (MYRICK i CORNELL, 1990.; MOLINA i OPORTO, 1993.). Nažalost, ta metoda nije primjenjiva kod svih vrsta kitova zubana, a nakon 13 do 14 godina slojevi dentina se smještaju vrlo blizu starijim slojevima. Osim te primjenjuju se i neke druge metode za utvrđivanje dobi životinje, ali uglavnom kao pomoćne metode. Kao pokazatelj tjelesnog razvoja dupina opisan je i razvoj prsne peraje (CALZADA i AGUILAR, 1996.) gdje je praćeno spajanje epifiza i dijafiza na kostima koje se može pratiti radiološki te temeljem razvoja kosti pretpostaviti starost životinje. Jednako tako, opisana je procjena starosti ženskih životinja temeljem brojanja vezivnotkivnih zaraslica na površini jajnika kao pokazatelja broja ovulacija koje je ženka imala tijekom života (COCKROFT i ROSS, 1989.). Mineralna gustoća kao pokazatelj starosti životinje istraživana je na kostima grudog uda malog broja plavobijelih dupina te je time otvorena mogućnost za dalja istraživanja u smislu primjene te metode za određivanje starosti dupina (GUGLIELMINI i sur., 2002.).

Mjerenje mineralne gustoće kosti (BMD, od engl *bone mineral density*) danas je u širokoj kliničkoj i eksperimentalnoj upotrebi. Od više standardiziranih metoda mjerenja, temeljenih na različitim fizikalnim principima, najviše se primjenjuje tzv. DEXA (od engl. *dual energy rendgenskih ray absorptiometry*) denzitometrijska metoda koja se zasniva na fizikalnim svojstvima dvostrukih rendgenskih zraka različite energije koje se absorbiraju u tkivima različite gustoće. Predstavlja jednu od metoda kvantitativne radiologije kostura odnosno objektivne kvantitativne analize rentgenske slike (ŠEHIĆ, 2000.). Mjerenjem mineralne gustoće kosti kvantitativno se utvđuje promjena u mineralnom sadržaju kosti, njegov gubitak ili povećanje različite etiologije. U humanoj medicini mjerenje mineralne gustoće kosti rutinski se primjenjuje u dijagnostici različitih osteopenija, a najviše u dijagnostici osteoporoze žena postmenopauzalne dobi. Gustoća kosti je direktno povezana



sa rizikom od prijeloma jer se njenim smanjenjem taj rizik povećava. U veterinarskoj medicini mjerenje gustoće kosti više je na eksperimentalnoj razini, izuzimajući različite životinjske modele za istraživanje osteoporoze ljudi u prvom redu štakora i majmuna. Mineralna gustoća kosti mijenja se rastom, razvojem i konačno starenjem tijela. U većine životinja na kojima je istraživana mineralna gustoća kosti opisana je njena promjena tijekom života, a takvih podataka o životinjama iz prirode ima vrlo malo.

Osobitosti mineralne gustoće kostiju dobrog dupina do sada nisu opisane. Zbog toga je prije svega potrebno utvrditi protokol mjerenja mineralne gustoće kosti dobrog dupina *ex vivo* i odabrati odgovarajući uređaj i računalni program za to mjerenje. Mjerenje mineralne gustoće kosti na većem uzorku životinja različite dobi, omogućilo bi utvrđivanje eventualnih promjena gustoće kosti tijekom rasta i starenja. Jednako tako, mjerenje na životinjama oba spola otvara mogućnost za istraživanje spolnih razlika u parametrima mineralne gustoće kosti. Povezivanjem tih parametara sa morfometrijskim vrijednostima i dobi životinje moguće je utvrđivanje starosti jedinke kao pomoćne metode u standardnom određivanju dobi temeljem godišnjih slojeva prirasta zubnog dentina u čemu postoje poteškoće, u smislu pravilnog prepoznavanja i brojanja spomenutih slojeva.

Odgovor na pitanje, mogu li parametri mineralne gustoće kosti dobrog dupina i plavobijelog dupina pomoći u određivanju dobi dupina, predstavlja svrhu ovog istraživanja.

## 1.1. Taksonomija morskih sisavaca

Ovim poglavljem obuhvaćena je osnovna taksonomija morskih sisavaca, prema JEFFERSONU i sur. (1981), prvenstveno onih vrsta dupina na koje se odnosi ovo istraživanje te drugih vrsta morskih sisavaca koje su spomenute u ovom radu. Unutar podreda kitova usana (Mysticeti) i podreda kitova zubana (Odontoceti), porodice, rodovi i vrste nabrajani su redoslijedom kojim se pojavljuju u tekstu ovoga rada.

Carstvo: Životinje, Animalia

Potcarstvo: Tkivne životinje, Metazoa

Koljeno Svitkovci, Chordata

Potkoljeno: Kralješnjaci, Vertebrata

Razred: Sisavci, Mammalia

Podrazred: Pravi sisavci, Theria

Nadred: Plodvaši, Eutheria

### Red: **Kitovi (Cetacea)**

Podred: kitovi usani, Mysticeti

Porodica: glatki kitovi, Balaenidae, tri vrste u dva roda

Porodica: brazdasti kitovi, Balaenopteridae, šest vrsta u dva roda

Porodica: sivi kitovi, Eschrichtiidae, jedna vrsta u jednom rodu

Podred: Kitovi zubani, Odontoceti

Porodica: šiljatokljuni riječnomorski dupini, Pontoporiidae

Rod: Pontoporia

Vrsta: *Pontoporia blainvillei*, Blainvilleov dupin

Porodica: južnoamerički riječni dupini, Iniidae

Rod: Inia

Vrsta: *Inia geoffrensis*, južnoamerički riječni dupin

Porodica: obalni dupini, Phocoenidae

Rod: Phocoena

Vrsta: obalni dupin, *Phocoena phocoena*

Porodica: šiljatozubi dupini, Delphinidae

Rod: Delphinus

Vrsta: obični dupin, *Delphinus delphis*

Rod: Lissodelphis

Rod: Tursiops

Vrsta: **dobri dupin**, *Tursiops truncatus*

Rod: Stenella

Vrsta: **plavobijeli dupin**, *Stenella coeruleoalba*

Vrsta: tropski pjegavi dupin, *Stenella attenuata*

Rod: Cephalorhynchus

Vrsta: čileanski dupin, *Cephalorhynchus eutropia*

Rod: Sotalia

Vrsta: južnoamerički morskoriječni dupin, *Sotalia fluviatilis*

Vrsta: *Sotalia guianensis*

Rod: Globycephala

Rod: Peponocephala

Vrsta: tamnoledi dupin, *Peponocephala electra*

Rod: Orcinus

Vrsta: kit ubojica, *Orcinus orca*

Porodica: dupini pokretnog vrata, Monodontidae

Rod: Delphinapterus

Vrsta: bijeli dupin, beluga, *Delphinapterus leucas*

Rod: Monodon

Vrsta: jednorogi kljovan, narval, *Monodon monoceros*

Porodica: brazdasti dupini, Ziphiidae

Rod: Mesoplodon

Vrsta: Blainvilleov kljunati dupin, *Mesoplodon densirostris*

Porodica: prave ulješure, *Physeteridae*

Rod: *Physeter*

Vrsta: glavata ulješura, *Physeter macrocephalus*

Red: Zvijeri (Carnivora)

Podred: **Perajari , Pinnipedia**

Porodica: morževi, *Odobenidae*

Porodica: ušani, *Otariidae*, obuhvaća pet rodova morskih lavova i dva roda morskih medvjeda

Porodica: tuljani, *Phocidae*, obuhvaća osam rodova tuljana, jedan rod morskih medvjedica i jedan rod morskih slonova

Red: **Morske krave, Sirenia**

Porodica: kratkorate morske krave, *Trichechidae*

Porodica: kitolike morske krave, *Dugonidae*

Rod: *Dugong*

Vrsta: moronj, *Dugong dugong*

## 2.1. Biologija dobrog dupina

Dobri dupin, *Tursiops truncatus* (**Montagu, 1821.**), životinja je robusnijeg izgleda tijela u usporedbi s drugim vrstama dupina. Takva mu je i glava, obično s kratkim i ponešto debljim kljunom, oštro razgraničenim od područja melona. Etimologija naziva roda i vrste također se odnosi na ove osobine. *Tursiops* potječe od latinske riječi *tursio* koja (prema Pliniju) označava životinju sličnu dupinu (*δελφίς, delphis* (grč.) dupin), zatim riječi *οψς, ops* (grč.) lice, te riječi *trunco, l.* (lat.) podrezati (LEATHERWOOD i sur., 1983.). Hrvatski naziv, dobri dupin, narodni je naziv koji se odnosi na svojstva u ponašanju te životinje, a kojim su ju hrvatski ribari nazivali vjerujući da im ne trga mreže nego im, štoviše, tjera ribu u iste (BRUSINA, 1889.).

Jedinke unutar vrste pokazuju varijacije u veličini, obliku i boji tijela koje se povezuju sa zemljopisnim područjem u kome obitavaju (PERRIN, 1984.), a navode se i osteometrijske razlike (WANG i sur., 2000). Pri tome se uglavnom govori o dvije varijante, manjeg dupina koji živi u obalnom području te većeg i robusnijeg koji živi u otvorenom moru i oceanima (CARWARDINE, 1995.). Boja tijela varira od svjetlo-sive do tamno-sive ili sivo-smeđe pri čemu je najtamnija na leđima, postrance prelazi u svjetliju da bi na trbuhu postala bijeličasta ili blago ružičasta. Leđna peraja je položena na sredini leđne crte, srpolikog je oblika, tamno obojena, oblik joj može varirati, a LEATHERWOOD i sur. (1983.) opisuju i mogućnost njenog potpunog nestanka u životinja koje žive u polarnom području. Dužina dobrog dupina je od 1,9 do 3,9 m i prosječne mase od 275 kg, ženke su u pravilu nešto manje i lakše, a kod rođenja mladunčad je dugačka od 0,85 do 1,3 m i mase od 15-30 kg. Laktacija traje od 18 mjeseci do 2 godine (COCKCROFT i ROSS, 1989.). Zubna formula je u rasponu 40-56/36-54 (Carwardine, 1995), a zubalo je homodontno bez generacije mliječnih zuba (GREEN, 1972.). Na kruni zuba dobro su uočljivi znaci istrošenosti, pogotovo kod starijih jedinki, ovisno o vrsti hrane. Prema zubima im se procjenjuje životni vijek i do 40 godina (COCKCROFT i ROSS, 1989.). Prilagodba uvjetima okoliša kod pojedinih populacija utječe na eventualnu sezonalnost u reprodukciji (URIAN i sur., 1996.). Hrane se različitim

vrstama riba i beskralježnjaka. Obalne populacije svoj način prehrane često prilagođavaju aktivnostima čovjeka hraneći se ribom odbačenom sa ribarskih brodova ili vadeći ribu iz mreža (LEATHERWOOD i sur., 1983.). Formula kralježnice ove vrste dupina je  $C7 + T13-14 + L15 + S0 + Ca29-30$  (NISHIWAKI, 1972.).

Obalne populacije se obično udružuju u manje skupine s prosječno 10 do 25 životinja, a za populacije u oceanima i otvorenim morima opisane su i skupine od stotinu ili više jedinki (NISHIWAKI, 1972.; LEATHERWOOD i sur., 1983.). U Jadranskom moru su opisane skupine u rasponu od 6 do 35 jedinki (BEARZI i sur., 1994.; GOMERČIĆ i sur., 1998). Različite skupine se često udružuju radi zajedničkog lova, pri čemu je opisano i njihovo udruživanje s drugim vrstama kitova zubana, kao i određena kooperativnost s lokalnim ribarima. Mužjaci su često u manjim skupinama koje se s drugim takvim skupinama bore za dominaciju među ženka (CONNOR i sur., 1998.). Ova vrsta dupina najčešća je u zatočeništvu, u zoološkim vrtovima, akvarijima i morskim parkovima gdje se i razmnožavaju što je prvi put opisano 1938. godine (ROBECK i sur. 1994.). Opisani su i slučajevi spontanog križanja s drugim vrstama kitova zubana (RIDGWAY, 1972.; LEATHERWOOD i sur., 1983.).

Dobri dupini nastanjuju gotovo sva svjetska mora i oceane. Obalne populacije često ulaze duboko u zaljeve, lagune, luke, ušća i rijeke po nekoliko milja uzvodno. Sve populacije privlače aktivnosti čovjeka na moru pri čemu znatno stradavaju bilo da su uhvaćene u mreže kod tunolova na otvorenim morima ili se zapliću u mreže stajačice u priobalnim područjima. Osim toga u svijetu postoje i zone njihova ekonomskog iskorištavanja kao što su Crno more, obale Sri Lanke, Zapadne Afrike, Zapadne Indije i Venezuele (LEATHERWOOD i sur., 1983.).

Stanje populacije dobrog dupina u Hrvatskom dijelu Jadranskog mora procjenjuje se na oko 220 jedinki (GOMERČIĆ i sur., 1998.).

## 2.2. Biologija plavobijelog dupina

Plavobijeli dupin, *Stenella coeruleoalba* (Meyen, 1833.), životinja je ponešto tankog, izduženog kljuna što je jedna od glavnih značajki cijelog roda koji je po tome i dobio ime prema riječi *στενός*, *stenos* (grč.), uzak, tanak. Ime vrste opisuje i osnovnu boju životinje prema korijenu riječi *coeruleus*, *-a*, *-o* (lat.), plavi i riječi *albus*, *-a*, *-o* (lat), bijeli. Lateralna površina tijela na sebi ima karakteristične crne pruge, jednu od oka do anusa i drugu od oka do kranijalnog prihvata prsne peraje. Taj dio tijela također nosi i dobro vidljivu bijelu traku oblika slova "V" koja počinje oko oka i pruža se s dva kraka prema leđnoj peraji. Osnovna boja tijela u području leđa varira od svjetlije sive do tamno sive ili plavo sive, dok je trbuh bijeli do svjetlo ružičast (LEATHERWOOD i sur., 1983.; ARCHER i PERRIN, 1999.). Glava je laganija, a područje melona je dobro izraženim pregibom, odvojeno od kljuna. Broj zuba iznosi 78-106/78-110 (CARWARDINE, 1995.).

Prosječna tjelesna duljina plavobijelog dupina iznosi od 1,8 do 2,5 m, pri čemu su ženke nešto manje i lakše od mužjaka, iako podaci dobiveni na sredozemnoj populaciji govore o nepostojanju spolnog dimorfizma (DI-MÉGLIO i sur., 1996.). Spolnu zrelost dosežu s tjelesnom dužinom od 1,8-1,9 m, a rađaju se dugi oko 1m. Mase su od 90 do 150 kg (PERIN, 1975.; CARWRADINE, 1995.). Formula kralježnice ove vrste dupina je  $C7 + T15 + L22 + S0 + Ca35 = 79$  (NISHIWAKI, 1972.).

Plavobijeli dupini su najviše istraživani u sjeverozapadnim morima Tihog oceana gdje je ustanovljeno da imaju produženu sezonu parenja koja traje tijekom zime, proljeća, a moguće i tijekom kasnog ljeta. Smatra se da gravidnost traje oko dvanaest do trinaest mjeseci (ARCHER i PERRIN, 1999.). Mlade životinje počinju jesti drugu hranu, osim mlijeka, oko trećeg mjeseca života. Prosječna laktacija traje od šest do dvanaest mjeseci iako ima podataka da neke jedinke još u drugoj godini života nisu u potpunosti odbijene od sise (NISHIWAKI, 1972.; LEATHERWOOD i sur., 1983.). Spolna zrelost nastupa u petoj ili šestoj godini života. Ženka prosječno rađa po jedno mladunče svake tri godine (LEATHERWOOD i sur., 1983). Prosječan životni vijek procjenjuje se na 25-30 godina (NISHIWAKI, 1972.).

Žive u većim jatima koja mogu brojati i više stotina jedinki dok su manje skupine opisane u Atlantskom oceanu i Sredozemnom moru. Prisutni su i u Tihom oceanu kako

zapadnom, gdje su najviše i istraživani, tako i u istočnom, tropskom, gdje se dugo vjerovalo da ih nema (PERRIN, 1975.). Pri socijalizaciji plavobijelog dupina uočena je i segregacija prema spolu i dobi, pa se smatra da stalne skupine uglavnom čine subadultne jedinke i spolno zrele ženke, dok se povremeno formiraju i skupine odraslih jedinki oba spola što je vezano uz sezone parenja ili zajednički lov (CALZADA i sur., 1994.). Također se opisuju i slučajevi njihovog udruživanja s običnim dupinom (*Delphinus delphis*), a u istočnom tropskom Tihom oceanu i s tunama. Posljednjih godina po prvi put, opisuju se i masovna nasukavanja te vrste dupina (GALES, 1992.; CARWARDINE, 1995.). Sezonalna migracija jata plavobijelog dupina opisana je samo oko obala Japana gdje je utvrđeno da zimu provode u Istočnom kineskom moru, a ljetu u otvorenim vodama sjevernog Tihog oceana.

U prirodi su vrlo uočljivi zbog izrazite aktivnosti u površinskim vodama u smislu čestog iskakanja s karakterističnim položajima tijela. Rone oko pet do deset minuta, a prilikom hranjenja zaranjaju i do dubine od 200 m. Hrane se mezopelagičnim vrstama riba, glavonošcima, mekušcima i rakovima, pri čemu ribe koštunjače i lignje čine 50% prehrane (BELLO, 1993.; WÜRTZ i MARRALE, 1993.). Njihovim predatorima smatraju se neke vrste morskih pasa i kitovi ubojice.

Plavobijeli dupini su zabilježeni u svim tropskim i subtropskim, toplim morima. FORCADA i sur. (1990.) navode njihovu rasprostranjenost u morima temperature oko 19°C kakav je sjevarozapadni Atlantik kao i mora oko Japana. Smatraju se i stalnim stanovnicima Sredozemnog mora dok su u Jadranskom moru samo povremeno uočeni (GOMERČIĆ i sur., 1994.; BEARZI i sur., 1998.). No unatoč širokom području rasprostranjenosti, najviše su istraživani u Japanu, dijelom zato što se ondje najviše ekonomski iskorištavaju, a djelom i zbog izražene pelagičnosti ili mezopelagičnosti vrste. Osim ciljanog izlova vrstu značajno ugrožava i slučajno hvatanje velikog broja životinja u mreže pri izlovu tune.



## **2.3. Građa kosti u sisavaca**

Kost sisavaca građena je od koštanog tkiva čija je arhitektura vrlo kompleksna i pokazuje određenu hijerarhiju različitih razina građe s ciljem postizanja biomehaničkih, bioloških i biokemijskim funkcija. Koštani sustav daje čvrsti potporanj svim ostalim tkivima, organima i sustavima, omogućuje prihvaćanje mišića i ligamenata kojima se ostvaruje lokomocija tijela, zaštićuje organe centralnog živčanog sustava i vitalne organe grudne šupljine. Osim toga zaštićuje i krvotvorno tkivo u šupljini kostiju te utječe na ionsku homeostazu minerala u organizmu, prvenstveno razine kalcija u tkivima i ekstracelularnim tekućinama. Koštano tkivo je danas objekt brojnih istraživanja biofizike, biokemije, molekularne biologije i medicine koje promatraju različite razine njegove građe. Elektronska mikroskopija opisuje kost na razini nanometra. Infracrvena spektroskopija i rendgenske zrake determiniraju komponente na razini Ångstroema, a svjetlosna mikroskopija opisuje detalje na razini nekoliko mikrometara. Strukturalne poveznice između razina građe koštanog tkiva omogućuju upoznavanje i razumijevanje njegove stvarne uloge u organizmu (LANDIS, 1995.; 1996.). Osnovne razine građe kosti su makrostruktura, kompaktno i spongiozno koštano tkivo, zatim mikrostruktura koju čine osteoni, sustav Haversovih i Volkmannovih kanalića, lamele, a na kraju je i nanostruktura gdje se mogu pratiti kolagena vlakna, minerali i nekolagenski organski proteini (RHO i sur., 1998.).

### **2.3.1. Makrostruktura kosti sisavaca**

U makrostrukтури kosti jasno se razlikuju dva oblika koštanog tkiva. Kompaktno koštano tkivo (kompakta) sadrži slobodne prostore vidljive jedino mikroskopski, a spongiozno koštano tkivo (spongioza) organizirano je u mrežu koštanih gredica, trabekula, koje zatvaraju male komorice, ispunjene koštanom srži. Oba oblika koštanog tkiva prelaze jedan u drugi bez oštre granice. S vanjske strane kosti je tanki sloj kompakte koji okružuje spongiozu, smještenu s unutrašnje strane. Raspored i kvantitativni odnosi spomenutih oblika koštanog tkiva ovise o vrsti kosti te izloženosti pojedinih dijelova kosti silama tlaka i vlaka (DELLMAN, 1993.; BLOOM i FAWCET, 1994.). Ti odnosi su posebno

upečatljivi na dugim, cjevastim kostima udova većine sisavaca. Proksimalni i distalni okrajak (epifize) duge kosti građeni su većinom od spongioze koju izvana pokriva tanki sloj kompakte. Središnji dio kosti, dijafiza, građen je gotovo isključivo od kompakte koja formira cijev čija je šupljina prostrana i ispunjena je koštanom srži. Većina kostiju pokrivena je pokosnicom, tankim slojem specijaliziranog vezivnog tkiva koje ima osteogenički potencijal. Periost nije prisutan samo na dijelovima kosti pokrivenim zglobnim hrskavicama i na mjestima prihvaćanja mišićnih tetiva i ligamenata (BLOOM i FAWCET, 1994.).

RHO i sur. (1997.; 1998.) u svojim radovima opisuju mehaničke svojstva građe kosti. Na razini makrostrukture, duge cjevaste kosti kakve su nadlaktična i podlaktične kosti kopnenih sisavaca, građene su od dva tipa koštanog tkiva. Prema spomenutim autorima, tijelo ili dijafiza tih kostiju građena je od čvrste i debele kompakte koja okružuje prostranu medularnu šupljinu i predstavlja tip kompaktnog koštanog tkiva. Okrajci kostiju, proksimalna i distalna epifiza, građene su od spongioznog koštanog tkiva sačinjenog od vrlo tankog sloja kompakte koja je izvana pokrivena pokosnicom, a sa unutarnje strane ona prelazi u sustav koštanih gredica i pločica između kojih su malene sržne šupljine i kao takve predstavljaju spongiozni tip koštanog tkiva. Oba tipa koštanog tkiva razlikuju se po svojoj poroznosti i gustoći za koje je odgovorna mikrostruktura koštanog tkiva građena od koštanih lamela različitog rasporeda. Na razini fizikalnih svojstava kosti kao mineraliziranog prirodnog materijala koji je organiziran u mikrostrukturu koštanog tkiva, danas nije razjašnjeno dali se radi o istom materijalu koji je u kompaktnom i spongioznom koštanom tkivu samo različite poroznosti i gustoće ili se radi o različito građenim mineraliziranim materijalima. Svakako je jasno da je spongiozna kost finije strukture, podložnija vanjskim i unutarnjim utjecajima i samim tim metabolički aktivnija od kompaktne kosti (RHO i sur., 1998.). Fizikalnu prirodu spongiozne kosti, građene od koštanih pločica i gredica koje okružuju komorice slobodnog prostora ispunjene koštanom srži, spomenuti autori definiraju pojmovima strukturnih i materijalnih svojstava. Strukturna svojstva (svojstva građe kosti) su promjenjivija, djeluju izvana i oblikuju raspored spongioznih elemenata. Strukturna svojstva su važna u analizi mehaničkih utjecaja na kost, procjeni adaptacijskih i kompenzacijskih promjena u kosti zbog narušenih statičko dinamičkih odnosa i vidljiva su na razini makrostrukture. Materijalna svojstva

(svojstva kosti kao prirodnog materijala) su, prema spomenutim autorima, vezana uz mineralnu strukturu same spongioze i uvjetovana su utjecajima iz samog organizma. Materijalna svojstva su važna u analizi promjena u metabolizmu kosti u smislu patoloških ili u smislu fizioloških stanja i svoj direktan odraz pokazuju na mikrostrukturu kosti putem promjena u gustoći koštanog materijala (RHO i sur., 1998.).

### **2.3.2. Mikrostruktura kosti sisavaca**

Kost kao oblik vezivnog tkiva, građena je od koštanih stanica i izvanstaničnog koštanog matriksa u koji se talože anorganske soli, a taj proces mineralizacije nije sasvim razjašnjen. Koštani matriks čine većim dijelom kolagena vlakna, a manjim dijelom nekolagenski proteini. Snopovi mineraliziranih kolagenih vlakana oblikuju pločaste tvorbe koje nazivamo lamele koje su koncentrično posložene (4-20 lamela) oko središnjeg vaskularnog kanala oblikujući tvorbu osteona ili Haversova sustava. Kroz sustav lamela ravnomjerno su raspoređene malene šupljine, lakune u kojima se nalaze koštane stanice, osteociti, a od lakuna se radijarno prostiru kanalići kojima su lakune međusobno povezane. Te pukotine omogućuju komunikaciju osteocita i promet tvari među njima (BLOOM i FAWCET, 1994.). Osteon je cilindričnog oblika, promjera 200 – 250  $\mu\text{m}$  koji je paralelan s podužnom osi kosti. Osim toga, pojedini oblici kosti građeni su od lamela koje ne formiraju osteone nego svojim međuvezama oblikuju mrežu koštanih gredica, trabekula (GIBSON, 1985; CURREY i sur. 1994.). Kost koja je građena od osteona s paralelnim lamelama otpornija je na sile vlaka, tenzije i torzije, a kost trabekularne građe otpornija je na sile tlaka (ASCENZI i sur., 1967., 1968., 1994.; MAMMONE i HUDSON, 1993.).

Izvanstanični matriks građe anorganske soli (65%) i organski matriks (35%). Veći dio organskog matriksa čini kolagen tipa I., a mali dio (oko 2%) su razni nekolagenski proteini kao što su proteoglikani (hondroitin sulfat, dekorin, hijaluronan) Proteini s  $\gamma$ -karboksigliutaminskom kiselinom (osteokalcin), glikoproteini (osteonektin, alkalna fosfataza, sijaloproteini, fibronektin), proteini iz plazme (albumin) i faktori rasta (IGF-I., IGF-II., TGF- $\beta$ , PDGF) (FERNANDEZ-TRESGUERRES HERNANDEZ-GIL, 2006.). Anorganski dio kosti sastoji se od submikroskopskih depozita kristala kalcij-fosfata koji je

vrlo sličan hidroksilapatitu. U površinskom dijelu anorganskih koštanih kristala nalaze se i ioni citrata i karbonata. Odnos anorganskog i organskog dijela kosti uglavnom je stalan iako su opisani izuzeci kao što je rostrum kitova zubana iz porodice Ziiphidae kod kojih je utvrđen vrlo visoki udio mineralnih soli (86,7%), što daje kosti iznimnu gustoću i tvrdoću (ZYLBERBERG i sur., 1998.). Kolagen tipa I. je osnovni strukturni element koštanog matriksa i bitno utječe na biomehaničku otpornost kosti. Smanjenje biomehaničke otpornosti kolagena tijekom starenja pripisuje se njegovim strukturim promjenama, a ne njegovim kvantitativnim smanjivanjem (ZIOUPOS i sur., 1998.; ZIOUPOS i sur., 1999.).

Aktivno koštano tkivo sadrži četiri vrste stanica, a to su osteoblastni progenitori (preosteoblasti), zreli osteoblasti, osteociti i osteoklasti. Prva tri tipa stanica diferenciraju se iz iste stanične osnove koštane srži, a osteoklasti imaju neovisno, hematopoetsko porijeklo i diferenciraju se iz monocitno-makrofagne progenitorske stanice. Koštane stanice posjeduju svojstvo stanične modulacije, sposobnost transformacije jednog oblika u drugi pa gotovo da se može govoriti o različitim funkcionalnih oblicima iste stanice (MARKS i POPOFF, 1988.; BLOOM i FAWCET, 1994.). Osteoprogenitorne stanice nastaju iz embrionalnih mezenhimskih stanica kao i ostale stanice vezivnog tkiva, a mogu proliferirati i diferencirati se u hondroblaste i osteoblaste. Postnatalno su prisutne u periostu i endostu, a najaktivnije su u epifiznoj hrskavici kosti tijekom rasta dok se kasnije, u odraslih, aktiviraju u fazama sanacije fraktura i drugih koštanih defekata. Osteoblasti su stanice koje formiraju kost i u vrijeme stvaranja koštanog matriksa složene su u niz kubičnih ili visokoprizmatičnih stanica na površini kosti. Intenzivnom proizvodnjom kolagena tipa I. neke stanice ostaju zatvorene u lakunama sa slojem novostvorenog matriksa oko njih te prelaze u osteocite oko kojih se talože mineralne soli. Osteoblasti na svojoj površini posjeduju receptore za hormone, vitamine i citokine koji reguliraju njihovu funkciju. Glavne stanice formirane kosti su osteociti smješteni u lakunama okruženim mineraliziranim matriksom. Relativno su neaktivne u sintezi proteina, ali se mogu aktivirati. Utvrđeno je da nedostatkom estrogena osteociti podliježu apoptozi i nestaju iz svojih lakuna (TOMKINSON, 1997.). Osteoklasti kao velike stanice hematopoetskog porijekla, osim resorptivne funkcije, imaju i sekretornu funkciju kojom mogu stimulirati ili inhibirati vlastito stvaranje i aktivnost (FISHMAN i HAY, 1962.). Posjeduju receptore za kalcitonin na površini stanice, dok iznutra imaju receptore za

estrogen i ne prelaze u osteoblaste i osteocite (JONES i BOYDE, 1977.). Na osteocite i osteoblaste vežu se tvari koje stimuliraju proizvodnju osteoklasta (paratireoidni hormon, vitamin D<sub>3</sub>, prostaglandini).

### 2.3.3. Rast i pregradnja kosti

Okoštavanje u organizmu se odvija na dva načina, a to su intramembransko i enhondralno okoštavanje. Intramembransko okoštavanje je izravna mineralizacija matriksa kojeg su izlučili osteoblasti. Počinje iz primarnog središta okoštavanja u kojemu se diferenciraju prvi osteoblasti od skupine mezenhimskih stanica. Dijeljenjem tih stanica širi se središte okoštavanja, nastavlja se mineralizacija i na taj način nastaju pločaste i neke kratke kosti, a taj proces važan je i za rast dugih kostiju u širinu (JUNQUEIRA i sur 1995.). Enhondralno okoštavanje se odvija odlaganjem koštanog matriksa na mjestu prethodnog hrskavičnog modela kosti. U hrskavičnom modelu konačne kosti prvo nestaju hondrociti, a zatim se diferenciraju osteoprogenitorske stanice koje migriraju u proširene lakune hondrocita. Tako okoštavaju duge i neke kratke kosti, a samo okoštavanje odvija se iz primarnog središta u području dijafize te sekundarnih središta okoštavanja u području epifize kosti. To okoštavanje je važno kod cijeljenja prijeloma pri stvaranju kalusa. Na oba načina nastaje primarno ili nezrelo koštano tkivo koje nadomješta sekundarno ili lamelarno koštano tkivo. Obje vrste koštanog tkiva pojavljuju se tijekom rasta kosti jedno uz drugo tako da se stvaranje i razgradnja koštanog tkiva odvija neprestano kako tijekom rasta kosti, tako i kasnije tijekom života, samo su tada procesi znatno usporeni. Kost je tkivo koje ima sposobnost regeneracije *ad integrum* nakon traume jer je proces pregradnje identičan procesu okoštavanja. Kako se izgradnja i razgradnja kosti neprestano odvija kost je izrazito dinamičko tkivo. Ravnoteža u sintezi i resorpciji predstavlja proces remodeliranja nakon kojeg kost zadržava nepromjenjiv oblik. Fenomen remodeliranja odvija se u malenim područjima kortikalne kosti ili trabekularne površine koju nazivamo temeljna višestanična jedinica (BMU, od engl. *basic multicellular unit*) (MARTIN i SIMS, 2005.; FERNANDEZ-TRESGUERRES HERNANDEZ-GIL, 2006.). Rast kosti uz zadržavanje njenog primarnog oblika ostvaruje se ravnotežom resorpcije ranije stvorenog tkiva i istodobnim stvaranjem novog tkiva brzinom većom od brzine resorpcije. Brzina

pregradnje kosti osobito je brza u djece, čak 200 puta brža nego u odraslih (JUNQUEIRA i sur., 1995.), a godišnje se obnovi 5 – 15% ukupne koštane mase u odraslih ljudi (FERNANDEZ-TRESGUERRES HERNANDEZ-GIL, 2006.). Sama pregradnja kosti pobuđuje se utjecajem promjena u samim kostima, mehaničkim utjecajima na kost izvana kao i djelovanjem hormona (hormon rasta, glukokortikoidi, hormoni štitne žlijezde, inzulin, spolni hormoni), činitelja homeostaze iona kalcija u organizmu (paratireoidni hormon – PTH, kalcitonin, vitamin D) te lokalnih čimbenika rasta (mali peptidi koji nadziru rast diobu i sazrijevanje stanica), zatim čimbenika rasta iz koštane srži, čimbenika rasta iz koštanog matriksa i čimbenika rasta iz koštanih stanica (BULJAN-CULEJ, 2004.).

## **2.4. Svojstva koštanog sustava kitova**

### **2.4.1. Kostii osovinskog skeleta kitova**

Osnovna građa kostura kitova odgovara onoj u ostalih sisavaca uz određena svojstva koje su rezultat prilagodbe uvjetima života u vodi. Oblik kralježnice i povezanost njenih segmenata u kitova osiguravaju specifičan tip lokomocije u smislu propulzivnog kretanja okomitim pokretima repa, a funkcija nošenja tjelesne težine pri tome nema toliki značaj kao u sisavaca koji žive na kopnu gdje je zbog rjeđeg životnog medija utjecaj gravitacije izraženiji. S druge strane, morfologija kralježnice morskih sisavaca osigurava integritet živčanih struktura jednako kao i u kopnenih sisavaca (BOSZCZYK i sur., 2001.). Kod pojedinih morskih sisavaca lukovi kralježaka su veliki i oblikuju znatno prostraniji kralježnični kanal zbog debelog sloja vaskularnog tkiva smještenog dorzolateralno od leđne moždine. Zbog toga dimenzije kralježničnog kanala ne odražavaju dimenzije i promjer leđne moždine kao što je to slučaj u kopnenih sisavaca. Vratna kralježnica morskih sisavaca se sastoji od sedam kralješaka, osim u morskih krava koje ih imaju šest. Dva ili više kralježaka mogu biti srašteni u većine vrsta kitova. Izuzetak su jednorogi narval, bijeli dupin i riječni dupini kod kojih vratni kralješci nikada ne sraštavaju pa su njihovi vratovi znatno pokretljiviji nego u drugih kitova. Unatoč osnovi od sedam kralježaka svi kitovi imaju kratak vrat za razliku od perajara koji u pravilu imaju dugi vrat, čak i vrste perajara u kojih vrat izgleda kraći jer je glava smještena bliže

grudnom košu. Kod tih životinja vrat je najčešće okružen debelom masom potkožnog masnog tkiva kao što je slučaj u pravih tuljana kod kojih je vratna kralježnica savijena u obliku slova «S», za razliku od morskih lavova koji imaju ravni i dugi vrat. Grudna kralježnica počinje kralješkom na koji se uzglobljava prvi par rebara. Sternalna rebra kitova kojih je u dobrog dupina pet do šest, hrskavični dio je okoštao, a zadnja rebra pak nemaju vezu s dijafragmom nego su vezana uz jaku hipaksijalnu muskulaturu kraljeznice. Glavica većine rebara u kitova je jednostavnije građe nego u kopnenih sisavaca i vezana je uz odgovarajuće kralješke, a dio rebara izgubio je glavicu i samo se kvržicom neposredno veže na poprečne izdanke odgovarajućih kralježaka. Sternum nastaje od segmenata koji u nekih kitova zubana, svih kitova usana i svih morskih krava potpuno sraštava u jedinstvenu kost, a udubljenja na mjestima prihvata sternalnih rebara ukazuju na mjesta sraštavanja (KLIMA i sur., 1980.). Zahvaljujući koštanoj građi i vezi rebara s kralježnicom i grudnom kosti, grudni koš morskih sisavaca je iznimno pokretljiv čime je osigurana prilagodba promjenama plućnog obujma prilikom zaranjanja životinje bez pucanja rebara zbog povećanog ekstratorakalnog tlaka. Lumbalni kralješci u kitova su brojniji nego u kopnenih sisavaca, imaju dobro izražene poprečne izdanke i kralježnični kanal. Područje križne kralježnice u kralježnjaka definirano je njihovom vezom sa zdjelničnim kostima i međusobnim sraštavanjem što je slučaj u većine kopnenih sisavaca. Kitovi imaju samo rudiment zdjelice koji nije povezan s kralježnicom pa se smatra da nemaju križnih kralježaka. Repni kralješci kitova su veliki i masivni zbog važnosti repa u pokretanju životinje, za razliku od perajara kod kojih su repni kralješci maleni, slični onima u kopnenih sisavaca. Broj im je različit u različitim vrsta i varira od najmanje 13 do najviše 49. Kralješci se protežu sve do završetka repa na medijanoj usjeklini repne peraje. Značajka repne kralježnice kitova je postojanje ventralnih međukralježničkih okoštavanja, ševrona. Nalikuju hemalnim lukovima kopnenih sisavaca, ali su slobodne kosti povezane s dva susjedna kralješka. Između ventralne površine trupova kralježaka i ševrona oblikovan je hemalni kanal u kojem leže repne arterije i vene (ROMMEL i REYNOLDS, 2002.). Statičko-dinamička mehanička svojstva kralježnice temeljena na međukralježničkim vezama, pokazuju područne varijacije u intenzitetu dorzalne ekstenzije i ventralne fleksije. Osnovna čvrstoća međukralježničke veze jača je u lumbalnom području nego u susjednim područjima grudne i repne kralježnice. Pri tome su, zbog svojstava međukralježničke veze,

intenzivnije kretnje pri ventralnoj fleksiji nego pri dorzalnoj ekstenziji kralježnice (LONG i sur., 1997.).

Lubanja kitova je jako promijenjena prema ostalim sisavcima. Vanjski nosni otvori migrirali su dorzokaudalno i leže iznad unutarnjih nosnih otvora. Rostrum je u pojedinim vrsta razvijen kao izduljeni kljun. Gornja čeljust je podijeljena u gornji, lični dio i donji, nepčani dio na kojem su zubnice. Premaksilarne, sjekutične, kosti su izdužene kosti koje leže između maksila i prostirući se od rostralnog vrha lubanje do lateralnih površina vanjskih nosnica. Nosna pregrada je smještena između mezoetmoidnog grebena i gornjeg ruba vomera te se proteže rostralno između medijalnih rubova premaksilarnih kostiju. Tjemene kosti se nalaze između čeone i dijelova zatiljnih te dijelova klinaste kosti. Međutjemena kost je nepravilnog oblika, a nalazi se između tjemenih, čeonih kostiju i dijela zatiljne kosti. Čeona kost tvori najveći dio prednjeg dijela krova lubanjske šupljine kao i veći dio očnice. Jagodične kosti su smještene ventralno blizu prednjeg postranog ruba čeonih izdanaka gornje čeljusti, ispred čeone kosti. Tvore prednji rub očnice i krilnonepčane jame. Ralo, vomer, je plosnata ploča koja se straga prihvaća za ventralnu površinu bazilarnog dijela klinaste kosti te se proteže rostralno do međunepčanog šava. Nepčane kosti su povezane medijanim šavom i smještene su ventralno, između kaudalnog dijela gornje čeljusti i krilnih kostiju (GREEN, 1972.). Petrotimpaničke kosti, kao dijelovi sljepočne kosti u kitova zubana su se tijekom evolucije odvojile od ostatka lubanje kombinirajući novu morfofunkcionalnu jedinicu, timpanoperiotički kompleks (RIDGWAY, 1968.; GREEN 1972.; OELSCHLAGER, 1986.). To je ostvareno skraćivanjem izdanaka periotičke kosti i izduživanjem šupljine bubnjišnog dijela sljepočne kosti. Takva povezanost kostiju s ostatkom lubanje preduvjet je za direktno slušanje koje je zasnovano na učinkovitom usmjeravanju ultrazvuka i komunikaciji sa ostalim dijelovima slušnog aparata kitova (OELSCHLAGER, 1986.). Timpanoperiotički kompleks oblikuje područje uha sastavljeno od dva dijela. Ventralno je smješten kuglasti bubnjišni, timpanični dio koji je u direktnom dodiru sa okolnim mekim tkivima koja prenose zvučne titraje, a dorzalno je smješten periotički dio koji sadrži unutarnje uho (NUMMELA i sur., 1999.; DE BUFFRENIL i sur., 2004.). Jezična kost je dobro razvijena u kitova i njena osnovna podioba i položaj odgovara onome u kopnenih sisavaca.



#### **2.4.2. Kostí privjesnog skeleta kitova**

Prsni ud kitova, prsna peraja, ima istu koštanu osnovu kao i u kopnenih sisavaca. Dužina i širina prsne peraje ovise o načinu života pojedinih vrsta. U južnoameričkog riječnog dupina koji se sporije kreće ona je duga i široka, a u dupina koji žive u otvorenom moru, kreću se brzo imaju kraću i užu prsnu peraju (SEDMERA i sur., 1997.). Lopatica je mišićima vezana uz osovinski kostur jer ključna kost nije prisutna. To je široka pločasta kost medijalno ponešto udubljena, a lateralno ima greben koji je blizu kranijalnog ruba kosti jednako kao i korakoidni izdanak (KLIMA i sur., 1980.). Nadlaktična kost se uzglobljava u glenoidalnu jamu lopatice formirajući vrlo gibljiv zglob, slično kao i u kopnenih sisavaca. Distalni dio nadlaktice je povezan s podlaktičnim kostima, ali bez zglobnog gibanja. Olekranon u kitova slabo je izražen, nešto bolje u usana nego u kitova zubana. Podlaktične kosti međusobno nisu sraštene, iako ulaze u sastav nepokretnog dijela prsne peraje. Autopodij kitova uključuje zapešće, kosti pesti i članke prstiju. Sedmera i sur. (1997.) navode da se karpalne kosti u delfinida sastoje od šest elemenata: radijalna, intermedijalna, ularna i dodatna u proksimalnom redu te druga i treća sraštene i četvrta karpalna kost u distalnom redu. Nadalje, SEDMERA i sur. (1997.) navode da nemaju os centrale. Broj zapešćajnih kostiju u delfinida varira između pet i šest, dok u drugih skupina kitova taj broj još više varira, a u brojnih vrsta nije ni utvrđen (FELTS i SPURRELL, 1965.). Kod velikog broja vrsta morskih sisavaca duge kosti prsnog uda su vrlo kratke s izduženim člancima prstiju. Kitovi su jedinstveni među sisavcima po broju članaka pojedinog prsta, a broj varira među pojedinim vrstama. Vrste iz roda *Globicephala* imaju čak 14 članaka, dobri dupin devet, a glatkoledi dupini najviše sedam članaka unutar jednog prsta. Zdjelični ud svojom koštanom podiobom samo u perajara odgovara onom u kopnenih sisavaca, a u kitova i morskih krava zdjelični ud gotovo potpuno nedostaje. Prisutan je samo rudimentirani ostatak zdjelice u obliku izduljene kosti koje su uklopljene u mišić ventrolateralne trbušne stijenke (BEJDER i HALL, 2002.).

### 2.4.3. Građa kosti kitova

Kosti i zubi morskih sisavaca, te ostalih kralježnjaka, građene su od organske i mineralne komponente. Mineralna komponenta je većinom kalcij-fosfat, kako u kostima tako i u kalcificiranim hrskavicama i slojevima zuba, karakteristično za čvrsta tkiva. Svako od tih tkiva razlikuje se po svojoj makroskopskoj i mikroskopskoj građi. Mikrostruktura kostiju morskih sisavaca uglavnom odgovara onoj u kopnenih sisavaca i kralježnjaka općenito, ali postoje i neke tipične značajke (MAAS, 2002.).

Kosti morskih sisavaca pokazuju dvije potpune različitosti u građi. Smanjena i povećana gustoća pojedinih kostiju povezana je s prilagodbom akvatičkim uvjetima života (MAAS, 2002.). Kitovi koji zaranjaju do velikih dubina imaju manju gustoću koštanog tkiva od kopnenih sisavaca, izmjerenu na istim segmentima kostura. To svojstvo kostiju, kako navodi autorica, povezano je s aktivnim plućnim kolapsom pri zaranjanju životinje na veću dubinu, a sa tako građenim kostima pri plivanju uz površine vode, životinja lakše pluta uz manji utrošak energije. Svojstvo reducirane gustoće koštanog tkiva utvrđeno je u malih i srednje velikih vrsta kitova zubana te pojedinih usana i perajara. Isto svojstvo karakterizirano je zamjenom kompaktnog koštanog tkiva sa spongioznom koštanim tkivom koje ispunjava i medularnu šupljinu kosti. Stanje neravnoteže između resorpcije i redepozicije događa se i tijekom razvoja koštanog sustava u ontogenezi i vjerojatno je hormonalno kontrolirano. Povećanje spongiozne kosti na račun kompaktne nije patološke prirode jer je makrostruktura takve kosti znatno bolje organizirana nego što je to kod patološki promjenjene, osteoporotične kosti. Suprotno od toga, neke vrste morskih sisavaca koje žive u plitkom moru kao što su morske krave, povećale su gustoću kosti tijekom evolucije pa su njihove kosti znatno veće gustoće nego u svih drugih morskih sisavaca. To je posljedica osteoskleroze, otvrdnjavanja koštanog tkiva i pahioosteze, zadebljanja koštanog tkiva (DOMNING, 2001.). Pahioosteoskleroza, s izrazitom gustoćom kosti, kod morskih krava je posebno izražena na kostima grudnog i zatiljnog područja, a kod nekih perajara na kostima udova. Istraživanja makrostrukture kostiju izumrlih morskih sisavaca također pokazuju trend povećanja i smanjenja gustoće kosti koji je neovisno evoluirao u različitim skupinama morskih sisavaca. Najranije morske krave su pokazivale pahioosteoskleroza, jednako kao i neke vrste izumrlih eocenskih arheoceta koji su

pokazivali i osteosklerozu, za razliku od recentnih kitova. Tako je u rebrima bazilosaura kompaktna kost potpuno zamijenila spongiozno koštano tkivo (UHEN, 1999.).

Slična hiperostoza koštanog korteksa i supstitucija spongiozne kosti s kompaktnom opisana je i u rebrima i kralješcima nekih filogenetskih oblika kitova, arheoceta (Protocetidae i Durodontidae), kao i ihtiosaure koji su se od kopnenih, prilagodili vodenim uvjetima života (DE BUFFRENIL i MAZIN, 1990.; UHEN, 1999.). Za razliku od toga, duge kosti kasnijih arheoceta pokazuju redukciju debljine periostalne kompaktne kosti slično kao u recentnih kitova. Nadalje, specifičnost među svim recentnim sisavcima je jedinstvena mikrostruktura rostralne kosti u vrste Blainvilleov kljunati dupin (*Mesoplodon densirostris*) koja se ubraja među najgušće kosti uopće, nastala hipermineralizacijom sekundarnih osteona. Ti osteoni imaju izrazito ravne pločaste kristale hidroksilapatita i mrežu neobično tankih kolagenih vlakana što je potpuno različito od strukture Haversovih sistema i tipične lamelarne kosti (ZYLBERBERG i sur., 1998.). Periodična odlaganja periostalnih slojeva kosti može se upotrijebiti u procjeni starosti u sisavaca, ali je limitirajući faktor činjenica da se kosti remodeliraju čitavog života. Uzorci koštanog tkiva grane mandibule uzeti od obalnog dupina (*Phocoena phocoena*) su mjesto na kojem je histološkom metodom moguće dobiti godišnje slojeve kompaktne koštane mase, a njihov broj je usporediv s brojem slojeva dentina zuba (GOL'DIN, 2003.).

#### **2.4.4. Značajke građe nadlaktične kosti i podlaktičnih kostiju kitova**

Nadlaktična kost dobrog dupina je kratka kost čiji završeci nisu ravni nego su kuglasto zaobljeni i u svim svojim dijelovima je slične ili iste debljine. Velika i mala kvrga spojene su u jednu zajedničku, usmjerenu dorzolateralno. Za tu kvrgu veže se cijela skupina mišića koji se teže međusobno razlikuju i koji su odgovorni za kretanje prsne peraje, pogotovo kod ispružanja i odmicanja, a manje kod primicanja i sagibanja (KLIMA i sur., 1980.). Kost prednjeg uda kitova nemaju medularnu šupljinu i imaju spongioznu građu s kortikalnim slojem kompakte koja je slabije razvijena ili je nema. Zanimljivo je da primarno nastaje kompaktna kost, ubrzo zatim slijedi intenzivna erozija i kompaktno koštano tkivo se remodelira u spongiozno koštano tkivo. Difuzna endostalna erozija odvija se paralelno s rastom kortikalne kosti u obliku malih jedinica smještenih unutar kortikalne

kosti. erozija počinje brzo nakon rođenja i nastavlja se tijekom života pri čemu se kompaktnost kortikalne kosti smanjuje na cijeloj nadlaktičnoj kosti bez obzira na razlike u debljini kompakte pojedinih dijelova kosti. Taj trend se podudara sa smanjenjem veličine dijafiznih segmenata i ukazuje na to da je tada u kortikalnoj kosti intenzivnija erozija kompaktnog koštanog tkiva, nego što je stvaranje trabekularnog koštanog tkiva. Taj proces podsjeća na osteoporozu, ali se ne podudara s pravom, senilnom, osteoporozom ljudi (DE BUFFRENILL i SCHOEWERT, 1988.).

Kosti grudnog uda kopnenih sisavaca se razvijaju, rastu, poprimaju svoje vanjske proporcije i unutarnju arhitekturu u skladu s funkcijom nošenja tereta tijela. Prsna peraja kitova nema tu funkciju u tijelu nego je transformirana za ulogu poprečnog stabilizatora tijela i održavanja njegove statičke ravnoteže nasuprot otporu vode, a ima ulogu i kao sekundarni činitelj pri određivanju pravca kretanja. Primarni propulzivni organ i kormilo je vodoravna repna peraja zajedno sa cijelim repnim područjem koje je laterolateralno spljošteno. Distalno od nadlaktičnog područja prsna peraja nema značajne muskulature, slobodno se giba jedino rameni zglob, a distalne veze među kostima prsne peraje su hrskavične, ligamentozne ili su građene od gustog vezivnog tkiva. Taj dio ekstremiteta ujedno predstavlja slobodni dio prsne peraje. Zbog toga su sve kretnje prsne peraje kao što su primicanje, odmicanje, ispružanje, sagibanje i rotacija, moguće jedino u ramenom zglobu. Morfofunkcionalni odnosi elemenata prsne peraje jasni su u dupina i manjih kitova dok za velike vrste kitova nedostaje detaljnih podataka o građi prsne peraje, ali se pretpostavlja da je mišićnoskeletna konfiguracija prsne peraje slična (FISHMAN i HAY, 1962.), jednako kao i svojstva gibanja tog dijela tijela (FELTS i SPURRELL, 1965.; KLIMA i sur., 1980.).

Sve kosti udova u kitova nemaju otvorenu medularnu šupljinu nego su ispunjene spongioznim, poroznim koštanim tkivom. Ta osobina povezuje se s adaptacijom na potpuno akvatičke uvjete života jer perajari kao skupina morskih sisavaca koji su djelomično vezani uz kopno, pokazuju određenu kavitaciju u kostima udova. Razvoj nadlaktične i podlaktičnih kostiju u kitova pokazuje osnovni slijed spajanja primarnih i sekundarnih centara okoštavanja, ali se pojavljuju razlike prema kopnenim sisavcima. Sazrijevanje karpalnih kostiju posebno je nepravilno kao i kod sekundarnim, bipolarnim središtima okoštavanja članaka prstiju koji potpuno ne završe čak i u starijih jedinki nekih

vrsta kitova. Hrskavični modeli svih kostiju prsne peraje kitova formirani su u trenutku početka prvog okoštavanja, a spojevi kostiju budućeg ramenog zgloba prisutni su i ranije tijekom razvoja. Okoštavanje počinje u središnjim dijelovima kostiju enhondralnom osifikacijom. Erozijska hrskavica i njeno nadomještanje mineraliziranim tkivom teče nepravilno. Vezivno tkivo u međuprostorima jako je vaskularizirano, ali ne pokazuje znakove hematopoeze. Uz izuzetak proksimalnog dijela humerusa, sva sekundarna središta okoštavanja su postnatalnog porijekla, a nadlaktična kost i podlaktične kosti nastaju slijedom okoštavanja proksimalnog i distalnog dijela nadlaktične kosti, a zatim slijede distalni te proksimalni dijelovi podlaktičnih kostiju što nije slučaj u kopnenih sisavaca, kod kojih prvo dolazi do okoštavanja proksimalnog dijela radiusa i ulne, a potom i njihovog distalnog dijela (FELTS i SPURRELL, 1965.).

Radiološki, najveću gustoću koštanog tkiva pokazuju deblje lateralne i medijalne stijenke vrata i metafize nadlaktične kosti, u odnosu prema tankom površinskom sloju glave i distalnoj zglobnoj površini nadlaktične kosti. Cijela nadlaktična kost je spužvasta s područjima gušćeg koštanog tkiva, a središnji dio kosti manje je gustoće nego rubni dijelovi koji se opet svojom gustoćom razlikuju na različitim dijelovima kosti. Na presjecima kosti, uočljive su razlike u gustoći koštane strukture kako u kraniokaudalnoj, tako i u mediolateralnoj osi. Čak i u područjima najveće koštane gustoće, makroskopski je vidljiva poroznost. Trabekule koštanog tkiva s lateralne i medijalne stijenke usmjeravaju se prema glavi, vratu i kvrgi kosti. Na taj način se strukturna gustoća i orijentacija trabekula unutar nadlaktične kosti povezuju s funkcionalnim svojstvima prsne peraje kitova. Proksimalno, strukturna orijentacija trabekula usmjerena je ka potpornju glave, kvрге i ostatka proksimalnog dijela kosti. Distalno, dodirna površina distalnog okrajka ispunjena je trabekulama koje gotovo okomito dolaze iz distalnog dijela tijela, «drška», nadlaktične kosti. Jednako tako, uz to što nemaju slobodnu medularnu šupljinu, nadlaktične kosti kitova posjeduju relativno nisku ukupnu gustoću koštanog tkiva. Sve su to svojstva kosti koja nema ulogu u nošenju tereta tjelesne mase (FELTS i SPURRELL, 1965.).

## 2.5. Mineralna gustoća kosti

Mineralna gustoća kosti (BMD, od engl. *bone mineral density*) je klinički test kojim se mjeri razina minerala u različitim dijelovima kosti. Minerali, posebno kalcij, neprestano se odlažu u kost i iz nje se izvlače. Kad se minerali iz kosti izvlače brže nego što se odlažu, kosti postaju nježnije (osteopenija), manje gustoće i porozne te postaju osjetljivije i podložnije lomovima. Takav proces se i prirodno događa starenjem jedinke kada je općenito, razgradnja tkiva dominantnija od izgradnje. Kosti koje gube minerale gube svoju prvobitnu masu i mijenjaju svoju građu. Jačim gubitkom minerala osteopenija prelazi u osteoporozu koja je česta u patologiji koštanog tkiva kod ljudi, posebno u žena tijekom menopauze. Prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije procjenjuje se da je približno 30% žena postmenopauzalne dobi osteoporotično u području kralježnice, ramena ili područja bedrene kosti (CHEN i sur., 1998.). Upravo zbog dijagnostike i praćenja osteoporoze u ljudi razvijene su različite kliničke metode mjerenja mineralne gustoće kosti. Osim toga, metode mjerenja mineralne gustoće kosti koriste se kako u kliničke, tako i u znanstvene i eksperimentalne svrhe.

Sadržaj minerala, a prema tome i vrijednost mineralne gustoće kosti mijenja se utjecajem različitih činitelja. Nasljedni činitelji vezani su uz naslijeđeno nižu gustoću kosti ili naslijeđenu sklonost njenom smanjivanju kao i sklonost osteopenijama, a uz njih su vezani spol i rasa ljudi. Zdravstvena stanja i medikamenti vezani su uz određene bolesti i stanja koja prate povišene (hormoni štitnjače) ili smanjene razine hormona (glukokortikosteroidi, hormoni regulacije prometa kalcija, spolni hormoni – estrogen), zatim bolesti drugih organa (dijabetes, bolesti jetre i bubrega, gastrektomija) te dugotrajna terapija nekim lijekovima (barbiturati, sintetski hormoni štitnjače). Sociodemografski činitelji u ljudi su vezani za način života i navike (tjelesna aktivnost, pušenje, konzumiranje povećane količine alkohola, prehrana manjkava kalcijem, vitaminom D, velike promjene u tjelesnoj težini i sl.) (ALMEIDA i SCHEMITSCH, 2002.; LIM i sur., 2004.).

### 2.5.1. Utjecaj dobi i spola na mineralnu gustoću kosti

Utjecaj dobi i spola na koštanu masu i mineralnu gustoću kosti predmet je brojnih istraživanja kako u ljudi, tako i u pojedinih životinja. Gotovo sve tehnike mjerenja mineralne gustoće kosti *in vivo* pokazuju smanjivanje mase i gustoće kosti tijekom starenja kako u žena tako i u muškaraca, ali je taj proces u žena svih dobnih skupina intenzivniji i brži nego u muškaraca. Povećanje sadržaja minerala i porast mineralne gustoće kosti u ljudi zbiva se do 35 godina života. Zanimljivo je da odrasle žene imaju veći gubitak koštane mase i smanjivanje njene gustoće nego muškarci odrasle dobi, dok u najranijim desetljećima života žene imaju veću gustoću kosti nego muškarci iste dobi (EBBESEN i sur., 1999.). Također je zanimljivo da tijekom prve godine života čovjeka, djeca hranjena majčinim mlijekom imaju manji rast mineralne mase kosti nego djeca hranjena umjetnom, mineralno moderiranom hranom (mlijekom). Unatoč tome tijekom drugih šest mjeseci djeca hranjena majčinim mlijekom imaju veći rast koštane mase nego djeca na mineralima obogaćenju umjetnoj prehrani. Nakon navršene prve godine života taj rast je izjednačen u obje skupine djece (SPECKER, 1997.). Gubitak koštane mase u žena počinje ranije nego u muškaraca i odvija se dvostruko brže, a sukladno tome i mogućnost lomova kosti u starijoj životnoj dobi. Spongiozno koštano tkivo koje je ispunjeno obilno prokrvljenom crvenom koštanom srži, ima intenzivniji proces pregradnje nego kortikalno tkivo kosti te je podložnije svim unutarnjim čimbenicima metabolizma kosti. Zbog toga je gubitak mase i gustoće kosti u spongioznoj kosti izraženiji i u muškaraca se najbolje može pratiti na takvim kostima ili dijelovima kostiju, pogotovo ako se mjeri DEXA uređajem (FATAYERJI i sur., 1999.). Pri procjeni spolnih razlika u mineralnoj gustoći kosti treba uzeti u obzir preciznost i tehniku uređaja te odabrano područje mjerenja. Muškarci imaju veće kosti, češće i veće osteofite te izraženije kortikalne nepravilnosti na kostima nego žene. Obzirom na manje promjene u parametrima koštanog tkiva za njihovu usporedbu u muškaraca i žena preciznije su metode za mjerenje volumne gustoće kosti (EBBESEN i sur., 1998.).

Istraživanja na životinjama obavljaju se gotovo isključivo sa svrhom razvijanja životinjskih modela za praćenje promjena koštane mase i gustoće primjenjivih na ljude. U tom smislu najbrojnija su istraživanja na primatima među kojima su najbrojniji rezus-

majmuni (*Maccaca mulatta*) te razne druge vrste makaka i babuna. Model primata osobito je zanimljiv zbog sličnosti s ljudima jer imaju dulju prosječnu životnu dob (do 40 godina) sa sličnom spolnom i reproduktivnom endokrinologijom, ženke imaju spolni ciklus od 26-30 dana i prirodno ulaze u menopauzu. U svih tih vrsta opisana je dobno vezana osteopenija (POPE i sur., 1989.; GRYNPAS i sur., 1993.; KRUEGER i sur., 1999.; CERONI i sur., 2000.; 2003.; BLACK i sur., 2001.), a opisana je i u gorila i čimpanzi (SUMNER i sur., 1989.).

POPE i sur. (1989.) su utvrdili da se mineralna gustoća kosti mijenja s dobi rezus majmuna mjereći ju na nadlaktičnoj kosti, trećem slabinskom i osmom repnom kralješku. Mineralna gustoća kosti tih životinja raste do starosti od oko tri do četiri godine kada postiže gornju razinu koja ostaje nepromijenjena duži niz godina. Nadalje, mineralna gustoća nadlaktične kosti starijih ženskih životinja (preko 30 godina) pokazuje trend smanjivanja gustoće kosti u odnosu prema ženkama starosti od četiri do 29 godina. Takve promjene na nadlaktičnoj kosti u mužjaka nisu utvrdili, ali su na kralježnici nađene slične promjene kod oba spola. Slične rezultate na istoj vrsti životinja dobili su i GRYNPAS i sur. (1993.), a na podlaktičnoj kosti CHAMP i sur. (1996.).

BLACK i sur. (2001.) su utvrdili postojanje dobno vezanog smanjenja mineralne gustoće kosti nadlaktice kako u ženki tako i u mužjaka rezus majmuna. Prema rezultatima tih autora zanimljiv je nalaz biokemijskih markera pregradnje kosti koji su pokazivali trend smanjenog stvaranja koštane mase i dobno vezano povećanje resorpcije kosti, ali u mužjaka dok u ženki to nije utvrđeno. Takav nalaz autori su povezali sa smanjenom resorpcijom nutritivnih tvari preko intestinalne sluznice, pogotovo vitamina D u starijih životinja. Dobno smanjivanje mineralne gustoće kosti u ženskih rezus majmuna povezano je s reproduktivnim ciklusom životinje u smislu broja poroda i laktacija životinje. CERRONI i sur. (2000.; 2003.), istražujući posljednje slabinske kralješke od ženki populacije rezus majmuna iz slobodne prirode, zabilježili su porast mineralne gustoće kosti u ženki koje su rađale i dojile do sedam puta. Taj pozitivan učinak reprodukcije na mineralnu gustoću kosti izgubio se nakon sedmog poroda i počeo opadati s rastom broja poroda/laktacija. Ista autorica je opisala i pozitivan učinak reprodukcije u odnosu prema životinjama iste dobi koje nisu rađale. Unatoč tome, kod ženki starijih od 9,5 godina utjecaj reprodukcije na mineralnu gustoću kosti biva prekriven utjecajem procesa starenja



pa se smanjenje vrijednosti mineralne gustoće kosti ne razlikuje u ženki koje su rađale u odnosu prema onima koje nisu rađale. HIYAOKA i sur. (1996.) su opisali pojavu smanjenja mineralne gustoće slabinskih kralježaka ženki afričkog zelenog majmuna tijekom dojenja. Smanjenje je proporcionalno trajanju laktacijskog perioda, a nakon tog perioda slijedi oporavak sadržaja minerala u kostima i porast mineralne gustoće kosti. Autori su primjetili da čak i nakon 40 tjedana po prestanku dojenja, vrijednost mineralne gustoće kosti nije vraćena na početnu razinu. Takav trend je povezan s činjenicom da su životinje držane u laboratorijskim uvjetima i cijelo vrijeme su hranjene izbalansiranom hranom s nepromjenjivom količinom kalcija koja nije povećavana u vrijeme dojenja.

Jednako kao i u muškaraca, smanjenje mineralne gustoće kosti opisano je i u mužjaka majmuna temeljem slične reprodukcije endokrinologije, te morfologije i fiziologije kostura. Mužjaci rebus majmuna postižu gornju vrijednost mineralne gustoće kosti oko desete godine života, a nakon te dobi ona se smanjuje na distalnom dijelu palčane kosti i lateralnim dijelovima slabinske kralježnice gdje su učestale i pojave osteoartritisa, vjerojatno povezane sa sadržajem minerala i gustoćom koštanog tkiva. U svakom slučaju, zaključeno je da u mužjaka rebus majmuna dolazi do smanjenja mineralne gustoće neovisno o hranidbenim nedostacima ili promjenama u razini spolnih hormona (COLMAN i sur., 1999.).

MARTIN i sur. (1981.) su opisali utjecaj spola dobi i mase životinje na smanjenje mineralnog dijela kosti u goljениčnoj kosti pasa pasmine beagle. Mužjaci su teži od ženki i imaju veći sadržaj minerala u kostima, a u starijoj dobi opisan je gubitak ukupne mase kao i koštane mase u oba spola. Najveći sadržaj minerala u kosti se postiže oko šeste godine života, nakon čega počinje njegovo opadanje u oba spola. Slične rezultate vezane uz starost životinja dobili su ZOTTI i sur. (2004.) u pasa boksera, mjerenjem mineralne gustoće kosti na kralježnici, ali su utvrdili da u tom području tjela nema značajnih spolno vezanih razlika.

Pojavu razlike u mineralnoj gustoći kosti plavobijelog dupina opisali su GUGLIELMINI i sur. (2002.). Obzirom na to da je istraživanje obavljeno kod samo 15 životinja kod kojih je utvrđena starost brojanjem godišnjih zona prirasta zubnog dentina, autori nisu mogli donijeti preciznije zaključke osim pojave dobnog vezanih promjena i

njihove primjene u standardiziranju metode koja bi pomogla u preciznijem određivanju starosti životinje.

Tijekom rasta životinja povećava se tjelesna masa životinje što je u visokoj korelaciji s rastom mineralne gustoće kosti, slično kao i kod ljudi (BLAKE i sur., 2000.). Obzirom na to da sisavci tijekom života imaju stalnu količinu minerala u tijelu (oko 5%), starije životinje imaju manju tjelesnu masu pa je očekivana i manja količina minerala u kostima, a to su na psima beaglima opisali MARTIN i sur. (1981.). Sličan trend porasta sadržaja minerala u kostima i vrijednosti mineralne gustoće kosti, zabilježen je i u svinja. Svinje pri porastu tjelesne mase između 3 kg i 30 kg imaju najintenzivnije odlaganje minerala u kostima trupa, a porastom mase od 30 kg do 138 kg pokazuju najveće odlaganje minerala u kostima nogu na kojima je najjači porast mineralne gustoće kosti. U navedenom rasponu rasta životinja prvi period rasta prati porast sadržaja minerala u kostima prednjih nogu, dok u drugoj fazi rasta intenzivnije raste sadržaj minerala u kostima stražnjih nogu (MITCHELL i sur., 2001.). ZOTTI i sur. (2004.) također su opisali visoku korelaciju mase tijela životinja i mineralne gustoće kosti, istražujući *in vivo* koštani sustav zelenih legvana (*Iguana iguana*). Osim mase, isti autori su potvrdili i utjecaj dobi životinje na mineralnu gustoću kosti, bez utjecaja spola.

### **2.5.2. Utjecaj unutarnjih i vanjskih činitelja na mineralnu gustoću kosti**

Unatoč brojnim istraživanjima utjecaja nasljeđa na koštanu masu i njene promjene tijekom starenja, još nije sasvim jasno koliko je taj utjecaj i na kojoj se razini zbiva. Pretpostavlja se da najveći rizik lomova kosti predstavlja kombinaciju nasljednog čimbenika i utjecaja okoliša. Gubitak koštane mase mjereno mineralnom gustoćom kosti povezan je sukupnim metabolizmom koštanog tkiva koji ovisi o stvaranju i mijeni spolnih hormona u organizmu, količini njihovih receptora kao i receptora vitamina D i svih drugih tvari bitnih u pregradnji kosti. Svi ti čimbenici su podložni utjecaju nasljeđa kako kod žena tako i kod muškaraca (ZAJICKOVA i ŽOFKOVA, 2003.; BROWN i sur. 2004.). Obavljena su istraživanja na parovima majke-kćeri i određene korelacije su potvrdile osnovnu pretpostavku o nasljeđivanju sklonosti osteoporozi. Nije kvantificirana razlika utjecaja nasljednih i okolišnih čimbenika (BARTHE i sur., 1997.).

Tjelesna aktivnost je važna za povećanje koštane mase u bilo kojoj dobnoj skupini kod ljudi, a obujam mineralnog odlaganja u kost ovisi o njenom tipu i kvaliteti. Plivanje i hodanje podrazumjevaju poboljšanje kondicije mišića i zglobova, ali nemaju statistički značajan utjecaj na povećanje koštane mase. Intenzivne tjelesne aktivnosti koje jačaju i povećavaju mišićni masu, a posebno one koje opterećuju i koštani sustav kao što je nošenje tereta, znatno povećavaju koštanu masu, a time i mineralnu gustoću kosti. Izuzetak su žene koje se bave intenzivnim sportom kod kojih ipak dolazi do smanjenja koštane mase hormonalnim utjecajem (FELSENBERG i GOWIN, 1998.). Spomenuto smanjivanje znatno je slabije izraženo nego u netreniranih žena kako u području ramena i bedrene kosti, tako i u području kralježnice. Opseg tih promjena ovisi o vrsti tjelesne aktivnosti kojom se osoba intenzivno bavi (RYAN i ELAHI, 1998.). Pri tome nisu utvrđene razlike u parametrima kosti između lijevih i desnih ekstremiteta, posebno nogu (FRANCK i sur., 1997.)

Mineralna gustoća kosti direktan je pokazatelj pregradnje koštanog tkiva tijekom života jedinke, a posljednjih godina spoznati su brojni čimbenici iz samog organizma koji reguliraju ili mogu sudjelovati u tom procesu. To su razni čimbenici rasta i njihovi receptori, vitamini, hormoni i unutarstanične signalne molekule koje utječu na jednu ili drugu stranu procesa pregradnje kosti na razini stanične diferencijacije, proliferacije ili funkcije (DACQUIN i sur., 2004.; DARIPA i sur., 2004.). Utvrđen je znatan utjecaj hormona na promjene mineralne gustoće kosti kako u ljudi tako i u životinja, što predstavlja jedan od glavnih temelja u prepoznavanju i liječenju osteopenija. Smanjeno stvaranje ženskog spolnog hormona, estrogena, kod žena postmenopauzalne dobi, dovodi do početne osteopenije koja se može razviti u osteoporozi. Na toj činjenici temelji se i upotreba ovarioektomiranih štakora kao životinjskog modela takvih istraživanja. Na povećano odlaganje minerala u kost utječe i kalcitonin čiji se sintetski oblici, skupa sa estrogenom, mogu koristiti i u terapiji osteoporoze (KAVUNCU i sur., 2003.; JIANG i sur., 2004.). Sličan učinak ima i paratireoidni hormon čovjeka (ZIZIC, 2004.). Učinak kalcitonina, zajedno s vitaminom D<sub>3</sub>, opisan je i u pasa. TRYFONIDOU i sur. (2003.) su utvrdili da velike pasmine pasa imaju veći intenzitet okoštavanja i rasta koštanog tkiva od manjih pasmina pasa dok je istovremeno, hormonalna regulacija resorpcije vitamina D, kalcija i fosfora preko crijevne sluznice u svih pasmina relativno ograničena. Time su

pretpostavili sklonost razvojnim poremećajima koštanog sustava u velikih pasmina pasa. Za razliku od spomenutih hormona, hormoni kore nuzbubrežne žlijezde imaju suprotan učinak jer potiču razgradnju i resorpciju koštanih minerala što predstavlja rizik pri njihovoj dugotrajnoj terapijskoj upotrebi (REHMAN I LANE, 2003.; IWAMOTO, 2005.).

### 2.5.3 Metode mjerenja mineralne gustoće kosti

Od ukupno šest standardiziranih metoda mjerenja, (ALMEIDA I SCHEMITSCH, 2002.), zasnovanih na različitim fizikalnim principima, najviše se primjenjuje metoda apsorpcije dvostrukih rendgenskih zraka, tzv DEXA metoda (od engl. *dual energy X-ray absorptiometry*). Osnovni parametar DEXA metode mjerenja je sadržaj minerala (BMC, od engl. *bone mineral content*) u zadanom području kosti koji se izražava u gramima hidroksiapatita ili nekog drugog mineralnog ekvivalenta kosti. Mineralna gustoća kosti (BMD) se izražava kao površinska gustoća u  $\text{g/cm}^2$ , a predstavlja sadržaj minerala (BMC) u jedinici mase (g) na zadanom području kosti (BA, od engl. *bone area*), izražena u jedinici površine ( $\text{cm}^2$ ) (TOTHILL I AVENELL, 1998.; THOMAKOS I LIAKATOS, 2000.). Metoda se zasniva na fizici dvostrukih rendgenskih zraka različitih energija koje se apsorbiraju u tkivima različite gustoće, mekim tkivima i kosti. To je metoda kvantitativne radiologije kostura, odnosno objektivne, kvantitativne analize rentgenske slike (Šehić, 2000). Osim DEXA metode koriste se još i metode temeljene na perifernoj apsorpciji dvostrukih rendgenskih zraka, tzv. P-DEXA (od engl. *peripheral dual energy X-ray absorptiometry*), dvostrukoj apsorpciji fotona (DPA, od engl. *dual photon absorptiometry*), ultrazvuk (US, od engl. *ultrasound*), kvantitativna kompjutorska tomografija (QCT, od engl. *quantitative computed tomography*) i radiografska apsorpcija (RA, od engl. *radiographic absorptiometry*).

P-DEXA je modifikacija klasične DEXA tehnike, kojom se mjeri gustoća kosti u perifernim, vanjskim područjima tijela. Izvodi se relativno malenim, prijenosnim uređajima koji koriste vrlo male doze zračenja i daju brz rezultat pa se najčešće ambulantno primjenjuju. DPA metoda se zasniva na zračenju koje prizvodi radioaktivna tvar ( $^{153}\text{Gd}$ , Gadolinij), a ima slična svojstva kao i DEXA metoda. Obje metode imaju isto mjerno područje, a rezultati mjerenja su u visokoj korelaciji (JOHNSON I DAWSON-

HUGHES, 1991.). Ultrazvuk se koristi kao kvalitativna, orijentaciona metoda kojom se utvrđuje samo sniženje mineralne gustoće kosti, a njena objektivna vrijednost po potrebi se određuje nekom kvantitativnom metodom. Temelji se na refleksiji ultrazvučnih valova, pri čemu pojedini uređaji koriste zrak, ili vodu kao medij za propuštanje ultrazvučnih valova. Mjerenja se najčešće obavljaju na petnoj kosti. Ultrazvuk je brz, bezbolan i ne izlaže pacijenta zračenju. QCT je kvantitativna metoda koja se temelji na sličnom principu kao i DEXA metoda. Njom se može utvrditi površinska gustoća kosti slično kao i DEXA uređajem te volumna gustoća kosti (masa minerala kosti na jedinici zapremine koštanog tkiva) i posebno je dobra za mjerenje mineralne gustoće spongiozne kosti. Precizna je, ali se rijetko koristi jer je skupa, a doze zračenja su nešto veće nego kod DEXA metode. Metoda mjerenjem konvencionalnim rendgenskim zrakama zasniva se na mjerenju optičke gustoće rentgenograma koji se uspoređuje sa standardnom vrijednosti dobivenom apsorpcijom rendgenskih zraka aluminijske pločice (THOMAKOS I LIAKATOS, 2000.; ALMEIDA I SCHEMITSCH, 2002.).

Da bi mjerenje mineralne gustoće kosti bilo uspješno važno je dobro poznavanje građe i metabolizma kosti kao i razumijevanje fizike rendgenskih zraka, posebno njihove absorpcije i zaštite od zračenja, sposobnost kvalitetne analize denzitometrijske slike u smislu ispravnog položaja pacijenta ili objekta, obilježavanja područja interesa (ROI), artefakata i anatomskih abnormalnosti. Zatim je važno pravilno procijeniti dobivene vrijednosti i podatke, kao i statističke metode kojima se podaci obrađuju, te redovito provjeravati kvalitetu uređaja i njegovo kalibriranje. Pravilan položaj pacijenta ili drugog objekta važan je zbog usporedbe rezultata s određenim referentnim vrijednostima. U kliničkim uvjetima se podrazumijeva da svaki pacijent bude u istom položaju tijekom mjerenja kao i pacijenti referentne populacije. Različiti položaji kosti mogu utjecati na izmjerenu vrijednost mineralne gustoće zbog razlika u konfiguraciji i arhitekturi pojedinih dijelova kosti koja se izlažu zračenju. Za mjerenja u nizu strogo se preporučuje upotreba istog instrumenta, poštivanje iste procedure mjerenja te obavljanje postupka od strane iste osobe (KHAN i sur., 2002.). U kliničkoj denzitometriji za dijagnostiku osteoporoze odraslih žena, referentni kriterij je postavljen od strane Svjetske zdravstvene organizacije (WHO, World Health Organisation) i predstavlja odstupanje standardne devijacije (SD) izmjerene vrijednosti od standardne devijacije referentne populacije odraslih žena mlađe

životne dobi. Odstupanje od 2,5 SD ispod referentne vrijednosti opisuje se koštanom fragilnošću i definira osteoporozom (CHEN i sur., 1998.).

#### 2.5.4. Mjerenje mineralne gustoće kosti životinja

Mjerenje mineralne gustoće kosti u životinja većinom je eksperimentalno i koristi se kao životinjski model za istraživanje metaboličkih bolesti koštanog tkiva ljudi, kod cijeljenja prijeloma, ugradnje implantata, učinka lijekova na metabolizam kosti. Pri tome se koriste sve nabrojane metode mjerenja, od kojih je najčešća DEXA metoda. Obzirom da se koriste humani osteodenzitometri, svaka metoda zahtijeva određene prilagodbe prema vrsti životinje na kojoj se primjenjuje. Osnovne smjernice mjerenja mineralne gustoće kosti kod životinja dali su GRIER I TURNER (1996.) i TURNER (2001.). Anatomska građa životinjskih kostiju razlikuje se od ljudskih i zbog toga je ključni element metode ispravní položaj tijela životinje prema izvoru zračenja te pravilan odabir područja pretrage (ROI, od engl. *region of interest*). Za denzitometriju malih laboratorijskih životinja razvijeni su posebni tehnički dodaci kojima se regulira jačina zračenja i smjer rendgenskih zraka, te odgovarajući računalni program tzv. program visoke rezolucije (engl., *ultrahigh resolution*) primjenjiv na štakoru, kuniću i mački. Male laboratorijske životinje, u usporedbi s čovjekom prema kojem je konstruirana većina osteodenzitometara, imaju kosti neusporedivo manjeg volumena i gustoće nego okolna meka tkiva što smanjuje razlučivost rubova kosti. To je i jedan od razloga zbog kojega DEXA metoda nije pouzdana za mjerenje mineralne gustoće kosti u životinja manjih od 50 grama. Tako postoji problem primjene postupka mjerenja na miševima mase od 10 do 40 grama kod kojih ne daje sasvim pouzdane podatke kao kod denzitometrije miševa mase od 40 do 60 grama (NAGY i CLAIR, 2000.; LOCHMÜLLER i sur., 2001.). U takvim slučajevima preporuka je površinska kompjuterska tomografija (pQCT) kojom se može mjeriti i spongiozna kost, koja je zbog intenzivnijeg metabolizma i osjetljivijih promjena u metabolizmu kosti, primjerenija za mjerenje. Štakori se najčešće koriste u istraživanjima kosti zbog njihove male veličine, te kratkog životnog i reproduktivnog ciklusa u kome se lako prati metabolizam koštanog tkiva. Najpreciznija mjerenja mineralne gustoće kosti u štakora postižu se na bedrenoj kosti i njenim područjima (GRIER I TURNER, 1996.). *In vivo* se

uspješno obavlja u anesteziji cijele životinje, posebnim programom za mjerenje (engl. *Rat Whole Body Software*). Najprecizniji rezultati mjerenja dobivaju se kod štakora mase 150 do 250 grama (LU i sur., 1994). Na kostima laboratorijskih životinja, zbog male apsolutne gustoće kosti, dolazi do razlika u preciznosti mjerenja na različitim područjima tijela. Preciznost mjerenja veća je u većih životinja i čovjeka, pogotovo pri mjerenju na kostima *ex vivo* (GALA PANIAGUA i sur., 1998.).

Za mjerenje mineralne gustoće kosti u većih životinja kao što su psi, svinje i ovce, uspješno se primjenjuju protokoli mjerenja za čovjeka. Protokoli za kralježnicu čovjeka, te protokoli za lijevi i desni kuk čovjeka lako se prilagode veličini životinje, a uspješno se primjenjuju i za mjerenje mineralnog sadržaja cijelog tijela psa kao i koštane mase oko metalnih implantata (MARKEL I BOGDANSKE, 1994.). Metoda mjerenja je potpuno neinvazivna za životinje, a u pripremi protokola najvažnije je određivanje pravilnog položaja životinje prema poznavanju anatomske konfiguracije kostiju te pravilno određivanje područja pretrage (ROI, od engl. *region of interest*) (GRIER I TURNER, 1996.). MUIR I MARKEL (1996.) navode postojanje područja na kostima pasa hrtova manje mineralne gustoće koja su podložnija prijelomima. Pravilan položaj objekta mjerenja važan je zbog toga što DEXA osteodenzitometar trodimenzionalnu strukturu prevodi u dvodimenzionalnu sliku. MARKEL i sur. (1994.) navode osteodenzitometrijske vrijednosti u različitim položajima dugih kostiju pasa. Autori su utvrdili da lateromedijalni pravac mjerenja u dugih kostiju ovalnog oblika predstavlja deblju dimenziju kosti i daje nešto veće vrijednosti nego kraniokaudalni smjer. Isti autori (MARKEL i sur., 1993.) su utvrdili da razlike u vrijednostima mineralne gustoće dugih kostiju lijevog i desnog uda ne pokazuju značajne razlike te se takvo mjerenje može koristiti kao kontrolno. Te rezultate potvrdili su i FRANCK i sur. (1997.) mjerenjem mineralne gustoće lijeve i desne noge u čovjeka. Na kostima lijeve i desne ruke čovjeka opisana je pojava veće vrijednosti mineralne gustoće na kostima dominantne ruke (TAFTE i sur., 1994.).

U velikih životinja, konji i goveda, mjerenje mineralne gustoće kosti obavlja se samo *ex vivo* u eksperimentalne ili dijagnostičke svrhe. Za kliničku upotrebu osteodenzitometrije u tih životinja bilo bi potrebno konstruirati poseban uređaj prilagođen veličini i položajima tijela. Na živim životinjama bila bi moguća mjerenja samo na

distalnim dijelovima udova (GRIER I TURNER, 1996.). Na kostima metapodija konja DEXA metoda je primjenjiva u svrhu utvrđivanja utjecaja prehrane, lijekova i hormona na pregradnju koštanog tkiva i promjene mineralne gustoće kosti, te procjene spomenutih utjecaja kao činitelja rizika od prijeloma kosti (McCLURE i sur. 2001.).



### 3.1. Životinje

Istraživanje je obavljeno na ukupno 69 životinja podjeljenih u četiri skupine prema vrsti i spolu. Istraženo je 26 mužjaka i 31 ženka dobrog dupina (*Tursiops truncatus*) te 5 mužjaka i 8 ženki plavobijelog dupina (*Stenella coeruleoalba*). Obje vrste su u Hrvatskoj najstrože zaštićene prema Pravilniku o zaštiti pojedinih vrsta sisavaca (Mammalia) Zakona o zaštiti prirode, donesenom 17. svibnja 1995. godine. Dupini obuhvaćeni ovim istraživanjem uginuli su u prirodi i pronađeni su na obali ili u moru hrvatskog dijela Jadranskog mora u razdoblju od 1997. do 2005. godine.

#### 3.1.1. Dobri dupini (*Tursiops truncatus*), mužjaci:

U ovim istraživanjima obuhvaćeno je 26 mužjaka dobrog dupina.

D019 je mužjak dobrog dupina čija je dob procijenjena na oko 7 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 240 cm. Pronađen je 16. kolovoza 1997. godine, naplavljen na otočić Barbarin u blizini Poreča. Istraživanje s razudbom je obavljeno na mjestu nalaza i pri tome su odvojene prsne peraje. U trenutku nalaza lešina je bila vrlo stara, a vjerojatni uzrok uginuća nije utvrđen.

D018 je muško mladunče dobrog dupina, sasvim mlado ili čak novorođenče. GLG metodom mu nije procijenjena starost jer mu zubi još nisu izbili iz zubnice. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 125 cm, a masa oko 13 kg. Pronađen je 2. kolovoza 1997. godine u uvali Tiha, pokraj uvale Martinšćica na otoku Cresu. Dopremljen je na Zavod za anatomiju histologiju i embriologiju Veterinarskog fakulteta u Zagrebu gdje je u cijelosti konzerviran u formalinu, a kao uzrok uginuća pretpostavljena je pupčana kila.

D022 je mlađi mužjak dobrog dupina čija je dob procijenjena na oko 3 godine. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 234 cm. Pronađen je 17. ožujka 1998. godine, u ribarskoj mreži na dubini od oko 60 m, u moru uz otočić Melevrin kod mjesta Kanica pokraj Rogoznice. Razudba je obavljena na mjestu gdje je izvučen na obalu. Uzrok smrti bio je utapljanje.



Sl. 1 Dobri dupin (D22; mužjak, star oko 3 godine, pronađen kod Rogoznice) na mjestu nalaza.

D023 je mužjak dobrog dupina u dobi od oko 11 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 291 cm. Pronađen je 12. siječnja 1999. godine u staroj gradskoj luci, u Dubrovniku gdje ga je more izbacilo za jakog juga. Razudba je obavljena na terenu, a uzrok uginuća najvjerojatnije je bilo ugušenje zbog stranog tijela u ždrijelu i jednjaku (velika riba vrste crveni mačincac).

D032 je mužjak dobrog dupina u dobi od oko 3 godine, ukupne tjelesne dužine od 208 cm i mase 128 kg. Pronađen je 1. studenog 1999. godine na obali u blizini južnog dijela Rovinja. Dopremljen je na Veterinarski fakultet u Zagrebu, a uzrok uginuća nije utvrđen.

D036 je mužjak dobrog dupina u dobi od oko 10 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 282 cm, a masa 156 kg. Pronađen je 1. prosinca 1999. godine u uvali Veli porat na otoku Šćedro. Dopremljen je na Veterinarski fakultet gdje je obavljena razudba. Uzrok uginuća bilo je ugušenje izazvano strangulacijom grkljana komadom najlonske ribarske mreže.

D040 je mužjak dobrog dupina u dobi od oko 13 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 288 cm, a masa 288 kg. Pronađen je 17. ožujka 2000. godine u moru Kornatskog otočja. Razudba je obavljena na Veterinarskom fakultetu, a uzrok uginuća najvjerojatnije je iskrvarenje zbog duboke ubodne rane u području desne strane vrata.

D062 je mužjak dobrog dupina u dobi od oko 14 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 290 cm, a masa 155 kg. Pronađen je 19. srpnja 2001. godine, u moru ispred

mjesta Vrboska na otoku Hvaru. Dopremljen je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća nije utvrđen zbog uznapredovalih postmortalnih promjena.

D064 je mužjak dobrog dupina u dobi od oko 17 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 312 cm, a masa 305 kg. Pronađen je 9. listopada 2001. godine u uvali Karpinjan pokraj Novigrada Istarskog. Razudba je obavljena na Veterinarskom fakultetu, a uzrok uginuća je tumor gušterače.

D072 je mužjak dobrog dupina u dobi od oko 10 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 235 cm, a masa 153 kg. Pronađen je 5. siječnja 2002. godine u moru ispred luke u Ninu i dopremljen na Veterinarski fakultet u Zagreb. Uzrok uginuća je akutna upala pluća.

D080 je mužjak dobrog dupina u dobi od oko 17 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 294 cm, a masa 324 kg. Pronađen je 1. ožujka 2002. godine u Kukljici na otoku Ugljanu odakle je prevezen na Veterinarski fakultet u Zagreb. Uzrok smrti je ugušenje zbog strangulacije grkljana ribarskom mrežom.

D088 je mužjak dobrog dupina u dobi od oko 11 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 249 cm, a masa 135 kg. Pronađen je 18. lipnja 2002. godine u moru uz Virski most kod Nina gdje je izvučen na obalu i prevežen na Veterinarski fakultet u Zagreb. Uzrok uginuća nije utvrđen zbog starosti lešine.

D099 je mužjak dobrog dupina u dobi od oko 12 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 256 cm, a masa 249 kg. Pronađen je 8. listopada 2002. godine u moru u blizini otoka Škarde pored otoka Paga. Dopremljen je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća su posljedice podvodne eksplozije.

D100 je mužjak dobrog dupina u dobi od oko 12 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 270 cm, a masa 215 kg. Pronađen je 23. listopada 2002. godine u moru uz obalu u Piligrinu, južno od Umaga. Dopremljen je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća su posljedice jake upale gušterače.

D101 je mužjak dobrog dupina u dobi od oko 5 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 212 cm, a masa 98 kg. Pronađen je na obali Sjeverne luke u Splitu te je prevežen na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća nije utvrđen zbog uznapredovalih postmortalnih promjena.

D103 je mužjak dobrog dupina u dobi od oko 2 godine. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 186 cm, a masa 101 kg. Pronađen je 14. ožujka 2003. godine na zapadnoj obali otoka Vira. Dopremljen je na Veterinarski fakultet gdje je obavljena razudba. Uzrok uginuća je utapljanje zbog zaplitanja u ribarsku mrežu.

D104 je mužjak dobrog dupina u dobi od oko 20 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 277 cm, a masa 210 kg. Pronađen je 17. srpnja 2003. godine u moru između otoka Cresa i Rapca. Dopremljen je na Veterinarski fakultet u Zagrebu, ali uzrok uginuća nije utvrđen zbog uznapredovalih postmortalnih promjena.

D110 je mužjak dobrog dupina u dobi od do 1 godine. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 160 cm, a masa 43,5 kg. Pronađen je 26. listopada 2003. godine na obali u Baškoj Vodi. Dopremljen je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uginuće životinje vjerojatno je povezano sa zatajenjem srca zbog razvojnih anomalija.

D112 je mužjak dobrog dupina u dobi od oko 20 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 303 cm, a masa 268 kg. Pronađen je 20. prosinca 2003. godine na rtu Duba, na Pelješcu. Dopremljen je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća su posljedice strangulacije grkljana ribarskom mrežom.

D113 je mužjak dobrog dupina u dobi od oko 7 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 215 cm, a masa 144 kg. Pronađen je 16. siječnja 2004. godine na otoku Sv. Katarina kod Rovinja. Dopremljen je na Veterinarski fakultet u Zagrebu gdje je obavljena razudba, ali uzrok uginuća nije utvrđen.

D124 je mužjak dobrog dupina u dobi od oko 17 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 301 cm, a masa 205 kg. Pronađen je 1. studenog 2004. godine na obali u blizini Novigrada Istarskog. Lešina je dopremljena na Veterinarski fakultet u Zagrebu gdje je obavljena razudba, ali uzrok uginuća nije utvrđen zbog jakih postmortalnih promjena.

D126 je mužjak dobrog dupina u dobi od oko 19 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 266 cm, a masa 182 kg. Pronađen je 14. rujna 2004. godine u Zavalatici na otoku Korčuli. Dopremljen je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Životinja je uginula utapanjem u ribarskoj mreži.

D129 je mužjak dobrog dupina u dobi od oko 14 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 280 cm, a masa 168 kg. Pronađen je 24. rujna 2004. godine na obali u Rovinju.

Dopremljen je na Veterinarski fakultet gdje je obavljena razudba. Uzrok uginuća je utapanje u ribarskoj mreži.

D131 je mužjak dobrog dupina u dobi od oko godine dana. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 177 cm, a masa 175 kg. Pronađen je 14. prosinca 2004. godine u moru kod Luke na Dugom otoku. Dopremljen je na Veterinarski fakultet u Zagreb gdje je obavljena razudba. Životinja je uginula utapanjem u ribarskoj mreži.

D133 je mužjak dobrog dupina čija dob nije utvrđena. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 270 cm, a masa 215 kg. Pronađen je 21. travnja 2005. godine na hotelskoj plaži u Boninovu kod Dubrovnika. Dopremljen je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća nije utvrđen zbog uznapredovalih postmortalnih promjena.

D136 je mužjak dobrog dupina nepoznate dobi. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 260 cm, a masa 170 kg. Pronađen je 15. lipnja 2005. godine u moru ispred Rogoznice. Dopremljen je na Veterinarski fakultet gdje je obavljena razudba. Uzrok uginuća je ugušenje zbog strangulacije grkljana ribarskom mrežom.

### **3.1.2. Dobri dupini (*Tursiops truncatus*), ženke:**

Pretrage su obavljene kod 31 životinje.

D016 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 7 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 275 cm. Pronađena je 7. svibnja 1997. godine na dnu mora, pokraj luke u Martinšćici na otoku Cresu. Uzrok uginuća nije utvrđen.

D017 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 13 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je 274 cm. Pronađena je 30. srpnja 1997. godine, na obali rta Nart, na otoku Unije. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća nije utvrđen.

D25 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 12 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 278 cm, a masa 228 kg. Pronađena je 27. veljače 1999. godine u moru nedaleko od mjesta Vrsi - Mulo pokraj Nina. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je tumor predželuca.

D035 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 14 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 258 cm, a masa 163 kg. Pronađena je 24. studenoga 1999. godine na žalu između Solina i rta Glavice, pokraj Vrboske i Jelse na otoku Hvaru. Dopremljena je

na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je poslijeporođajna ruptura ventralne trbušne stijenke i mokraćnog mjehura.

D038 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 21 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 286 cm, a masa 261 kg. Pronađena je 12. siječnja 2000. godine u rijeci Zrmanji, oko 2 km nizvodno od Obrovca. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je povezan sa akutnim gladovanjem zbog nakupine velikog broja nematoda i komada ribarske mreže u predželucu.

D039 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 17 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 276 cm, a masa 192 kg. Pronađena je 2. ožujka 2000. godine, južno od ušća Neretve, kod mjesta Duboka, nedaleko od Slivnog. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je kaheksija zbog u dobi od, istrošenih zubi te kroničnih promjena na grkljanu oko kojeg je pronađen namotani komad najlonske mreže.

D041 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 12 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 261 cm, a masa 224 kg. Pronađena je 27. travnja 2000. godine, na obali u mjestu Milna na otoku Hvaru. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je povezan s tumorom pilorusnog želuca i gušterače.

D046 je ženka dobrog dupina u dobi od manje od 1 godine ili novorođenče. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 122 cm, a masa 23,65 kg. Pronađena je 3. srpnja 2000. godine, na obali južno od Miholašćice na otoku Cresu. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je prirođena pupčana hernija.

D051 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 21 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 275 cm. Pronađena je 15. veljače 2001. godine, na obali u Ugljanu, na otoku Ugljanu. Uzrok uginuća je povezan s poslijeporođajnim vulvitisom i mastitisom.

D054 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 17 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 281 cm, a masa 236 kg. Pronađena je 18. ožujka 2001. godine u moru kanala između otoka Plavnika i otoka Cresa. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je utapanje povezano s posljedicama kronične srčane insuficijencije.

D055 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 2 godine. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 165 cm, a masa 62 kg. Pronađena je 23. ožujka 2001. godine, na obali

kod grada Hvara. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je utapanje u ribarskoj mreži.

D57 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 7 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 246 cm. Pronađena je na obali između Novigrada i Podgradine. Uzrok uginuća nije utvrđen zbog uznapredovalih postmortalnih promjena.

D063 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 2 godine. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 200 cm. Pronađena je 17. ožujka 2001. godine na obali kod mjesta Kaštel Štafilić. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je povezan s prirođenim anomalijama srca (*ductus arteriosus et foramen ovale persistens*).

D066 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 11 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 283 cm, a masa 199 kg. Pronađena je 6. studenog 2001. godine na obali u Bačvicama, grad Split. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je ugušenje zbog strangulacije grkljana ribarskom mrežom.

D083 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 11 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 266 cm, a masa 180 kg. Pronađena je 25. travnja 2002. godine u uvali Viševica, između Petrčana i Zatona kod Zadra. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća nije utvrđen.

D087 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 5 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 188 cm, a masa 79 kg. Pronađena je 16. lipnja 2002. godine na obali kod Žrnovske Banje na otoku Korčuli. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je povezan s gnojnom upalom lijeve mliječne žlijezde.

D091 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 13 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 280 cm, a masa 246 kg. Pronađena je 11. srpnja 2002. godine u uvali Dalje, sjeverno od Novigrada. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je povezan s poslijeporođajnim komplikacijama ili pobačajem.

D092 je ženka dobrog dupina u dobi od manje od 1 godine. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 134 cm, a masa 32 kg. Pronađena je 2. kolovoza 2002. godine na otoku Školjić, ispred Jezera na otoku Murteru.. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je jaka trauma nastala tupim udarcem u područje grudnog dijela leđa.

D096 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 12 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 268 cm, a masa 169 kg. Pronađena je 22. kolovoza 2002. godine, U marini Červar, kod Poreča. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća nije utvrđen.

D097 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 4 godine. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 192 cm, a masa 66 kg. Pronađena je 10. rujna 2002. godine na obali vojne lučice Vargarola kod Pule. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća nije utvrđen zbog uznapredovalih postmortalnih promjena.

D102 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 20 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 262 cm, a masa 216 kg. Pronađena je 24. prosinca 2002. godine u Tarskoj vali naušću rijeke Mirne u Istri. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je ugušenje zbog strangulacije grkljana ribarskom mrežom.

D107 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 3 godine. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 172 cm, a masa 57 kg. Pronađena je 24. rujna 2003. godine u Malostonskom kanalu u blizini Neuma. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je utapanje u ribarskoj mreži.

D108 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 17 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 277 cm, a masa 209 kg. Pronađena je 6. listopada 2003. godine u uvali Makrina, pokraj Pirovca.. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagreb. Uzrok uginuća je upala pluća povezana s jakom invazijom plućnih nematoda.

D111 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 10 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 251 cm, a masa 130 kg. Pronađena je 30. studenog 2003. godine kod mjesta Preko na otoku Ugljanu. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća nije utvrđen zbog uznapredovalih postmortalnih promjena.

D114 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 19 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 277 cm. Pronađena je 16. veljače 2004. godine kod rta Savudrija. Uzrok uginuća nije utvrđen zbog uznapredovalih postmortalnih promjena.

D117 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 16 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 279 cm. Pronađena je 24. travnja 2004. godine u uvali Zamošće, kod Kučišća na Pelješcu. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća nije utvrđen zbog uznapredovalih postmortalnih promjena.



D118 je ženka dobrog dupina nepoznate dobi. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 191 cm. Pronađena je 10. svibnja 2004. godine na plaži u gradu Krku. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća nije utvrđen zbog uznapredovalih postmortalnih promjena.

D120 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 15 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 284 cm, a masa 206 kg. Pronađena je 28. svibnja 2004. godine u Prožurskoj luci na otoku Mljetu. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je vezan uz kronične promjene na srcu.

D127 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 7 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 231 cm, a masa 130 kg. Pronađena je 20. rujna 2004. godine u blizini Savudrije. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je povezan uz nekrotične promjene zatiljnog zgloba.

D128 je ženka dobrog dupina u dobi od oko 4 godine. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 190 cm, a masa 60 kg. Pronađena je 22. rujna 2004. godine u moru zapadno od Pule. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća nije utvrđen zbog uznapredovalih postmortalnih promjena.

### **3.1.3. Plavobijeli dupini (*Stenella coeruleoalba*), mužjaci:**

Pretragom je obuhvaćeno 5 životinja.

D027 je mužjak plavobijelog dupina u dobi od oko 11 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 198 cm, a masa 99 kg. Pronađen je 23. lipnja 1999. godine u rijeci Krki pokraj Skradina. Dopremljen je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je povezan s masovnom akutnom infestacijom s dvije vrste parazita u kaudolateroventralnoj trbušnoj stijenci.

D034 je mužjak plavobijelog dupina u dobi od oko 3 godine. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je oko 140 cm, a masa 40 kg. Pronađen je 14. studenog 1999. godine u blizini Trogira. Dopremljen je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća nije utvrđen.



Sl. 2 Plavobijeli dupin (D27; mužjak, dobi od oko 11 godina) prije razudbe u sekcijskoj dvorani Zavoda za anatomiju, histologiju i embriologiju Veterinarskog fakulteta u Zagrebu.

D071 je mužjak plavobijelog dupina u dobi od oko 13 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 208 cm, a masa 99 kg. Pronađen je 19. siječnja 2002. godine u moru južno od Meraga na otoku Cresu. Dopremljen je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Životinja je uginula iznenadnom nasilnom smrću od posljedica podvodne eksplozije.

D081 je mužjak plavobijelog dupina u dobi od oko 12 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 188 cm, a masa 66,7 kg. Pronađen je 30. ožujka 2002. godine u uvali Ruda na otoku Visu. Dopremljen je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća najvjerojatnije je povezan s velikim apscesom smještenim ispod potkožnog masnog tkiva na lijevoj dorzalnoj strani trupa.

D089 je mužjak plavobijelog dupina u dobi od oko 23 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 209 cm, a masa 98 kg. Pronađen je 21. travnja 2002. godine u rijeci Jadro, nedaleko od Solina kod Splita. Dopremljen je na Veterinarski fakultet u Zagreb. Uzrok uginuća je tumor predželuca.

### 3.1.4. Plavobijeli dupini (*Stenella coeruleoalba*), ženke:

Pretragom je obuhvaćeno 8 životinja.

D029 je ženka plavobijelog dupina u dobi od oko 5 godina. Ukupna tjelesna dužina iznosila je oko 171 cm, a masa 28,5 kg. Pronađena je 18. srpnja 1999. godine na obali u Malinskoj na otoku Krku. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća nije utvrđen zbog uznapredovalih postmortalnih promjena.

D073 je ženka plavobijelog dupina u dobi od oko 17 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 207 cm, a masa 89,5 kg. Pronađena je 5. veljače 2002. godine u moru između otoka Sušca i Korčule. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća su posljedice podvodne eksplozije.

D074 je ženka plavobijelog dupina u dobi od oko 15 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 199 cm, a masa 100 kg. Pronađena je 8. veljače 2002. godine u moru uz otok Brač, između Supetra i Splitske. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je akutni difuzni peritonitis izazvan mehaničkim ileusom.

D078 je ženka plavobijelog dupina u dobi od oko 15 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 202 cm, a masa 86 kg. Pronađena je 21. veljače 2002. godine kod Orebića na Pelješcu. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je povezan s emfizemom pluća.

D079 je ženka plavobijelog dupina u dobi od oko 22 godine. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 198 cm, a masa 91 kg. Pronađena je 25. veljače 2002. godine kod Poreča. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je mehanički ileus i peritonitis.

D115 je ženka plavobijelog dupina u dobi od oko 22 godine. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 197 cm, a masa 96 kg. Pronađena je 16. travnja 2004. godine na ušću Neretve. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća je upala pluća s kojom je vjerojatno povezan i pobačaj u ranoj fazi gravidnosti.



**Sl. 3** Plavobijeli dupin (D74; ženka, u dobi od oko 15 godina) prije razudbe na Zavodu za anatomiju, histologiju i embriologiju Veterinarskog fakulteta u Zagrebu.

D119 je ženka plavobijelog dupina u dobi od oko 20 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 187 cm. Pronađena je početkom svibnja 2004. godine na otoku Ugljanu. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća nije utvrđen zbog uznapređovalih postmortalnih promjena.

D121 je ženka plavobijelog dupina u dobi od oko 12 godina. Ukupna tjelesna dužina ove životinje iznosila je 203 cm, a masa 82 kg. Pronađena je 4. srpnja 2004. godine kod otoka Supetra u blizini Cavtata. Dopremljena je na Veterinarski fakultet u Zagrebu. Uzrok uginuća nije utvrđen zbog uznapređovalih postmortalnih promjena.

### 3.2. Uzimanje uzoraka i metode pretrage

Dupini, obuhvaćeni ovim istraživanjem, pretražni su standardnim postupcima koja se primjenjuje u okviru znanstveno-istraživačkog projekta «Zdravstvene i ostale biološke osobitosti sisavaca Jadranskog mora» (voditelj: Prof. dr. sc. Hrvoje Gomerčić, broj projekta: 0053317, Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske) u rasponu od 1996 do 2005. godine. Nakon detaljnog vanjskog pregleda lešine obavljeno je vaganje, uzimanje tjelesnih mjera, a zatim i razudba životinje. Prilikom razudbe su uzeti uzorci tkiva i organa dupina za potrebe istraživanja i dijagnostike te sve kosti životinje. Podaci o životinji, vanjske tjelesne mjere te uzeti uzorci tkiva i organa upisani su u istraživački protokol u kojem je svaka životinja upisana pod svojim brojem. Konzervirani uzorci tkiva i organa kao i kosturi dupina čuvaju se u Zavodu za anatomiju, histologiju i embriologiju Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Za potrebe ovog istraživanja korištene su neke vanjske tjelesne mjere, histološki uzorci zubi za određivanje dobi životinje. Na desnim prednjim ekstremitetima dupina obavljena su mjerenja mineralne gustoće kosti.

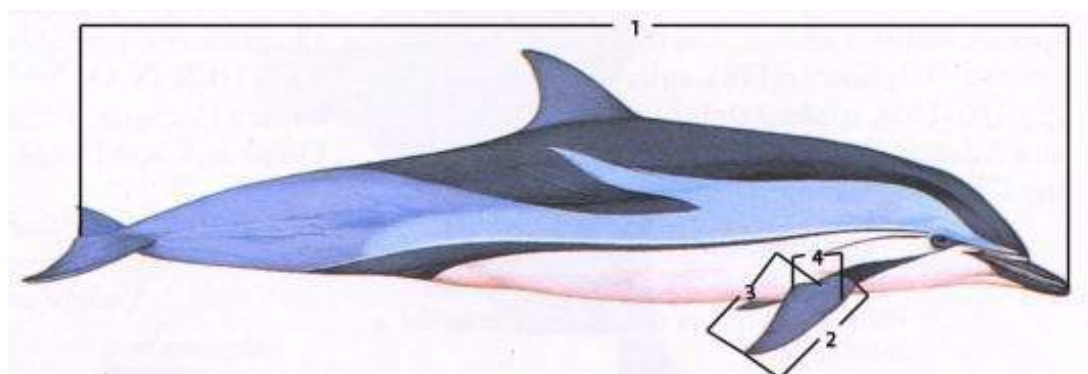
#### 3.2.1. Vanjske tjelesne mjere

Svatom dupinu, prije razudbe, utvrđene su 22 vanjske tjelesne mjere prema PERRINU (1975). Svim životinjama obuhvaćenim ovim istraživanjem, osim jedne, izmjerene su sve potrebne vanjske tjelesne mjere. Kod jednog dupina, zbog postmortalnog oštećenja prsne peraje, nisu izmjerene vanjske mjere prsne peraje (D119, ženka plavobijelog dupina, u dobi od oko 20 godina).

Za potrebe ovog istraživanja korištene su sljedeće vanjske tjelesne mjere, izražene u centimetrima (slika 4):

1. Ukupna dužina tijela (dužina između vrha gornje čeljusti i dna medijane usjekline repne peraje);
2. Kranijalna dužina prsne peraje (dužina između kranijalnog prihvata i vrha prsne peraje);

3. Kaudalna dužina prsne peraje (dužina između kaudalnog prihvata i vrha prsne peraje);
4. Najveća širina prsne peraje.



Sl. 4 Vanjske tjelesne mjere dupina: 1- ukupna dužina tijela; 2 – kranijalna dužina prsne peraje; 3 – kaudalna dužina prsne peraje; 4 – najveća širina prsne peraje.

### 3.2.2. Određivanje dobi životinje

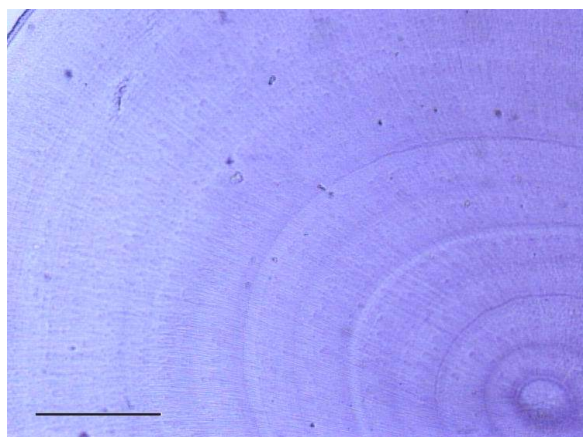
Dob dupina je utvrđena GLG metodom (od engl. *growth layer group*), (MYRICK, 1988.; MYRICK I CORNELL, 1990.; SLOOTEN, 1991.; MOLINA I OPORTO, 1993.; RAMOS I SUR., 2000.). Pretražen je po jedan zub od ukupno 66 životinja. Kod razudbe je najčešće uzorkovan najveći i najmanje istrošeni zub gornje ili donje čeljusti. Nakon mehaničkog čišćenja zuba od ostataka krvi i vezivnog tkiva zubnice i desni, zub je zbog dekalifikacije potopljen u 5%-tnu otopinu dušične kiseline tijekom 24 do 48 sati. Tako obrađen zub ispran je u destiliranoj vodi, montiran na stabilit, a zatim je zamrznut na  $-20^{\circ}\text{C}$  i rezan u kriokatu na odsječke debljine 20 – 30  $\mu\text{m}$ . Poprečni i podužni zubni odsječci obojani su Harrisovim hemalaunom, isprani destiliranom vodom i uklopljeni su u glicerol želatinu. Dobiveni histološki preparati zuba dupina promatrani su svjetlosnim mikroskopom (Nikon Microphot FXA) pod povećanjem od 40 – 100x i stereomikroskopom (Nikon – SMZ – U) te fotografirani uz pomoć digitalne kamere (Sony

– CCD – IRIS/RGB Color Video Camera) i aplikativnog računalnog programa (Adobe Photoshop 4.0) (slike 5 i 6).



**Sl. 5** Podužni presjek zuba dobrog dupina (D032 ), snimljen lupom. Harissov hemalaun; povećanje 5 x 2,5.

Godišnje zone prirasta zuba brojala su tri istraživača neovisno jedan o drugome, a usporedbom dobivenog rezultata utvrđena je starost životinje temeljem najčešće dobivenog broja ili srednje vrijednosti. U slučaju velikih razlika u rezultatima brojanja, istraživači su takav preparat zuba pregledali zajedno te na taj način odredili broj godišnjih zona prirasta zuba.



**Sl. 6** Poprečni presjek zuba plavobijelog dupina (D027 ). Harissov hemalaun; povećanje 10 x 2,5 mjerilo 500  $\mu$ m.

### 3.2.3. Mjerenje mineralne gustoće kosti dupina

Mineralna gustoća kosti (BMD, od engl. *bone mineral density*) mjerena je denzitometrijskom metodom (DEXA, od engl. *dual-energy X-ray absorptiometry*) na nadlaktičnoj kosti i podlaktičnim kostima desnih prsnih peraja svih 69 istraženih životinja. Nakon odvajanja grudnog uda od trupa životinje tijekom razudbe, odvojena je lopatica u ramenom zglobu te koža i meka tkiva, a zatim je priređen koštani preparat prsne peraje dupina (slika 7).



**Slika 7.** Palmarni prikaz desne prsne peraje ženke dobrog dupina (D120, u dobi od oko 15 godina). H, nadlaktična kost; R, palčana kost; U, lakatna kost; C, zapešćajne kosti; M1-5, kosti pesti. Prisutan je prvi članak I. prsta, članci II. i III. prsta, tri članka IV. prsta i jedan članak V. prsta.



Koštani preparat, sastavljen od nadlaktične kosti, podlaktičnih i zapeščajnih kostiju, kostiju pesti i članaka prstiju, izložen je snopu rendgenskih zraka denzitometrijskog uređaja za mjerenje mineralne gustoće kosti (DXA-uređaj, DEXA-uređaj, od engl. *dual-energy X-ray absorptiometer*). Korišten je Hologic QDR-4000 osteodenzitometar (S/N 55428; Hologic Inc., Waltham, MA, USA) smješten u Laboratoriju za mineralizirana tkiva, Zavoda za anatomiju Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (slika 8).



Sl. 8 Osteodenzitometar Hologic QDR 4000.

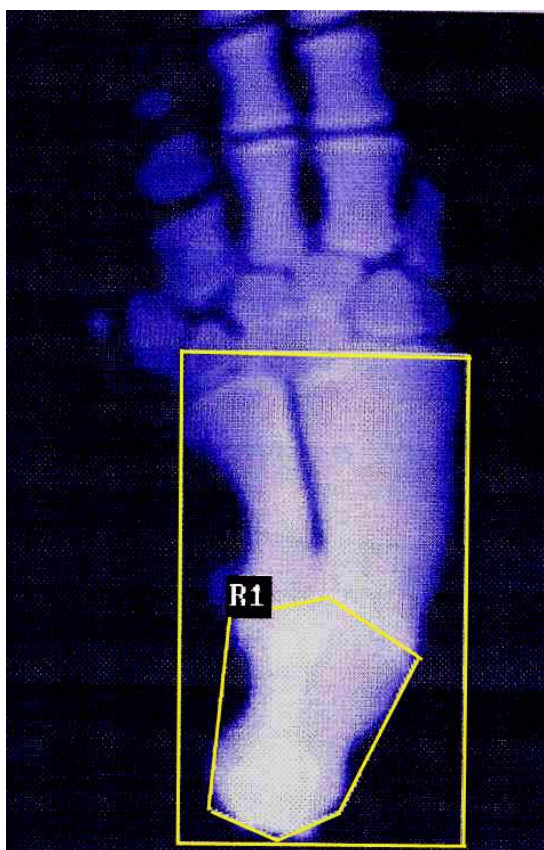
Uređaj se sastoji od tri osnovna dijela. Generator rendgenskih zraka i rendgenska cijev su smješteni ispod objekta (pacijenta) i proizvode rendgenske zrake energije od 70 keV i 140 keV, pri jakosti od 2.0 mA i frekvenciji 50 Hz. Skupina osteodenzitometara u koju spada i uređaj korišten za ovo istraživanje, prema objektu usmjeravaju snop paralelnih rendgenskih zraka. Tako nastaje rezolucija od 4,3 x 4,3 mm. Treći osnovni dio je kristalni detektor koji se nalazi u pokretnom dijelu uređaja smještenom iznad objekta, mjeri prolazne rendgenske zrake. Doza zračenja koju objekt (pacijent) primi tijekom jednog mjerenja je manja od 2,0  $\mu\text{Gy/hr}$  (ili 0,2 mrad/hr) na udaljenosti 1 m od izvora zračenja. Uređaj je opremljen i vlastitim sustavom za podešavanje ili kalibraciju izvora zračenja. Kontrola rada uređaja provodi se svakodnevnim kalibriranjem pomoću

antropomorfno fantoma koji simulira L1 do L4 segment kralježnice čovjeka poznatog mineralnog sadržaja i gustoće. Osteodenzitometar je opremljen i računalnim sustavom koji sa svojim računalnim programima omogućuje mjerenja posteroanteriornih položaja slabinske kralježnice, bedrene kosti, ramena čovjeka, cijele kralježnice djeteta, femoralnih proteza i kostiju malih životinja. Uređaj posjeduje i sustav za usmjeravanje snopa x-zraka prema objektu na principu automatskog mijenjanja usmjerivača (engl., *collimator*) postavljenih ispred izvora zračenja. Zbog toga se odabir računalnog programa za mjerenje gustoće kosti obavlja prije samog mjerenja, nakon čega uređaj automatski regulira smjer i intenzitet zračenja prema području tijela i kostima na koje se program odnosi (ANONIMUS, 1989.; BARTHE I SUR., 1997.).

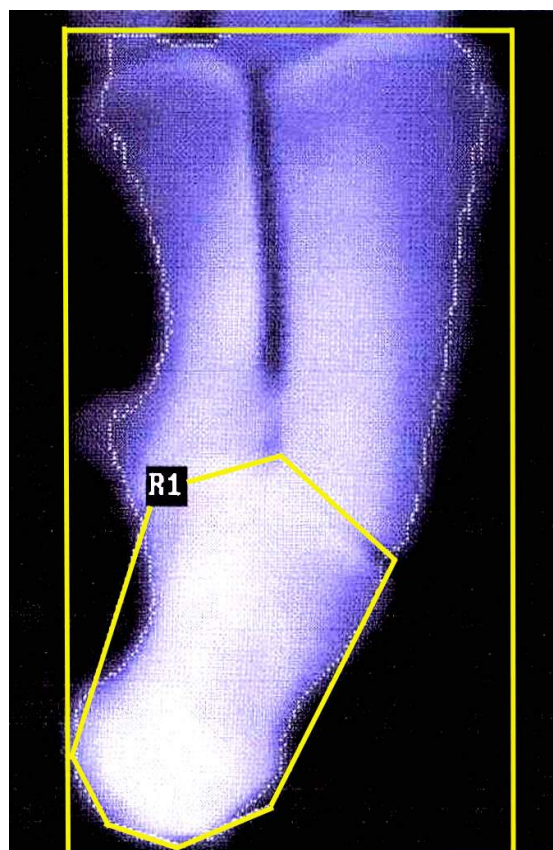
Neposredno prije mjerenja, koštani preparat prsne peraje je položen na leksan (od engl., *lexan*) ploču (*Acrylic Scan Platform*, Hologic Inc., Waltham, MA, USA) koja je prethodno postavljena na stol osteodenzitometra. Leksan ploča je posebno konstruirana, izrađena od čistog akrilika, pravokutnog oblika i dimenzija 39 x 24 x 4 cm. Apsorpcija rendgenskih zraka u toj ploči je jednaka onoj u mekim tkivima pa ih simulira tijekom ozračivanja koštanog uzorka. Kontrola simulacije mekih tkiva obavljena je mjerenjem gustoće kosti na cijeloj, neobrađenoj peraji dupina (D136, mužjak dobrog dupina) bez upotrebe leksan-ploče te ponovljenim mjerenjem koštanog preparata iste prsne peraje s leksan-pločom.

Osteodenzitometrijska slika desne prsne peraje svake pretražene životinje dobivena je dorzopalmarnom projekcijom rendgenskih zraka. Tehničke osobine DXA-uređaja Hologic QDR-4000 (Hologic Inc., Waltham, MA, USA) omogućuju trajanje mjerenja jednog uzorka prsne peraje dupina prosječno 10 minuta (od 7 do 13 minuta, ovisno o veličini uzorka). Mineralna gustoća kosti pretraženih uzoraka analizirana je upotrebom originalnih računalnih programa ugrađenih u sustav osteodenzitometra. Svih 69 uzoraka prsnih peraja dupina analizirano je računalnim programom za kralježnicu čovjeka (Performance Spine Scan Analyse Software® - Ver. 8.26, Hologic Inc., Waltham, MA, USA). Taj program omogućuje analizu više različitih područja unutar istog uzorka sa mogućnošću slobodnog određivanja granica zadanih područja. Na osteodenzitometrijskoj slici svake peraje određena su dva područja za mjerenje sadržaja minerala (BMC, od engl. *bone mineral content*) i mjerenje mineralne gustoće kosti (BMD, od engl. *bone mineral*

*density*). Šire područje pretrage (Groi, od engl. *global region of interest*) protezalo se od proksimalnog ruba proksimalne epifize nadlaktične kosti do distalnog ruba distalne epifize podlaktičnih kostiju. Uže područje pretrage (Sroi, od engl. *subregion of interest*) je obuhvaćalo cijelu nadlaktičnu kost. Kada je obavljeno osteodenzitometrijsko snimanje svih uzoraka, pristupa se analizi dobivenih snimaka pomoću odgovarajućeg računalnog programa. Analize svih uzoraka obavila je ista osoba.



Sl. 9



Sl. 10

**Sl. 9, 10** Osteodenzitometrijska slika desne prsne peraje dobrog dupina D038 (Sl. 9) i dobrog dupina D129 (Sl. 10) na kojoj se vidi uže područje pretrage, GROI (pravokutnik koji obuhvaća cijelu nadlaktičnu kost i obje podlaktične kosti) te šire područje pretrage, SROI (R<sub>1</sub>; cijela nadlaktična kost).

Osim toga, osteodenzitometar koji je korišten u ovom istraživanju omogućuje i denzitometriju kostiju malih životinja upotrebom računalnog programa «Rat Whole Body Software®» (Hologic Inc., Waltham, MA, USA). Taj program radi na principu visoke rezolucije (engl., *ultra-high resolution program*) zahvaljujući usmjerivaču snopa rendgenskih zraka (engl., *collimator*) promjera 0,6 mm. Na Taj način obrađene su desne prsne peraje od 24 dobro dupina prema istom protokolu mjerenja kao i na ranije opisanom računalnom programu mjerenja i analize uzoraka.

#### **3.2.4. Statistička obrada podataka**

Podaci dobiveni mjerenjem vanjskih tjelesnih mjera, određivanjem dobi životinja GLG-metodom te osteodenzitometrijskim mjerenjem obrađeni su upotrebom standardnog statističkog računalnog programa «Statistica for Windows 7.1».

#### 4. 1. Vanjske tjelesne mjere pretraženih životinja

Vanjske tjelesne mjere izmjerene su prije razudbe životinje i upisne u istraživački protokol svake životinje zajedno s ostalim podacima o životinji. Pretraženo je 56 dupina koji su prema spolu podjeljeni u dvije skupine.

##### 4.1.1. Vanjske tjelesne mjere dobrih dupina

##### 4.1.1.1. Vanjske tjelesne mjere mužjaka dobrih dupina

##### 4.1.1.1.1. Ukupna dužina tijela mužjaka dobrih dupina

Izmjerene ukupne dužine tijela prikazane su u tablici 1.

Tablica 1. Ukupne dužine tijela mužjaka dobrih dupina.

Redni broj	Oznaka životinje	Ukupna dužina tijela / cm
1.	D018	125
2.	D110	160
3.	D131	175
4.	D103	186
5.	D032	208
6.	D101	212
7.	D113	215
8.	D022	234
9.	D072	235
10.	D019	240
11.	D088	249
12.	D099	256
13.	D136	260
14.	D126	266
15.	D100	270
16.	D104	277
17.	D129	280
18.	D036	282
19.	D040	288
20.	D062	290
21.	D023	291
22.	D080	294
23.	D133	294
24.	D124	301
25.	D112	303
26.	D064	312

Ukupno je pretraženo 26 mužjaka dobrog dupina. Ukupna dužina tijela u 26 mužjaka dobrih dupina koji su obuhvaćeni ovim istraživanjem kreće se u rasponu od 125 cm (D018) do 312 cm (D064). Dužina tijela četiri životinje kraća je od 200 cm, a samo tri životinje su duže od 300 cm. Najveći broj životinja, njih 11, ima ukupnu tjelesnu dužinu od 250 do 300 cm.

#### 4.1.1.1.2. Vanjske mjere prsne peraje mužjaka dobrih dupina

Standardno se određuju tri mjere, a to su kranijalna i kaudalna dužina i najveća širina prsne peraje. Izmjerene vrijednosti prikazane su u tablici 2.

**Tablica 2.** Vrijednosti vanjskih mjera prsne peraje mužjaka dobrih dupina.

Redni broj životinje	Oznaka životinje	Kranijalna dužina prsne peraje /cm	Kaudalna dužina prsne peraje /cm	Najveća širina prsne peraje /cm
1.	D018	20,0	13,5	8,0
2.	D110	24,0	16,0	9,0
3.	D131	30,0	20,0	10,0
4.	D103	29,5	20,5	10,5
5.	D032	32,0	21,5	10,5
6.	D101	30,0	21,0	11,0
7.	D113	33,0	26,0	13,0
8.	D022	38,0	24,0	14,0
9.	D072	40,0	28,0	14,0
10.	D019	33,0	22,0	12,5
11.	D088	34,0	20,0	12,0
12.	D099	42,0	27,0	15,0
13.	D136	30,0	21,0	11,0
14.	D126	41,0	29,0	16,0
15.	D100	41,0	31,0	16,0
16.	D104	44,0	33,0	14,0
17.	D129	44,0	29,0	15,0
18.	D036	39,0	28,0	14,0
19.	D040	48,0	34,0	18,0
20.	D062	40,0	29,0	14,0
21.	D023	41,0	21,0	15,0
22.	D080	43,0	31,0	17,0
23.	D133	38,0	28,0	13,5
24.	D124	41,0	30,0	20,0
25.	D112	49,0	36,5	19,0
26.	D064	44,0	34,0	17,0

#### 4.1.1.2. Vanjske tjelesne mjere ženki dobrih dupina

##### 4.1.1.2.1. Ukupna dužina tijela ženki dobrih dupina

Izmjerene su dužine tijela 30 životinja. Izmjerene vrijednosti prikazane su u tablici 3.

**Tablica 3.** Ukupne dužine tijela ženki dobrih dupina.

Redni broj	Oznaka životinje	Ukupna dužina tijela /cm
1.	D046	122
2.	D092	134
3.	D055	165
4.	D107	172
5.	D087	188
6.	D128	190
7.	D118	191
8.	D097	192
9.	D063	200
10.	D127	231
11.	D057	246
12.	D111	251
13.	D035	258
14.	D041	261
15.	D102	262
16.	D083	266
17.	D096	268
18.	D017	274
19.	D016	275
20.	D051	275
21.	D039	276
22.	D114	277
23.	D108	277
24.	D025	278
25.	D117	279
26.	D091	280
27.	D054	281
28.	D066	283
29.	D120	284
30.	D038	286

Od 30 izmjerenih ženki dobrog dupina, dužine tijela 8 životinja kraće su od 200 cm, a sve su bile kraće od 300 cm. Samo tri životinje su duge od 200-250 cm, a najveći broj pretraženih ženki (19) imao je ukupnu dužinu tijela u rasponu 250-286 cm.

#### 4.1.1.2.2. Vanjske mjere prsne peraje ženki dobrih dupina

Izmjerene vrijednosti kranijalne i kaudalne dužine te najveće širine prsne peraje od 30 pretraženih ženki dobrog dupina prikazane su u tablici 4.

**Tablica 4.** Vrijednosti vanjskih mjera prsne peraje ženki dobrih dupina.

Redni broj	Oznaka životinje	Kranijalna dužina prsne peraje /cm	Kaudalna dužina prsne peraje /cm	Najveća širina prsne peraje /cm
1.	D046	22,0	16,0	8,0
2.	D092	20,5	14,0	7,0
3.	D055	25,0	18,0	9,5
4.	D107	27,0	18,5	10,0
5.	D087	29,0	21,0	10,0
6.	D128	31,0	19,5	10,0
7.	D118	25,0	19,0	8,5
8.	D097	26,5	18,0	10,0
9.	D063	28,0	20,0	10,5
10.	D127	36,0	22,5	16,0
11.	D057	36,0	22,0	11,0
12.	D111	36,5	26,5	13,5
13.	D035	40,0	26,5	14,0
14.	D041	42,0	30,0	16,0
15.	D102	42,0	29,0	18,0
16.	D083	40,0	28,0	14,0
17.	D096	36,0	25,0	13,0
18.	D017	44,0	30,0	16,0
19.	D016	38,5	29,0	15,0
20.	D051	39,0	28,0	15,0
21.	D039	40,0	24,5	13,5
22.	D114	36,0	27,5	12,5
23.	D108	45,0	33,0	16,0
24.	D025	48,0	34,0	17,5
25.	D117	42,5	32,5	16,5
26.	D091	37,5	27,0	14,0
27.	D054	43,5	32,5	18,0
28.	D066	40,0	28,0	15,0
29.	D120	39,0	27,0	15,0
30.	D038	44,0	31,0	17,0



#### 4.1.2. Vanjske mjere plavobijelih dupina

##### 4.1.2.1. Vanjske tjelesne mjere mužjaka plavobijelih dupina

##### 4.1.2.1.1. Ukupna dužina tijela mužjaka plavobijelih dupina

Pretraženo je pet mužjaka plavobijelog dupina. Izmjerene vrijednosti prikazane su u tablici 5.

**Tablica 5.** Ukupne dužine tijela mužjaka plavobijelih dupina.

Redni broj	Oznaka životinje	Ukupna dužina tijela /cm
1.	D034	132
2.	D081	188
3.	D027	198
4.	D071	208
5.	D089	209

Ukupne dužine tijela svih pet pretraženih životinja, nalazi se u rasponu od 132 cm do 209 cm.

##### 4.1.2.1.2. Vanjske mjere prsne peraje mužjaka plavobijelih dupina

Pretraženo je pet mužjaka plavobijelog dupina. Izmjerene vrijednosti kranijalne i kaudalne dužine te najveće širine prsne peraje prikazane su u tablici 6.

**Tablica 6.** Vrijednosti vanjskih mjera prsne peraje mužjaka plavobijelih dupina.

Redni broj	Oznaka životinje	Kranijalna dužina prsne peraje /cm	Kaudalna dužina prsne peraje /cm	Najveća širina prsne peraje /cm
1.	D034	23,5	16,5	7
2.	D081	28	19	8
3.	D027	28	20	9,5
4.	D071	26	19	9,5
5.	D089	30	20	10,5

#### 4.1.2.2. Vanjske tjelesne mjere ženki plavobijelih dupina

##### 4.1.2.2.1. Ukupna dužina tijela ženki plavobijelih dupina

Pretraženo je ukupno osam ženki plavobijelog dupina. Izmjerene vrijednosti prikazane su u tablici 7.

**Tablica 7.** Ukupne dužine tijela ženki plavobijelih dupina.

Redni broj	Oznaka životinje	Ukupna dužina tijela /cm
1.	D029	171
2.	D119	187
3.	D115	197
4.	D079	198
5.	D074	199
6.	D078	202
7.	D121	203
8.	D073	207

Ukupne dužine tijela svih osam ženki plavobijelog dupina koje su obuhvaćene ovim istraživanjem nalazi se u rasponu od 171 cm do 207 cm.

##### 4.1.2.2.2. Vanjske mjere prsne peraje ženki plavobijelih dupina

Vrijednosti kranijalne i kaudalne dužine te najveće širine prsne peraje od 7 ženki plavobijelog dupina koje su obuhvaćene ovim istraživanjem prikazane su u tablici 8.

**Tablica 8.** Vrijednosti vanjskih mjera prsne peraje ženki plavobijelih dupina.

Redni broj	Oznaka životinje	Kranijalna dužina prsne peraje /cm	Kaudalna dužina prsne peraje /cm	Najveća širina prsne peraje /cm
1.	D029	19	15	8
2.	D115	28	20	9
3.	D079	25	17,5	8,5
4.	D074	28	20,5	10
5.	D078	25,5	17	8,5
6.	D121	27	20	10
7.	D073	28,5	21,5	10

U ženke plavobijelog dupina oznake D119, zbog uznapredovalih postmortalnih promjena životinje nije bilo moguće izmjeriti vanjske mjere prsne peraje.

## 4.2. Dob istraženih životinja

Nakon histološke obrade zubi i brojanja godišnjih slojeva prirasta dentina dobivene su dobi istraženih životinja. Sve pretražene životinje kretale su se u dobi od 0,2 do 21 godine.

### 4.2.1. Dob dobrih dupina

#### 4.2.1.1. Dob mužjaka dobrih dupina

Pretragom su obuhvaćena 24 zuba mužjaka dobrih dupina. Tom metodom u dvije životinje (D133; D136) nije procijenjena dob. Uginule životinje nisu imale ni jedan zub zbog uznapredovalih postmortalnih promjena. Dobi pretraženih mužjaka kretale su se od 0,2 do 20 godina.

Procijenjena dob životinje prema broju slojeva dentina prikazana je u tablici 9.

**Tablica 9.** Dob istraženih mužjaka dobrih dupina.

Redni broj	Oznaka životinje	Procijenjena dob /godina
1.	D018	0,2
2.	D110	0,7
3.	D131	1
4.	D103	2
5.	D022	3
6.	D032	3
7.	D101	5
8.	D019	7
9.	D113	7
10.	D036	10
11.	D072	10
12.	D023	11
13.	D088	11
14.	D100	12
15.	D099	12
16.	D040	13
17.	D062	14
18.	D129	14
19.	D064	17
20.	D080	17
21.	D124	17
22.	D126	19
23.	D112	20
24.	D104	20

#### 4.2.1.2. Dob ženki dobrih dupina

Pretraženo je 29 zuba ženki dobrih dupina GLG metodom. Ovom metodom u jedne životinje (D118) nije procijenjena starost zbog toga što uginula životinja nije imala ni jedan zub. Procijenjena dob životinje prema broju slojeva dentina prikazana je u tablici 10 i nalazi se u rasponu od 0,2 do 21 godine.

**Tablica 10.** Dob pretraženih ženki dobrih dupina.

Redni broj	Oznaka životinje	Procijenjena dob /godina
1.	D046	0,2
2.	D092	0,4
3.	D063	2
4.	D055	2
5.	D107	3
6.	D128	4
7.	D097	4
8.	D087	5
9.	D127	7
10.	D016	7
11.	D057	7
12.	D111	10
13.	D083	11
14.	D066	11
15.	D041	12
16.	D025	12
17.	D096	12
18.	D017	13
19.	D091	13
20.	D035	14
21.	D120	15
22.	D117	16
23.	D039	17
24.	D054	17
25.	D108	17
26.	D114	19
27.	D102	20
28.	D051	21
29.	D038	21

## 4.2.2. Dob plavobijelih dupina

### 4.2.2.1. Dob mužjaka plavobijelih dupina

GLG metodom određivanja starosti dupina, utvrđene su dobi u pet mužjaka plavobijelih dupina, prikazana u tablici 11.

**Tablica 11.** Dobi istraženih mužjaka plavobijelih dupina.

Redni broj	Oznaka životinje	Procijenjena dob /godina
1.	D034	3
2.	D027	11
3.	D081	12
4.	D071	13
5.	D089	23

### 4.2.2.2. Dob ženki plavobijelih dupina

Kod svih osam ženki plavobijelog dupina utvrđene su dobi brojanjem slojeva dentina GLG metodom. Dobi pretraženih ženki prikazane su u tablici 12.

**Tablica 12.** Dobi istraženih ženki plavobijelih dupina.

Redni broj	Oznaka životinje	Procijenjena dob /godina
1.	D029	5
2.	D121	12
3.	D078	15
4.	D074	15
5.	D073	17
6.	D119	20
7.	D115	22
8.	D079	22

### **4.3. Mineralna gustoća kosti dobrih i plavobijelih dupina**

Mineralna gustoća kosti dobivena je DEXA metodom, mjerenjem sadržaja minerala na zadanoj površini kosti koja obuhvaća dva područja, a to su šire područje pretrage (BMDG) koje je obuhvatilo nadlaktičnu kost i podlaktične kosti te uže područje pretrage (BMDS) koje je obuhvaćalo samo nadlaktičnu kost. Vrijednosti mineralne gustoće spomenutih kostiju međusobno se razlikuju ovisno o računalnom programu koji određuje snimanje i analizu, a razlikuju se i prema vrsti, spolu i dobi životinja koje su obuhvaćene pretragom. U skladu s tim dobiveni rezultati podijeljeni su u skupine prvenstveno prema vrsti analize, a zatim prema vrsti i spolu životinja. Kost su mjerene analizom za slabinsku kralježnicu čovjeka, PSS analizom (od engl. *Performance Spine Software*) i analizom za male životinje, RWB analizom (od engl. *Rat Whole Body*). Tablični nizovi u svim skupinama pretraženih životinja navedeni su prema rastućim vrijednostima mineralne gustoće kosti na užem području pretrage (BMDS, g/cm<sup>2</sup>).

#### **4.3.1. Mineralna gustoća kosti dobrih dupina dobivena PSS-analizom**

Na desnim prsnim perajama svih pretraženih dobrih dupina obavljena su mjerenja mineralne gustoće nadlaktične kosti i podlaktičnih kostiju primjenom PSS-analize (od engl. *Performance Spine Scan Software*) koja je namijenjena analizi lumbalne kralježnice čovjeka. Dobivene vrijednosti razvrstane su u skupine prema spolu životinja.

#### 4.3.1.1. Mineralna gustoća kosti mužjaka dobrih dupina

Izmjerene vrijednosti mineralne gustoće nadlaktične kosti i podlaktičnih kostiju mužjaka dobrog dupina, dobivene PSS-analizom, prikazane su u tablici 13.

**Tablica 13.** Osteodenzitometrijske vrijednosti dobivene PSS-analizom nadlaktične kosti i podlaktičnih kostiju mužjaka dobrih dupina (BMC, sadržaj minerala; BMD, mineralna gustoća kosti; G, šire područje pretrage; S, uže područje pretrage).

Redni broj	Oznaka životinje	BMC <sub>G</sub> / g	BMC <sub>S</sub> / g	BMD <sub>G</sub> / g/cm <sup>2</sup>	BMD <sub>S</sub> / g/cm <sup>2</sup>
1.	D018	5,460	1,30	0,410	0,414
2.	D110	17,72	6,06	0,556	0,641
3.	D131	25,81	11,98	0,607	0,811
4.	D103	34,44	15,15	0,686	0,952
5.	D088	58,06	23,85	0,787	1,032
6.	D032	49,99	22,21	0,771	1,102
7.	D113	49,58	21,14	0,804	1,130
8.	D126	79,28	37,65	0,866	1,164
9.	D022	63,74	28,82	0,916	1,179
10.	D101	50,60	24,02	0,873	1,226
11.	D072	66,39	29,93	0,886	1,247
12.	D019	70,82	32,79	0,905	1,248
13.	D100	88,21	40,44	0,879	1,275
14.	D129	98,13	45,16	0,920	1,299
15.	D099	87,05	40,75	0,929	1,336
16.	D136	82,01	37,68	0,939	1,353
17.	D133	94,45	43,15	0,957	1,354
18.	D040	113,47	51,13	1,010	1,369
19.	D064	107,83	52,89	1,021	1,452
20.	D036	99,86	46,66	1,035	1,454
21.	D023	109,41	48,12	1,017	1,479
22.	D104	121,95	50,81	1,109	1,538
23.	D112	122,69	56,19	1,113	1,582
24.	D080	129,56	56,86	1,183	1,598
25.	D062	125,51	61,72	1,143	1,635
26.	D124	123,69	57,41	1,155	1,667

#### 4.3.1.2. Mineralna gustoća kosti ženki dobrih dupina

Izmjerene vrijednosti mineralne gustoće nadlaktične kosti i podlaktičnih kostiju ženki dobrog dupina, dobivene PSS-analizom, prikazane su u tablici 14.

**Tablica 14.** Osteodenzitometrijske vrijednosti dobivene PSS-analizom nadlaktične kosti i podlaktičnih kostiju ženki dobrih dupina (BMC, sadržaj minerala; BMD, mineralna gustoća kosti; Groi, šire područje pretrage; Sroi, uže područje pretrage).

Redni broj	Oznaka životinje	BMCg/ g	BMCS/ g	BMDG/ g/cm <sup>2</sup>	BMSD/ g/cm <sup>2</sup>
1.	D046	9,53	3,06	0,443	0,524
2.	D092	8,14	2,64	0,462	0,551
3.	D107	17,7	7,07	0,494	0,661
4.	D087	26,8	11,05	0,585	0,762
5.	D055	21,5	8,80	0,611	0,795
6.	D118	30,94	14,40	0,644	0,850
7.	D128	37,04	17,83	0,671	0,908
8.	D097	33,84	15,95	0,668	0,913
9.	D063	35,91	17,01	0,677	0,920
10.	D016	58,32	25,93	0,730	0,991
11.	D127	52,16	23,36	0,774	1,115
12.	D057	62,53	30,32	0,818	1,138
13.	D111	63,36	30,24	0,835	1,170
14.	D083	71,08	32,89	0,842	1,171
15.	D035	64,38	31,78	0,843	1,181
16.	D054	83,64	38,99	0,860	1,218
17.	D096	74,97	34,57	0,873	1,235
18.	D091	82,55	37,09	0,885	1,257
19.	D108	83,76	35,11	0,919	1,282
20.	D051	76,61	35,22	0,919	1,282
21.	D041	79,09	35,94	0,878	1,303
22.	D102	80,25	38,59	0,883	1,305
23.	D038	89,29	43,96	1,006	1,383
24.	D114	85,88	39,97	0,973	1,387
25.	D066	93,99	44,69	0,988	1,432
26.	D120	93,57	41,97	1,108	1,452
27.	D039	98,52	46,48	1,057	1,462
28.	D025	99,88	45,74	1,016	1,478
29.	D117	104,36	44,63	1,068	1,508
30.	D017	102,87	48,36	1,080	1,606



#### 4.3.2. Mineralna gustoća kosti dobrih dupina dobivena RWB-analizom

Desne prsne peraje 22 dobra dupina analizirane su računalnim programom za snimanje i analizu namijenjenom malim životinjama (RWB, od engl. *Rat Whole Body*). Dobivene vrijednosti mineralne gustoće kosti u muških životinja prikazane su u tablici 15, a vrijednosti dobivene u ženskih životinja prikazane su u tablici 16.

**Tablica 15.** Osteodenzitometrijske vrijednosti dobivene RWB-analizom nadlaktične i podlaktičnih kostiju mužjaka dobrih dupina (BMC, sadržaj minerala; BMD, mineralna gustoća kosti; G, šire područje pretrage; S, uže područje pretrage).

Redni broj	Oznaka životinje	Spol	BMC <sub>G</sub> /g	BMC <sub>S</sub> /g	BMD <sub>G</sub> /g/cm <sup>2</sup>	BMD <sub>S</sub> /g/cm <sup>2</sup>
1.	D022	M	31,24	18,49	0,568	0,801
2.	D032	M	25,26	16,77	0,513	0,812
3.	D072	M	33,25	21,81	0,623	0,912
4.	D019	M	38,36	24,01	0,606	0,938
5.	D040	M	65,54	34,99	0,703	0,985
6.	D023	M	57,53	34,21	0,702	0,999
7.	D064	M	63,07	36,45	0,712	1,049
8.	D080	M	71,79	37,00	0,814	1,081
9.	D062	M	70,41	42,13	0,808	1,140
10.	D036	M	54,41	35,61	0,733	1,117

**Tablica 16.** Osteodenzitometrijske vrijednosti dobivene RWB-analizom nadlaktične i podlaktičnih kostiju ženki dobrih dupina (BMC, sadržaj minerala; BMD, mineralna gustoća kosti; G, šire područje pretrage; S, uže područje pretrage).

Redni broj	Oznaka životinje	Spol	BMC <sub>G</sub> /g	BMC <sub>S</sub> /g	BMD <sub>G</sub> /g/cm <sup>2</sup>	BMD <sub>S</sub> /g/cm <sup>2</sup>
1.	D016	Ž	28,75	16,45	0,465	0,649
2.	D063	Ž	16,34	11,94	0,446	0,679
3.	D057	Ž	33	21,47	0,592	0,883
4.	D054	Ž	42,89	27,07	0,600	0,893
5.	D035	Ž	38,9	25,05	0,620	0,918
6.	D051	Ž	43,11	24,46	0,635	0,919
7.	D038	Ž	49,18	28,72	0,688	0,981
8.	D041	Ž	44,93	27,03	0,625	1,003
9.	D066	Ž	52,55	33,45	0,718	1,043
10.	D039	Ž	57,18	33,74	0,763	1,085
11.	D025	Ž	55,8	34,35	0,728	1,093
12.	D017	Ž	57,08	31,5	0,760	1,153

### 4.3.3. Mineralna gustoća kosti plavobijelih dupina dobivena PSS-analizom

Mjerenjem je obuhvaćeno svih 13 plavobijelih dupina, a vrijednosti mineralne gustoće kosti dobivene su primjenom programa za analizu lumbalne kralježnice čovjeka (PSS-analiza).

#### 4.3.3.1. Mineralna gustoća kosti mužjaka plavobijelih dupina

Dobivene vrijednosti prikazane su u tablici 17.

**Tablica 17.** Osteodenzitometrijske vrijednosti dobivene PSS-analizom nadlaktične kosti i podlaktičnih kostiju mužjaka plavobijelih dupina (BMC, sadržaj minerala; BMD, mineralna gustoća kosti; G, šire područje pretrage; S, uže područje pretrage).

Redni broj	Oznaka životinje	BMCg/ g	BMCS/ g	BMDG/ g/cm <sup>2</sup>	BMSD/ g/cm <sup>2</sup>
1.	D034	12,61	6,06	0,563	0,713
2.	D081	32,05	14,84	0,759	0,987
3.	D027	35,61	15,30	0,784	1,094
4.	D071	37,64	16,02	0,829	1,170
5.	D089	40,57	17,11	0,827	1,139

#### 4.3.3.2. Mineralna gustoća kosti ženki plavobijelih dupina

Vrijednosti mineralne gustoće nadlaktične i podlaktičnih kostiju ženki plavobijelog dupina prikazane su u tablici 18.

**Tablica 18.** Osteodenzitometrijske vrijednosti dobivene PSS-analizom nadlaktične kosti i podlaktičnih kostiju ženki plavobijelih dupina (BMC, sadržaj minerala; BMD, mineralna gustoća kosti; G, šire područje pretrage; S, uže područje pretrage).

Redni broj	Oznaka životinje	BMCg/ g	BMCS/ g	BMDG/ g/cm <sup>2</sup>	BMSD/ g/cm <sup>2</sup>
1.	D029	17,30	7,76	0,599	0,835
2.	D078	26,54	12,71	0,709	0,910
3.	D115	31,29	14,56	0,744	0,966
4.	D119	32,72	14,70	0,693	0,990
5.	D073	33,63	15,77	0,754	1,010
6.	D121	36,51	15,45	0,744	1,034
7.	D074	32,04	15,78	0,760	1,062
8.	D079	34,78	15,57	0,779	1,067

#### 4.4. Statistička obrada podataka

Svi izmjerene vrijednosti na životinjama testirane su primjenom osnovnih statističkih metoda. Njihova međusobna ovisnost je testirana korelacijskim testovima. Neparometrijskim testovima utvrđivane su razlike u parametrima mineralne gustoće kosti između plavobijelog i dobrog dupina te razlike među spolovima unutar skupine dobrih dupina. Unutar skupine plavobijelih dupina, zbog malog broja životinja nije bilo moguće provesti sve statističke testove. Od vrijednosti dobivenih mjerenjem mineralne gustoće kosti korištene su: sadržaj minerala u nadlaktičnoj i podlaktičnim kostima kao širem području pretrage (BMCG, standardna oznaka, od engl. *bone mineral content of global region of interest*), zatim sadržaj minerala u nadlaktičnoj kosti kao užem području pretrage (BMCS, od engl. *bone mineral content of subregion of interest*), mineralna gustoća nadlaktične kosti i podlaktičnih kostiju kao šireg područja pretrage (BMDG, od engl. *bone mineral density of global region of interest*) te mineralna gustoća nadlaktične kosti kao užeg područja pretrage (BMDS, od engl. *bone mineral density of subregion of interest*). Istražena je statistička povezanost navedenih vrijednosti sa podacima dobivenim mjerenjem tjelesnih mjera na životinjama te sa starošću životinja dobivenu procjenom dobi životinje GLG-metodom. Dobivene statističke veličine smatraju se značajnima ako je  $p < 0,05$ .

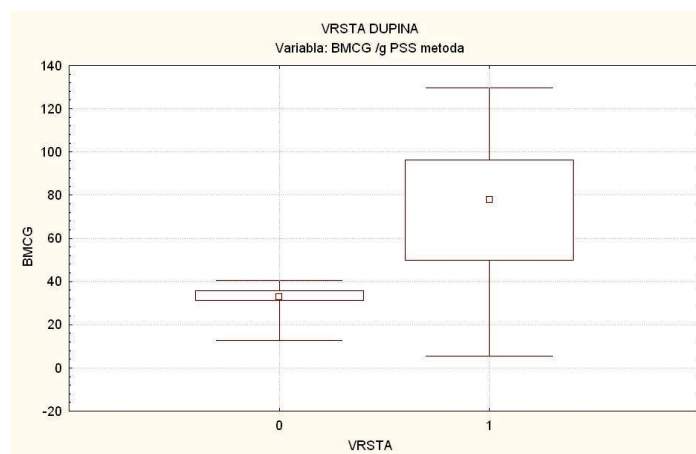
##### 4.4.1. Razlike osnovnih deskriptivnih statističkih vrijednosti prema vrsti i spolu životinje

Razlike u svim izmjerenim vrijednostima kod plavobijelih i dobrih dupina prikazane su grafikonima u kojima su označeni medijan, standardna pogreška i standardna devijacija prema slijedećoj legendi, primjenjivoj na grafikonima prikazanim na slikama 11 - 22, dobivenim Mann-Whitneyevim U-testom:

□ - Medijan

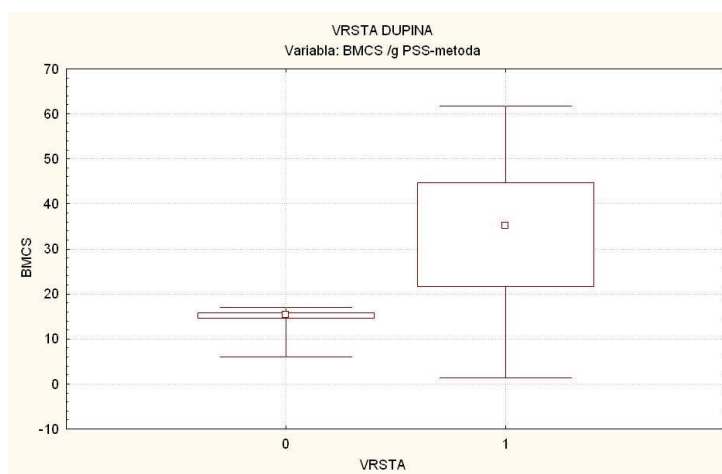
□ -Interaktivni raspon (50% uzoraka)

I -Raspon.



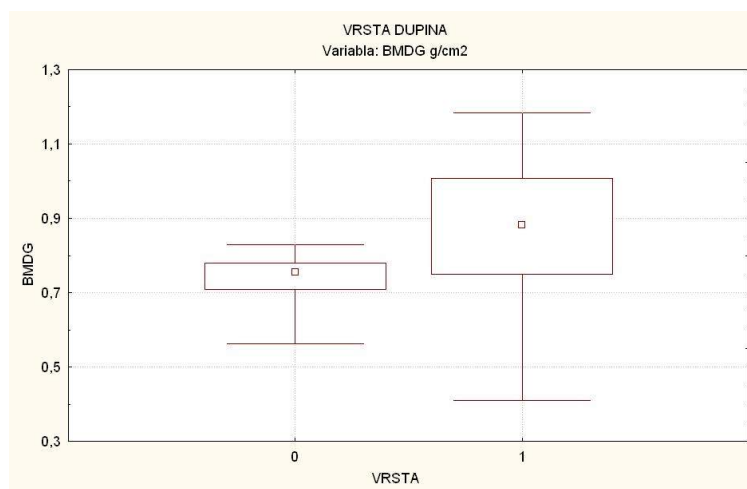
**Slika 11.** Grafički prikaz sadržaja minerala u nadlaktičnoj i podlaktičnim kostima plavobijelog (0) i dobrog (1) dupina (BMCG).

Medijan, interaktivni raspon i raspon sadržaja minerala u širem području pretrage (BMCG) u plavobijelog (0) i dobrog dupina (1), PSS-metoda, prikazane su na slici 11.

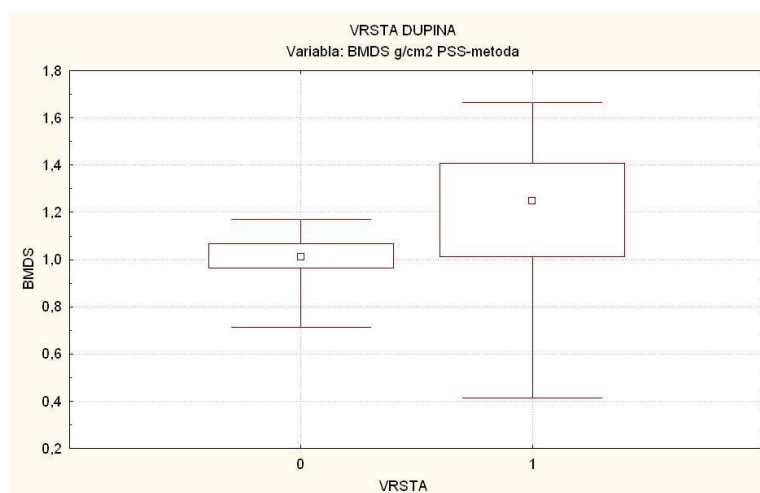


**Slika 12.** Grafički prikaz sadržaja minerala u nadlaktičnoj kosti plavobijelog (0) i dobrog (1) dupina (BMCS).

Medijan, interaktivni raspon i raspon sadržaja minerala u užem području pretrage (BMCS) u plavobijelog (0) i dobrog dupina (1), dobivene PSS-metoda mjerenja, prikazane su na slici 12. Na obje slike uočljive su niže vrijednosti svih statističkih parametara u plavobijelog dupina.



**Slika 13.** Grafički prikaz mineralne gustoće nadlaktične i podlaktičnih kostiju u plavobijelog (0) i dobrog (1) dupina (BMDG)



**Slika 14.** Grafički prikaz mineralne gustoće nadlaktične kosti u plavobijelog (0) i dobrog (1) dupina (BMDS)

Medijan, interaktivni raspon i raspon mineralne gustoće kosti u širem području pretrage (BMDS) i užem području pretrage (BMDG) u plavobijelog (0) i dobrog dupina (1), izmjerene PSS-metodom. Dobivene deskriptivne statističke vrijednosti su niže u plavobijelog dupina nego u dobrog dupina.

Deskriptivne statističke vrijednosti mineralne gustoće kosti, tjelesnih mjera i dobi istraženih dupina prikazane su u tablicama 19 i 20.

**Tablica 19** Deskriptivne statističke vrijednosti u skupini dobrih dupina.

Varijable	Deskriptivna statistika skupine dobrih dupina					
	Broj dupina	Srednja vrijednost	Medijan	Najmanja vrij.	Najveća vrij.	Std.Dev.
DOB	53	10,5377	11,0000	0,2000	21,0000	6,35550
DUZ. TIJELA	56	245,0893	264,0000	122,0000	312,0000	48,73277
KRAN.D. PER	56	36,7321	39,0000	20,0000	49,0000	7,22619
KAUD.D. PER	56	25,6696	27,0000	13,5000	36,5000	5,62161
SIR. PER.	56	71,3959	77,8500	5,4600	129,5600	33,30502
BMCG	56	32,6341	35,1650	1,3000	61,7200	15,59214
BMCS	56	0,8587	0,8810	0,4100	1,1830	0,19052
BMDG	56	1,1924	1,2475	0,4140	1,6670	0,29885

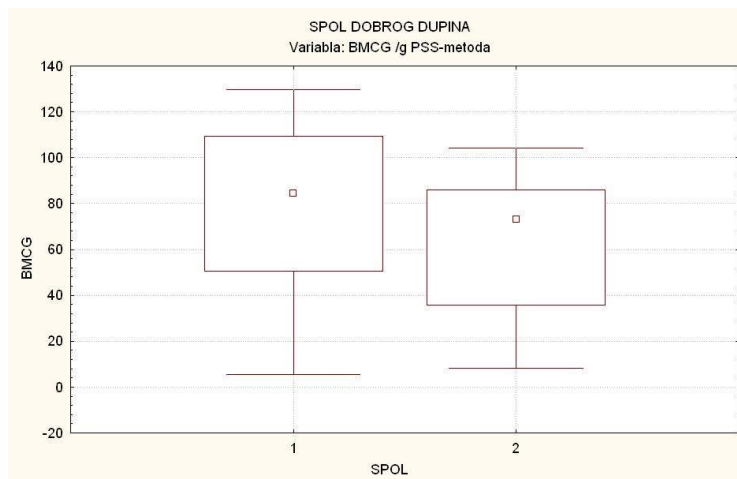
U tablici 19 su prikazane osnovne statističke vrijednosti u skupini dobrih dupina oba spola za sve analizirane varijable kako tjelesnih mjera i dobi, tako i parametara mineralne gustoće kosti. Prosječna dob skupine dobrih dupina je 10,5 godina, dužina 245 cm. Prosječan sadržaj minerala u podlaktičnim i nadlaktičnoj kosti je 71,39 g, a mineralna gustoća kosti istog područja je 0,8587 g/cm<sup>2</sup>. Nadlaktična kost ima prosječno 32,63 g minerala i mineralnu gustoću kosti od 1,1924 g/cm<sup>2</sup>.

**Tablica 20** Deskriptivne statističke vrijednosti u skupini plavobijelih dupina.

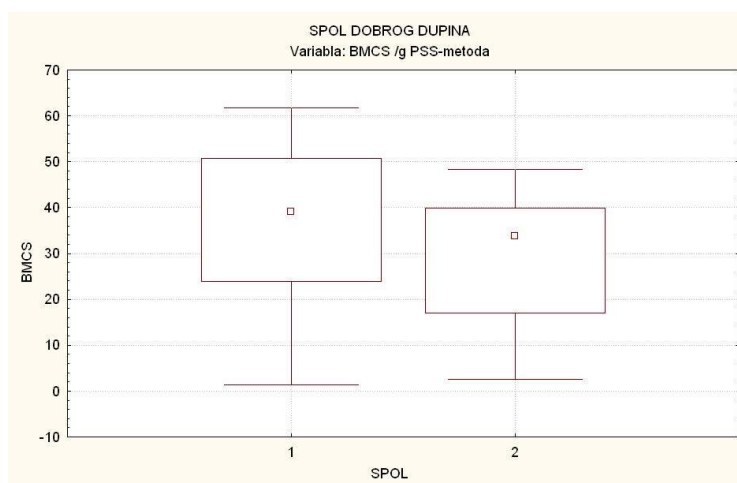
Varijable	Deskriptivna statistika skupine plavobijelih dupina					
	Broj dupina	Srednja vrijednost	Medijan	Najmanja vrij.	Najveća vrij.	Std.Dev.
DOB	14	20,7857	15,0000	3,0000	101,0000	23,85913
DUZ. TIJELA	14	185,7143	198,0000	101,0000	209,0000	31,55807
KRAN.D. PER	13	32,1154	28,0000	19,0000	101,0000	20,88575
KAUD.D. PER	13	25,1538	20,0000	15,0000	101,0000	22,86317
SIR. PER.	13	16,1154	9,5000	7,0000	101,0000	25,52462
BMCG	14	36,0207	33,1750	12,6100	101,0000	12,20393
BMCS	14	20,1879	15,3750	6,0600	101,0000	0,23476
BMDG	14	0,7896	0,7565	0,5630	101,0000	0,26797
BMDS	14	0,8141	1,0220	0,7130	101,0000	0,26727

U tablici 20 su prikazane osnovne statističke vrijednosti u skupini plavobijelih dupina oba spola za sve analizirane varijable kako tjelesnih mjera i dobi, tako i parametara mineralne gustoće kosti. Prosječna dob skupine dobrih dupina je 20,7 godina, dužina 185 cm. Prosječan sadržaj minerala u podlaktičnim i nadlaktičnoj kosti je 36,02 g, a mineralna gustoća kosti istog područja je 0,7896 g/cm<sup>2</sup>. Nadlaktična kost ima prosječno 20,18 g minerala i mineralnu gustoću kosti od 0,8141 g/cm<sup>2</sup>.

#### 4.4.2. Razlike osnovnih deskriptivnih statističkih vrijednosti prema spolu životinje

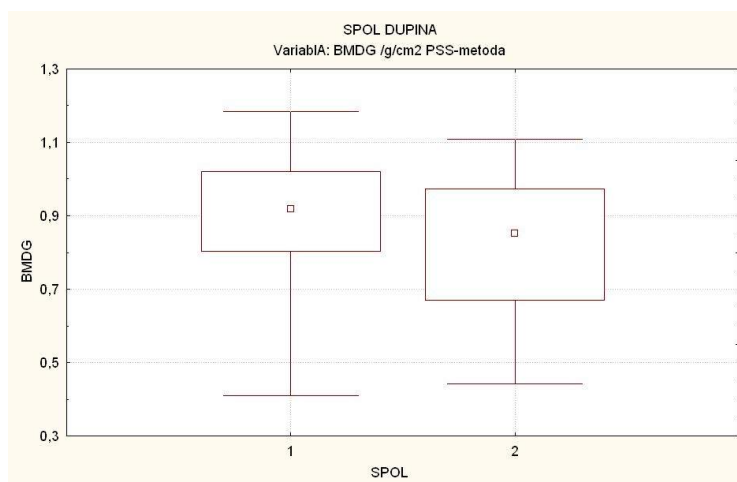


**Slika 15.** Grafički prikaz sadržaja minerala u nadlaktičnoj i podlaktičnim kostima dobrih dupina, (BMCG) mužjaka (1) i ženki (2).



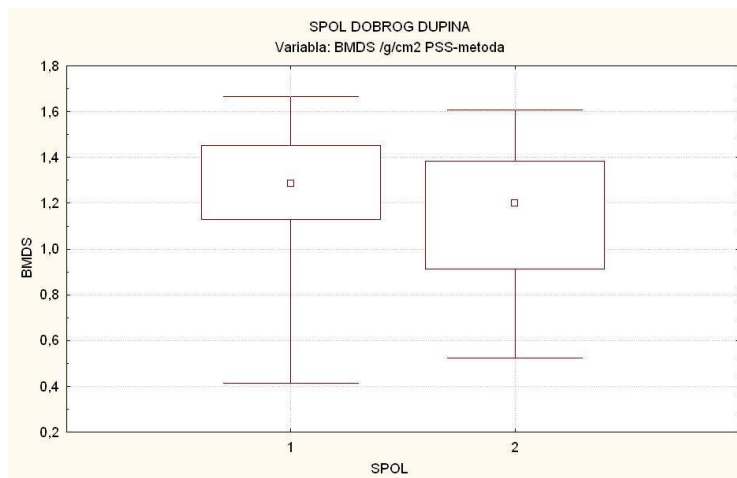
**Slika 16.** Grafički prikaz sadržaja minerala u nadlaktičnoj kosti dobrih dupina, (BMCS) mužjaka (1) i ženki (2).

Medijan, interaktivni raspon i raspon sadržaja minerala kosti u širem području pretrage (BMCS) i užem području pretrage (BMCS) u dobrih dupina, mužjaka(1) i ženki (2), dobivene PSS-metodom mjerenja prikazane su na slici 15 i 16. Vrijednosti koje su dobivenem testiranjem ženskih životinja niže su od onih u muških.



**Slika 17.** Grafički prikaz mineralne gustoće nadlaktične i podlaktičnih kostiju dobrog dupina (BMDG), mužjaka (1) i ženki (2).

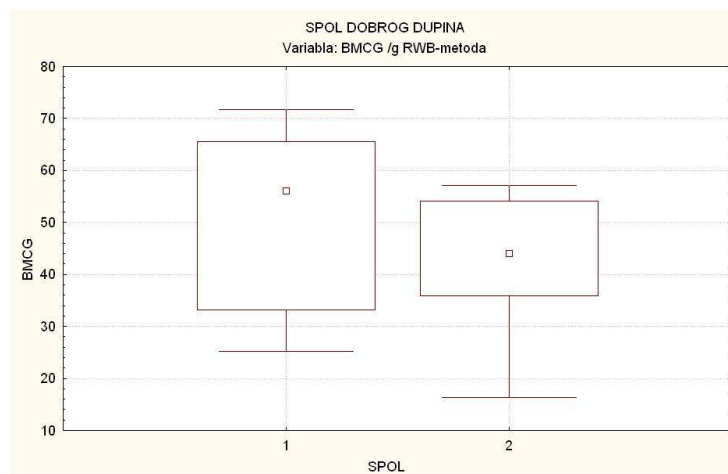
Medijan, interaktivni raspon i raspon mineralne gustoće kosti u širem području pretrage (BMDG) u dobrim dupina, mužjaka (1) i ženki (2), dobivene PSS-metodom mjerenja, prikazane su na slici 17.



**Slika 18.** Grafički prikaz mineralne gustoće nadlaktične kosti dobrog dupina (BMDS), mužjaka (1) i ženki (2).

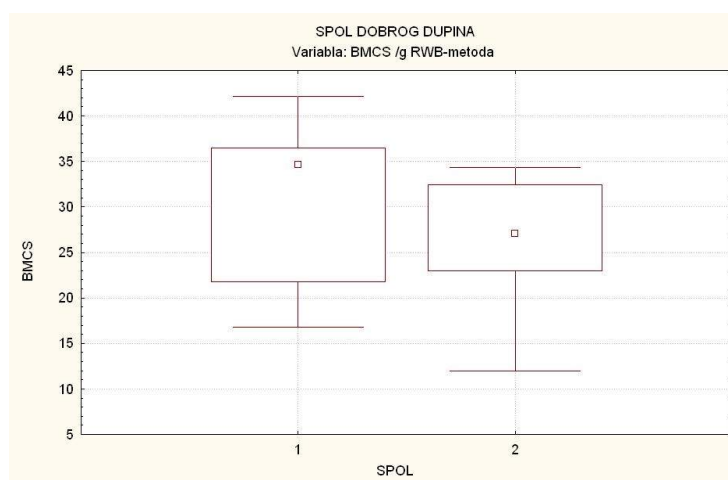
Medijan, interaktivni raspon i raspon mineralne gustoće kosti u širem području pretrage (BMDS) u dobrim dupina, mužjaka (1) i ženki (2), dobivene PSS-metodom mjerenja prikazane su na slici 18. Vrijednosti dobivene testiranjem ženskih životinja su niže od onih u muških.





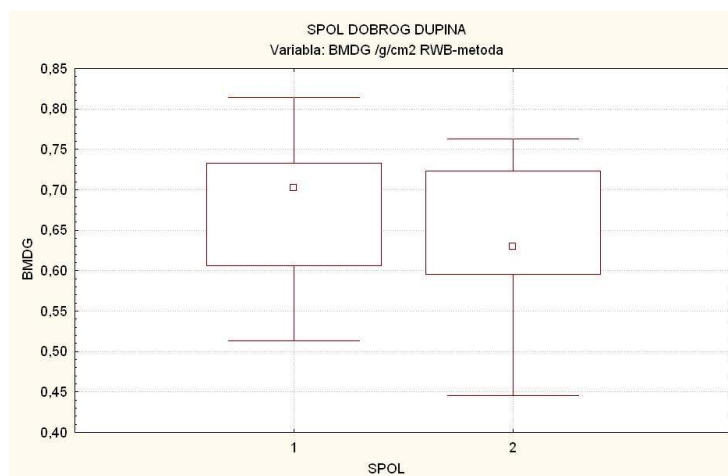
**Slika 19.** Grafički prikaz sadržaja minerala u nadlaktičnoj i podlaktičnim kostima dobrog dupina (BMCG), mužjaka (1) i ženki (2); RWB metoda mjerenja.

Medijan, interaktivni raspon i raspon sadržaja minerala kosti u širem području pretrage (BMCG) u dobrim dupina, mužjaka (1) i ženki (2), dobivene RWB-metodom mjerenja, prikazane su na slici 19.

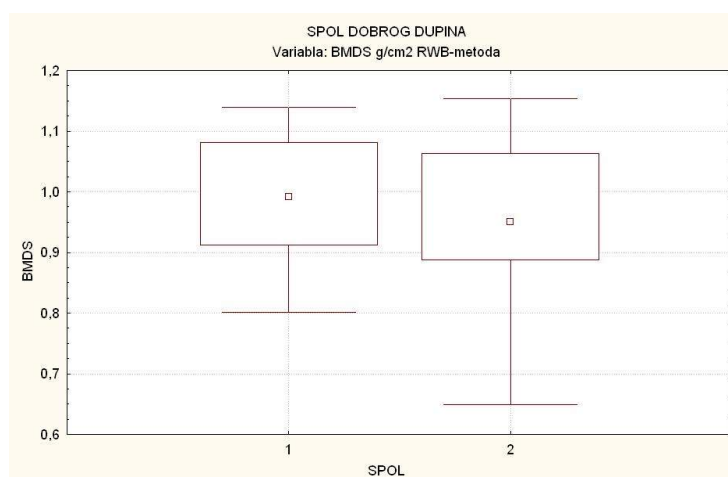


**Slika 20.** Grafički prikaz sadržaja minerala u nadlaktičnoj kosti dobrog dupina (BMCS), mužjaka (1) i ženki (2); RWB metoda mjerenja.

Medijan, interaktivni raspon i raspon sadržaja minerala kosti u širem području pretrage (BMCS) u dobrim dupina, mužjaka (1) i ženki (2), dobivene RWB-metodom mjerenja, prikazane su na slici 20. Vrijednosti dobivene od ženskih životinja niže su od onih u muških.



**Slika 21.** Grafički prikaz mineralne gustoće nadlaktične i podlaktičnih kostiju dobrog dupina (BMDG) mužjaka (1) i ženki (2); RWB metoda mjerenja.



**Slika 22.** Grafički prikaz mineralne gustoće nadlaktične kosti dobrog dupina (BMDS) mužjaka (1) i ženki (2).

Medijan, interaktivni raspon i raspon mineralne gustoće kosti u širem području pretrage (BMDG) te u užem području pretrage (BMDS), u dobrih dupina, mužjaka (1) i ženki (2), dobivene RWB-metodom mjerenja prikazane su na slikama 21 i 22. Podaci dobiveni mjerenjem u ženskih životinja imaju niže statističke vrijednosti nego one u muških životinja.

Osnovne statističke vrijednosti varijabli mineralne gustoće kosti u dobrih dupina oba spola prikazane su u slijedećim tablicama (21 i 22) .

**Tablica 21** Deskriptivne statističke vrijednosti u skupini dobrih dupina muškog spola.

Varijable	Deskriptivna statistika skupine dobrih dupina muškog spola					
	Broj dupina	Srednja vrijednost	Medijan	Najmanja vrij.	Najveća vrij.	Std.Dev.
DOB	24	10,2458	11,0000	0,2000	20,0000	6,41357
DUZ_TIJE	26	250,1154	263,0000	125,0000	312,0000	48,89035
KRANIJ_D	26	37,5962	39,5000	20,0000	49,0000	7,02569
KAUDAL_D	26	26,1538	27,5000	13,5000	36,5000	5,80477
SIR_PER	26	13,3654	14,0000	0,0000	20,0000	4,05107
BMCG	26	79,8350	84,5300	5,4600	129,5600	35,76806
BMCS	26	36,3027	39,0600	1,3000	61,7200	16,79310
BMDG	26	0,9030	0,9180	0,4100	1,1830	0,18859
BMDS	26	1,2514	1,2870	0,4140	1,6670	0,30102

Tablica 21 prikazuje osnovne statističke vrijednosti u skupini dobrih dupina muškog spola. Prosječna starost životinja je 10,2 godine, a dužina tijela je 250 cm. Prosječan sadržaj minerala u podlaktičnim i nadlaktičnoj kosti je 79,83 g, a mineralna gustoća kosti istog područja je 0,9030 g/cm<sup>2</sup>. Nadlaktična kost ima prosječno 36,30 g minerala i mineralnu gustoću kosti od 1,2514 g/cm<sup>2</sup>.

**Tablica 22** Deskriptivne statističke vrijednosti u skupini ženki dobrih dupina.

Varijable	Deskriptivna statistika skupine dobrih dupina ženskog spola					
	Broj dupina	Srednja vrijednost	Medijan	Najmanja vrij.	Najveća vrij.	Std.Dev.
DOB	29	10,7793	12,0000	0,2000	21,0000	6,41034
DUZ. TIJELA	30	240,7333	264,0000	122,0000	286,0000	49,00242
KRAN.D. PER	30	35,9833	38,0000	20,5000	48,0000	7,43186
KAUD.D. PER	30	25,2500	26,7500	14,0000	34,0000	5,52229
SIR. PER.	30	13,3333	14,0000	7,0000	18,0000	3,16591
BMCG	30	64,0820	73,0250	8,1400	104,3600	29,69210
BMCS	30	29,4547	33,7300	2,6400	48,3600	13,98018
BMDG	30	0,8203	0,8515	0,4430	1,1080	0,18681
BMDS	30	1,1413	1,1995	0,5240	1,6060	0,29231

Tablica 22 prikazuje osnovne statističke vrijednosti u skupini ženki dobrih dupina. Prosječna starost životinja je 10,7 godina, a dužina tijela je 240 cm. Prosječan sadržaj minerala u podlaktičnim i nadlaktičnoj kosti je 64,08 g, a mineralna gustoća kosti istog područja je 0,8203 g/cm<sup>2</sup>. Nadlaktična kost ima prosječno 29,45 g minerala i mineralnu gustoću kosti od 1,1413 g/cm<sup>2</sup>.

#### 4.4.3. Korelacijska analiza svih varijabli

Varijable u korelacijskoj analizi su dob životinje, dužina tijela, kranijalna dužina prsne peraje (KrDuPer), kaudalna dužina prsne peraje (KaDuPer), najveća širina prsne peraje (SirPer), te vrijednosti dobivene mjerenjem mineralne gustoće kosti, sadržaj minerala u širem i užem području pretrage (BMCG i BMCS) te mineralna gustoća šireg i užeg područja pretrage (BMDG i BMDS), tablica 23.

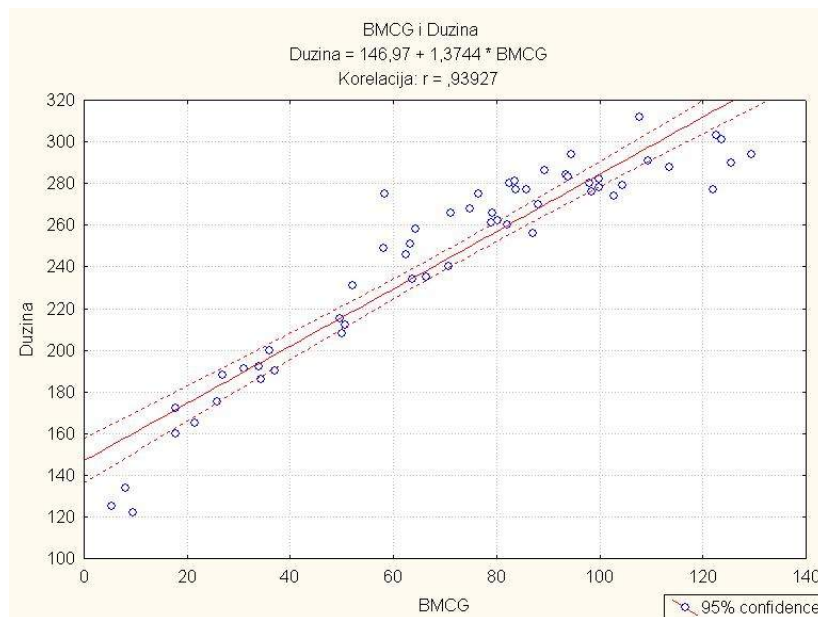
**Tablica 23.** Korelacijska tablica svih varijabli, na ukupnom uzorku (sve istražene životinje).

Varijable	Korelacije svih varijabli Označene korelacije su značajne kod $p < ,05000$ N=65								
	Dob	Duzina	KrDuPer	KaDuPer	SirPer	BMCG	BMCS	BMDG	BMDS
DOB	1,00	0,65	0,54	0,58	0,51	0,58	0,58	0,67	0,66
Duzina	0,65	1,00	0,93	0,89	0,89	0,94	0,95	0,91	0,92
KrDuPer	0,54	0,93	1,00	0,95	0,94	0,92	0,92	0,84	0,85
KaDuPer	0,58	0,89	0,95	1,00	0,92	0,88	0,88	0,81	0,82
SirPer	0,51	0,89	0,94	0,92	1,00	0,88	0,88	0,79	0,81
BMCG	0,58	0,94	0,92	0,88	0,88	1,00	1,00	0,95	0,94
BMCS	0,58	0,95	0,92	0,88	0,88	1,00	1,00	0,94	0,94
BMDG	0,67	0,91	0,84	0,81	0,79	0,95	0,94	1,00	0,99
BMDS	0,66	0,92	0,85	0,82	0,81	0,94	0,94	0,99	1,00

Svi faktori su u značajnom korelacijskom odnosu, osim korelacije sa dobi životinje gdje je koeficijent korelacije manji. Korelacija je obrađena na cijelom uzorku koji obuhvaća sve istražene životinje, obje vrste i oba spola. Visoki koeficijent korelacije spomenutih varijabli uključuje i plavobijele dupine iako je njihov broj samo 13 životinja u cjelokupnom uzorku.

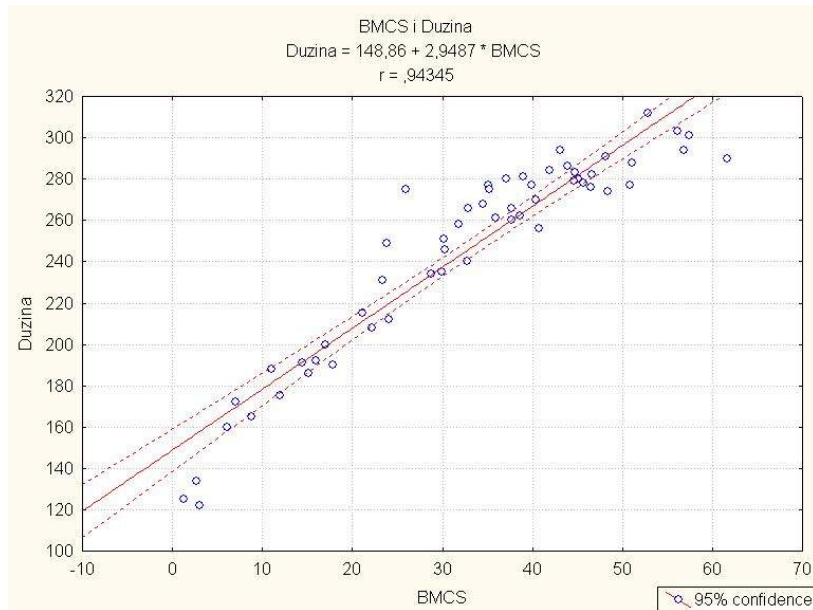
#### 4.4.3.1. Jednostavne linearne korelacije varijabli unutar skupine dobrih dupina

Jednostavne linearne korelacije između pojedinačnih varijabli vezanih za mineralnu gustoću kostiju i varijabli morfometrijskih vrijednosti te dobi životinje testirane su samo na uzorku dobrih dupina zbog veličine uzorka od 56 životinja od čega je 26 mužjaka i 30 ženki.



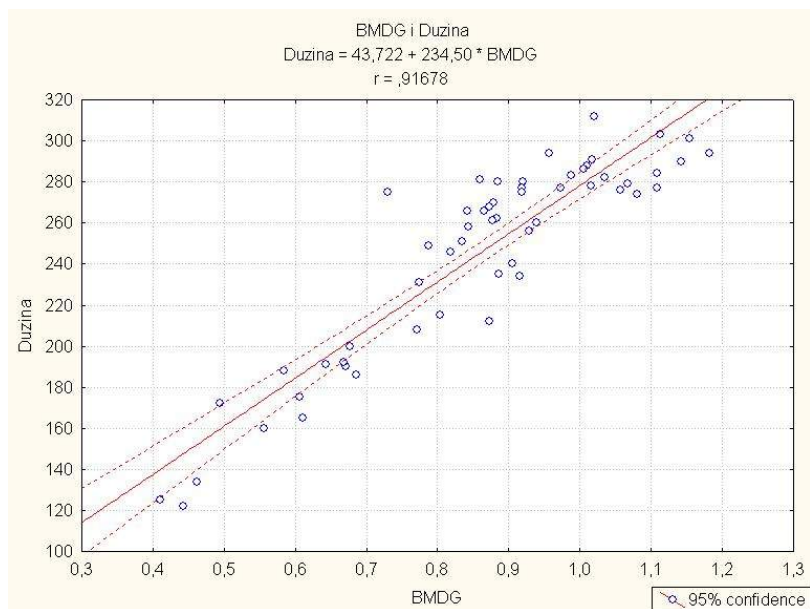
**Slika 23.** Korelacija BMCG (sadržaj minerala u kostima šireg područja pretrage) i dužine tijela dobrih dupina.

Povezanost BMCG (sadržaj minerala u kostima šireg područja pretrage) sa ukupnom dužinom tijela životinje vrlo je visoka sa koeficijentom korelacije,  $r=0,93927$  (slika 23).



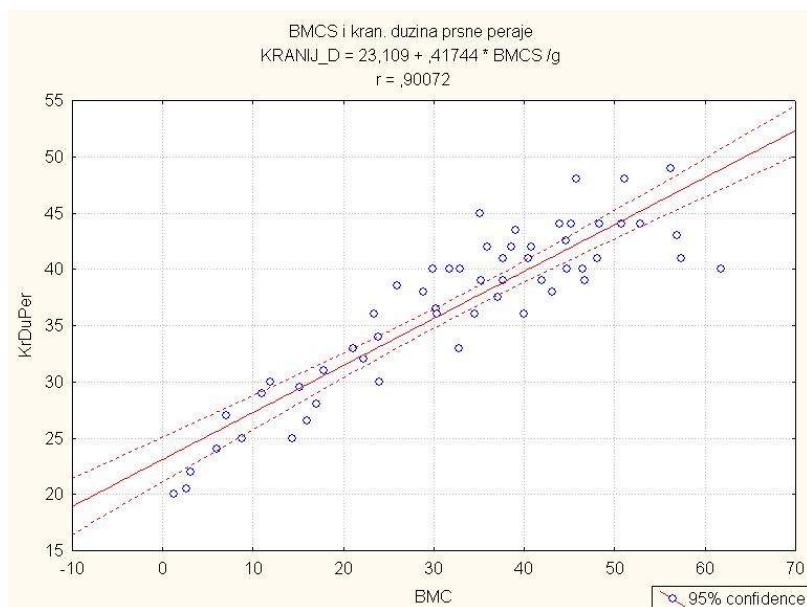
**Slika 24.** Korelacija sadržaja minerala nadlaktične kosti kao užeg područja pretrage (BMCS) i dužine tijela dobrih dupina

Grafički prikaz na slici 24 pokazuje visoku korelaciju sadržaja minerala nadlaktične kosti (BMCS) i dužine tijela životinje,  $r = 0,9435$ .

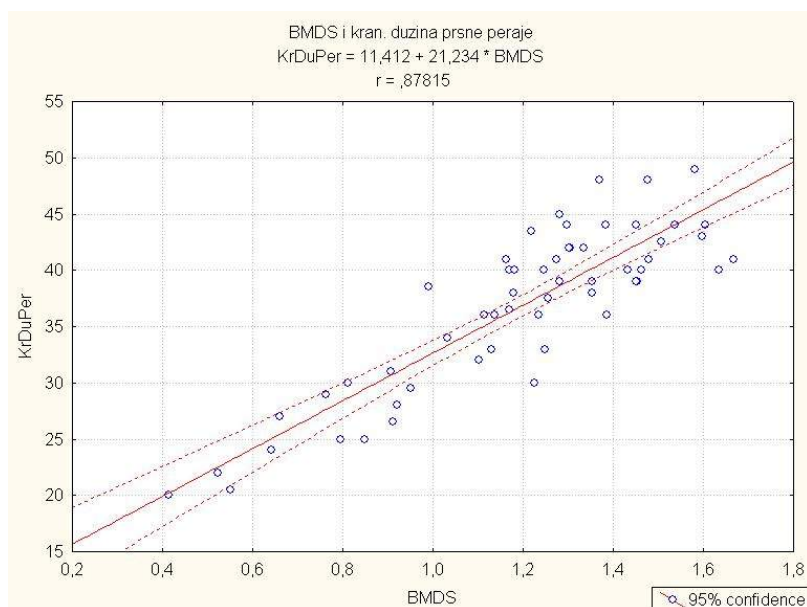


**Slika 25.** Korelacija mineralne gustoće nadlaktične kosti i podlaktičnih kostiju kao šireg područja pretrage (BMDG) i dužine tijela dobrih dupina

Grafički prikaz na slici 25 pokazuje visoku korelaciju mineralne gustoće nadlaktične kosti i podlaktičnih kostiju (BMCG) i kranijalne dužine prsne peraje (KrDuPer),  $r=0,91678$ .

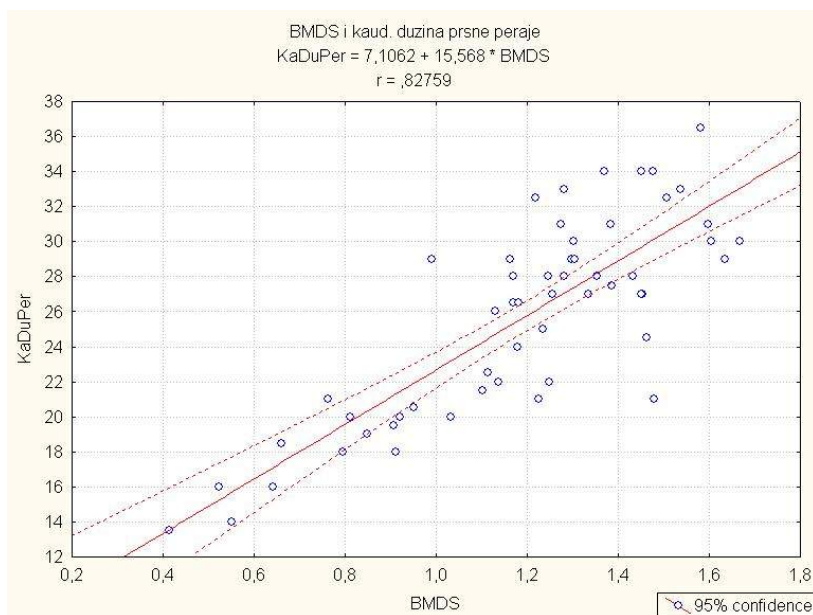


**Slika 26.** Korelacija sadržaja minerala nadlaktične kosti kao užeg područja pretrage (BMCG) i kranijalne dužine prsne peraje (KrDuPer) dobrih dupina.

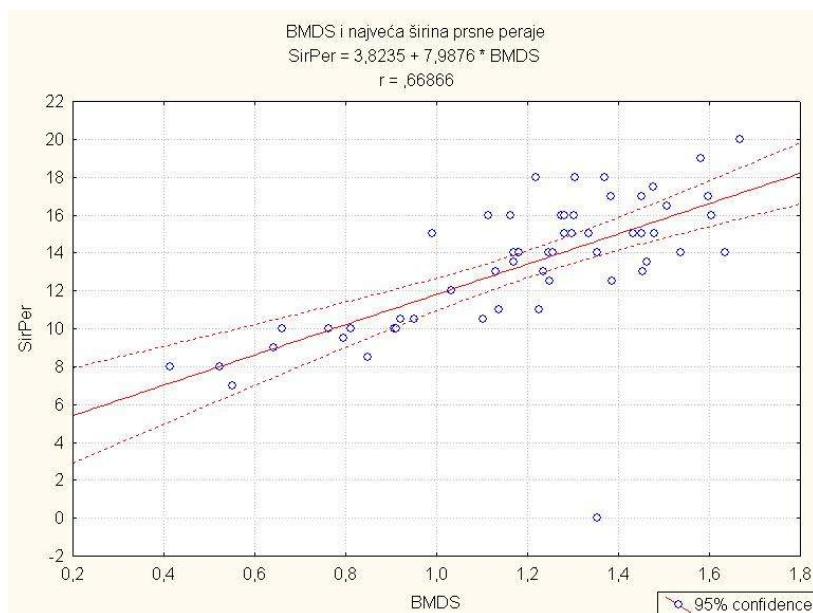


**Slika 27.** Korelacija mineralne gustoće nadlaktične kosti (BMDS) i kranijalne dužine prsne peraje (KrDuPer) dobrih dupina.

Grafički prikaz na slici 26 pokazuje visoku korelaciju mineralne gustoće nadlaktične kosti (BMCS) i kranijalne dužine prsne peraje,  $r = 0,90072$ . Na slici 27 je korelacija iste dužine sa mineralnom gustoćom nadlaktične kosti,  $r = 0,87815$ .



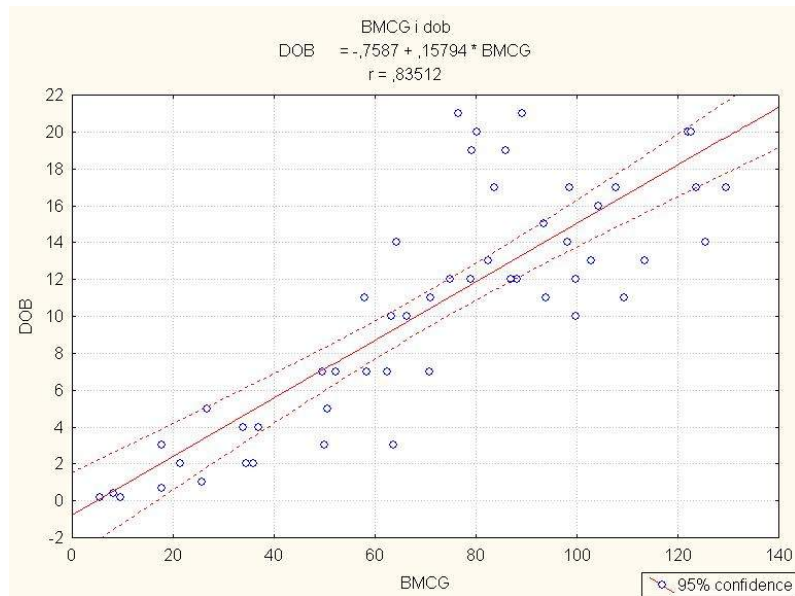
**Slika 28.** Korelacija mineralne gustoće nadlaktične kosti (BMDS) i kaudalne dužine prsne peraje (KaDuPer) u skupini dobrih dupina.



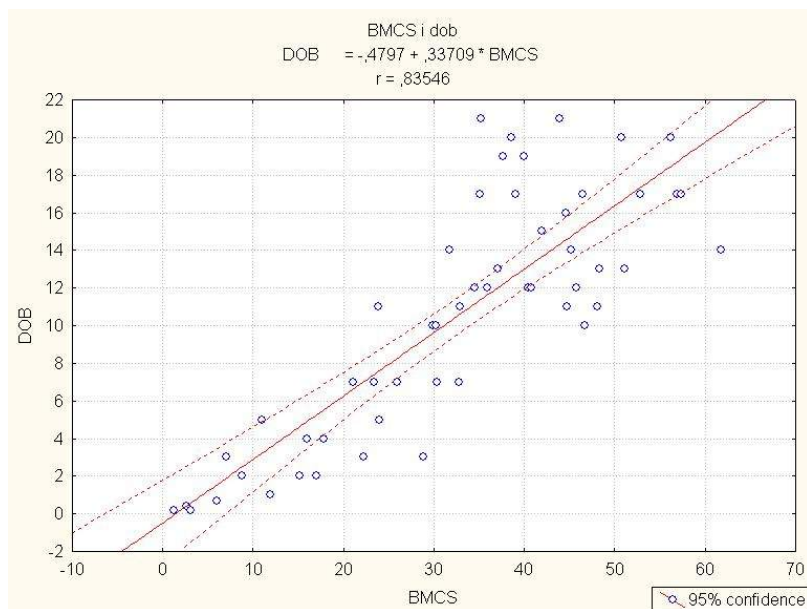
**Slika 29.** Korelacija mineralne gustoće nadlaktične kosti (BMDS) i širine prsne peraje (SirPer).



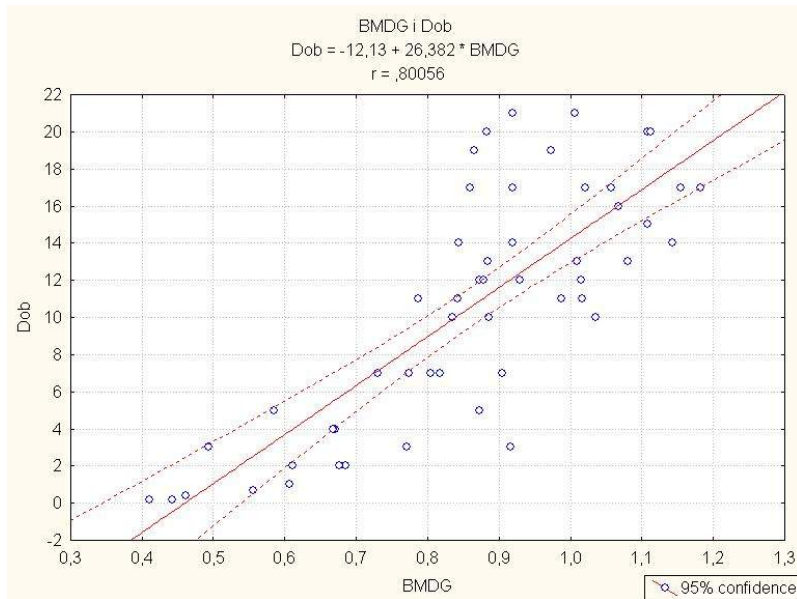
Grafički prikaz na slici 28 prikazuje korelacijski odnos između mineralne gustoće nadlaktične kosti kao užeg područja pretrage (BMDS) i kaudalne dužine prsne peraje,  $r=0,82795$ . Korelacija iste varijable kosti i najveće širine prsne peraje definirana je korelacijskim koeficijentom  $r=0,66866$  (slika 29).



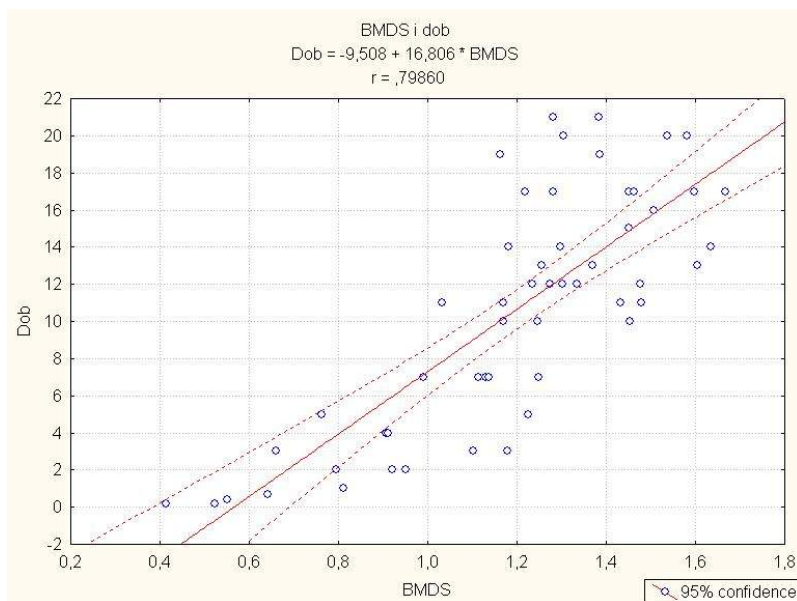
Slika 30. Korelacija sadržaja minerala šireg područja pretrage (BMDG) i dobi dobrih dupina.



Slika 31. Korelacija sadržaja minerala kosti užeg područja pretrage (BMCS) i dobi dobrih dupina.



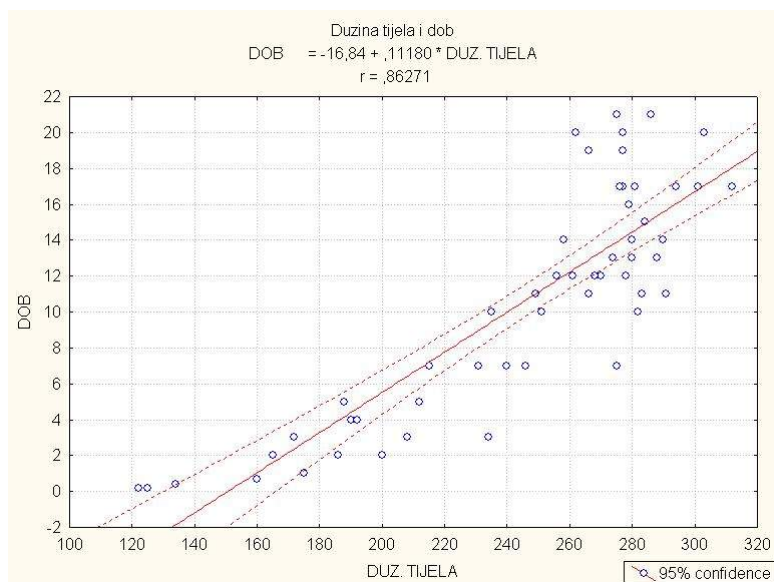
**Slika 32.** Korelacija mineralne gustoće kosti šireg područja pretrage (BMDG) i dobi dobrih dupina.



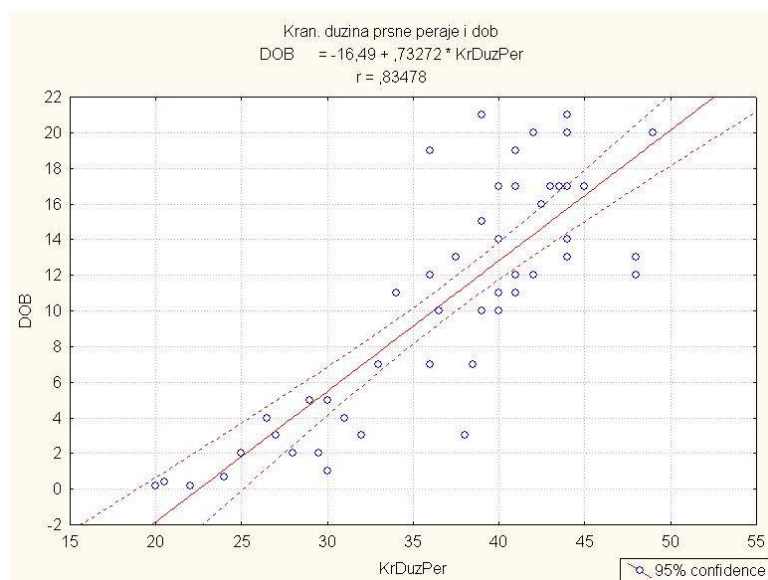
**Slika 33.** Korelacija mineralne gustoće kosti užeg područja pretrage (BMDS) i dobi dobrih dupina.

Na slikama 30-33 su prikazani korelacijski odnosi između varijable dobi životinje i pojedinačnih varijabli sadržaja minerala i mineralne gustoće nadlaktične kosti i podlaktičnih kostiju (šire područje pretrage, BMCG i BMDG) te same nadlaktične kosti (uže područje pretrage, BMCS i BMDS). Korelacija je umjereno jaka s najvećim koeficijentom izraženim u odnosu sadržaja minerala nadlaktične kosti (BMDS) i dobi,

$r=0,83546$ . Najniži koeficijent korelacije,  $r=0,79860$ , izražen je u odnosu mineralne gustoće nadlaktične kosti (BMDS) i dobi životinje.



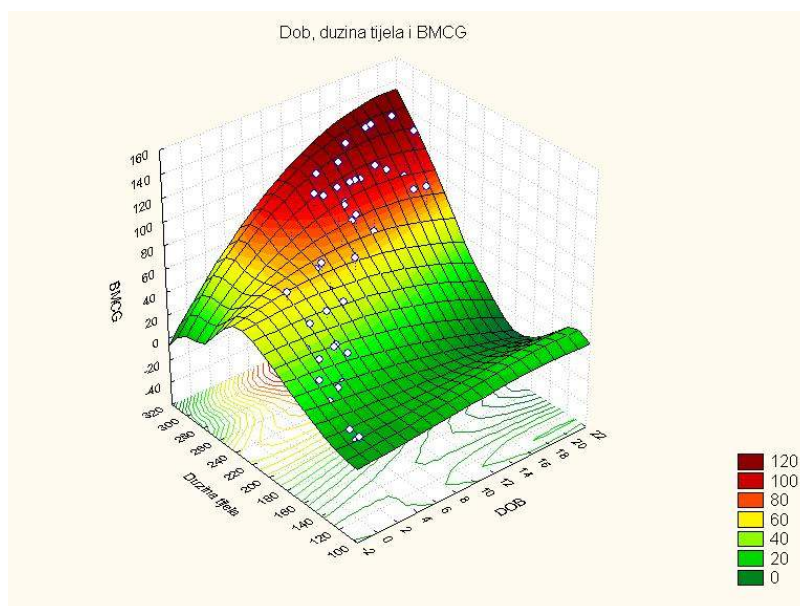
Slika 34. Korelacija dužine tijela i dobi dobrih dupina.



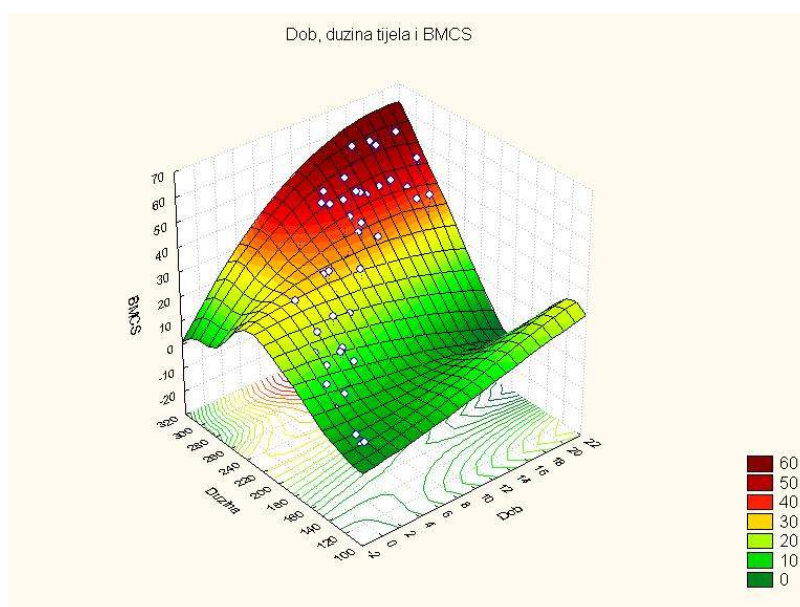
Slika 35. Korelacija kranijalne dužine prsne peraje i dobi dobrih dupina.

Slično kao i sa parametrima mineralne gustoće kosti, dob životinje umjereno jako je korelirana s dužinom tijela (slika 34) i kranijalnom dužinom prsne peraje (slika 35).

#### 4.4.3.2. Trodimenzionalni odnos varijabli unutar skupine dobrih dupina

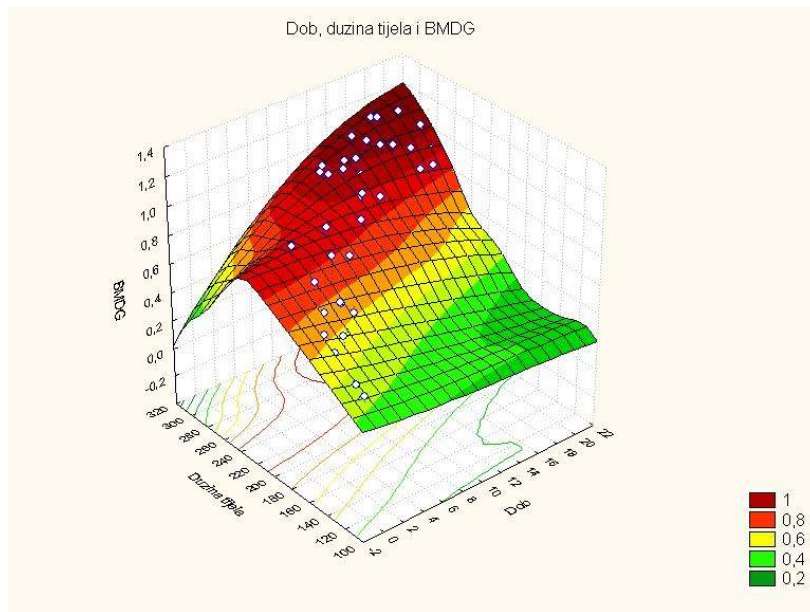


**Slika 36.** Trodimenzionalni prikaz odnosa dobi i dužine tijela sa sadržajem minerala u kosti, u širem području pretrage (BMCG), u svih dobrih dupina. Mjerilo prikazuje sadržaj minerala u gramima.

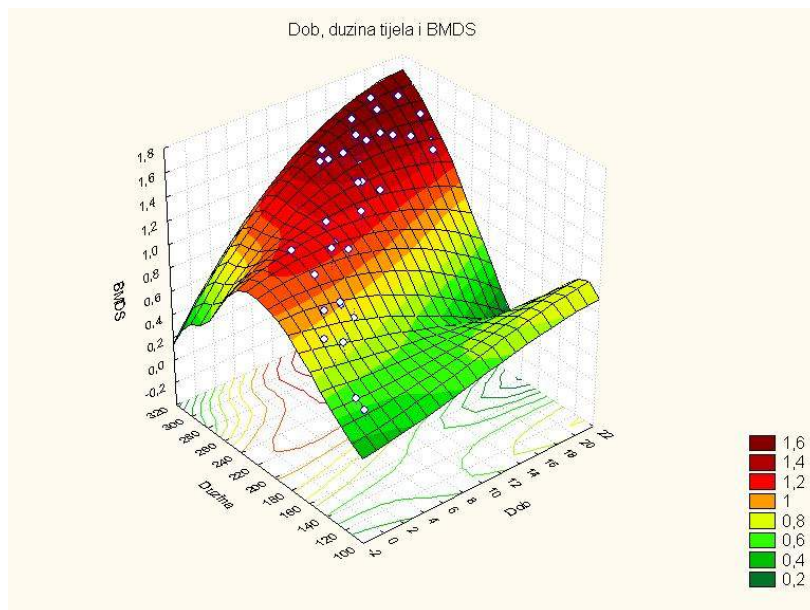


**Slika 37.** Trodimenzionalni prikaz odnosa dobi i dužine tijela sa sadržajem minerala u kosti, u užem području pretrage (BMCS), u svih dobrih dupina. Mjerilo prikazuje sadržaj minerala u gramima.

U skupini svih dobrih dupina korelacija dobi i dužine tijela kao ovisnih varijabli i BMCG kao neovisne varijable, umjereno je jaka ( $r = 0,83519$ ,  $p < 0,0001$ ).



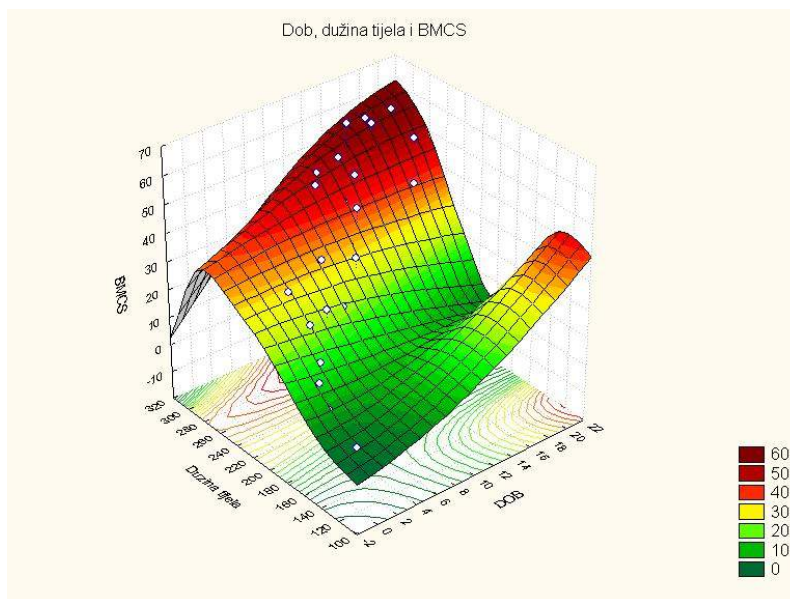
**Slika 38.** Trodimenzionalni prikaz odnosa dobi i dužine tijela sa mineralnom gustoćom kosti, u širem području pretrage (BMDS), u svih dobrih dupina. Mjerilo prikazuje mineralnu gustoću kosti u  $\text{g}/\text{cm}^2$ .



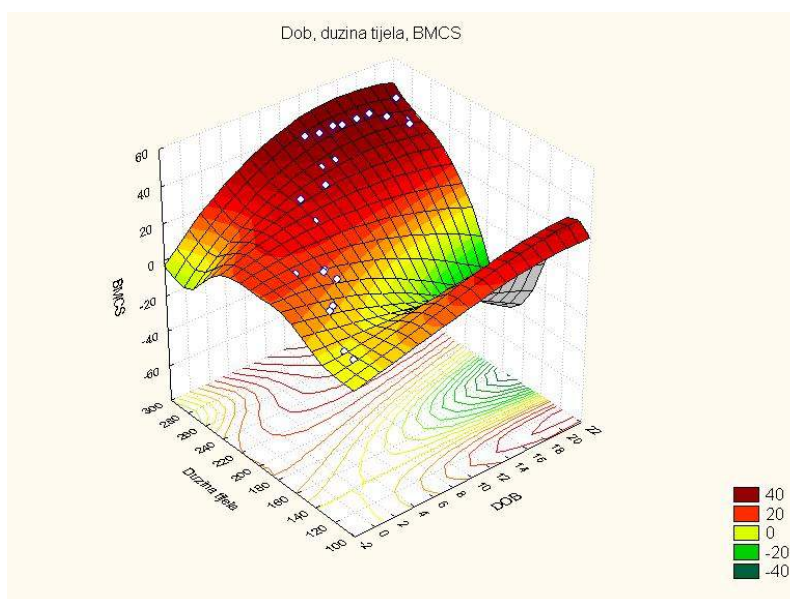
**Slika 39.** Trodimenzionalni prikaz odnosa dobi i dužine tijela sa mineralnom gustoćom kosti, u užem području pretrage (BMDS), u svih dobrih dupina. Mjerilo prikazuje mineralnu gustoću kosti u  $\text{g}/\text{cm}^2$ .

Korelacija dobi i dužine tijela kao ovisnih varijabli i BMCG kao neovisne varijable je umjereno jaka ( $r = 0,80055$ ,  $p < 0,0001$ ) u skupini svih dobrih dupina.



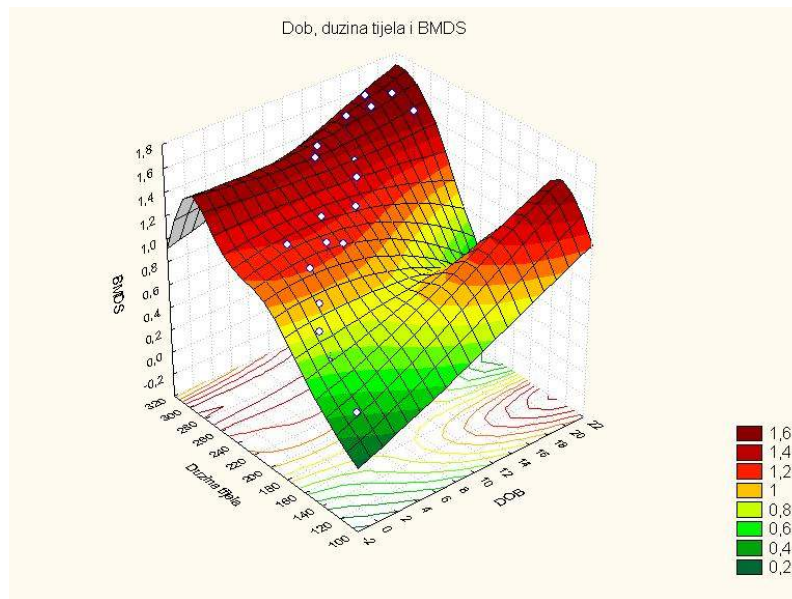


**Slika 40.** Trodimenzionalni prikaz odnosa dobi i dužine tijela sa sadržajem minerala u kosti, u užem području pretrage (BMCS) u mužjaka dobrog dupina. Mjerilo prikazuje sadržaj minerala u gramima

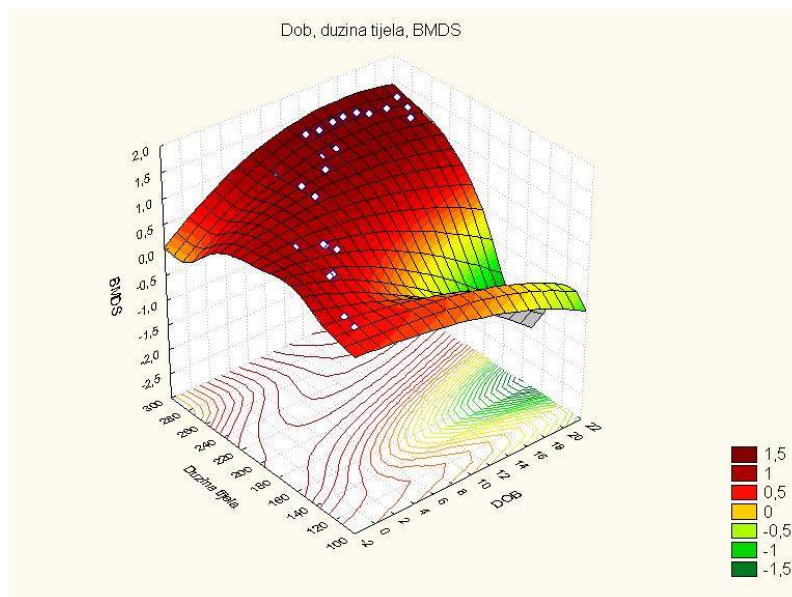


**Slika 41.** Trodimenzionalni prikaz odnosa dobi i dužine tijela sa sadržajem minerala u kosti, u užem području pretrage (BMCS), u ženki dobrog dupina. Mjerilo prikazuje sadržaj minerala u gramima

Korelacija dobi i dužine tijela kao ovisnih varijabli i BMCS kao neovisne varijable je umjereno jaka ( $r = 0,8724$ ,  $p < 0,0001$ ) u mužjaka dobrih dupina, kao i u ženki iste vrste ( $r = 0,88584$ ,  $p < 0,0001$ ).



**Slika 42.** Trodimenzionalni prikaz odnosa dobi i dužine tijela sa mineralnom gustoćom kosti užeg područja pretrage (BMDs), u mužjaka dobrih dupina. Mjerilo prikazuje mineralnu gustoću kosti u  $\text{g}/\text{cm}^2$ .



**Slika 43.** Trodimenzionalni prikaz odnosa dobi i dužine tijela sa mineralnom gustoćom kosti užeg područja pretrage (BMDs), u ženki dobrih dupina. Mjerilo prikazuje mineralnu gustoću kosti u  $\text{g}/\text{cm}^2$ .

Korelacija dobi i dužine tijela kao ovisnih varijabli i BMDs kao neovisne varijable je umjerena ( $r = 0,7983$ ,  $p < 0,0001$ ) u mužjaka dobrih dupina, kao i u ženki iste vrste ( $r = 0,88309$ ,  $p < 0,0001$ ) kod kojih je korelacija nešto bolja.

#### 4.4.4. Multivarijatne analize varijabli istražene skupine životinja

Multivarijatnom statističkom analizom povezane su varijable dobi životinja, dužine tijela, kranijalne dužine prsne peraje, kaudalne dužine prsne peraje, najveće širine prsne peraje i varijabli dobivenih mjerenjem mineralne gustoće nadlaktične kosti (BMCS i BMDS) te nadlaktične i podlaktičnih kostiju (BMCG i BMCS).

##### 4.4.4.1. Kanonička analiza

Odabrane su dvije skupine varijabli. Prvu skupinu čine dužina tijela, kranijalna dužina prsne peraje (KrDuzPer), kaudalna dužina prsne peraje (KaDuzPer), najveće širine prsne peraje (SirPer). Drugu skupinu varijabli čine parametri mineralne gustoće kosti (sadržaj minerala užeg, BMCS, i šireg, BMCG, područja pretrage; mineralna gustoća kosti užeg, BMDS, i šireg, BMDG, područja pretrage). Utvrđen je visoki stupanj korelacije,  $R=0,95617$  (tablica 24).

**Tablica 24.** Međusobna ovisnost odabranih varijabli cijelog uzorka životinja dobivena kanoničkom analizom.

		Kanonička analiza Kanonički koeficijent R: 0,95617 Chi(16)=159,49 p=0,0000	
		Lijevi Set	Desni Set
N=65			
Broj varijabli		4	4
Varijance (izdvojeno)		100,000%	100,000%
Totalna redundancija		83,8876%	87,4073%
Varijable:	1	Duzina tijela	BMCG
	2	KrDuzPer	BMCS
	3	KaDuzPer	BMDG
	4	SirPer	BMDS



#### 4.4.4.2. Faktorska analiza

Faktorskom analizom su povezane sve varijable, dob životinja, dužina tijela, kranijalna dužina prsne peraje, kaudalna dužina prsne peraje, najveća širina prsne peraje te varijable dobivene mjerenjem mineralne gustoće nadlaktične kosti (sadržaj minerala, BMCS i mineralna gustoća kosti, BMDS, užeg područja pretrage) te nadlaktične i podlaktičnih kostiju (sadržaj minerala, BMCG i mineralna gustoća kosti, BMCS, šireg područja pretrage). Analiziran je uzorak koji čine sve istražene životinje (N=69).

**Tablica 25.** Faktor međusobne ovisnosti svih varijabli dobiveni na cijelom uzorku životinja.

Variable	Faktor opterećenja (Nerotirani) Ekstrakcija: Glavne komponente (Značajno opterećenje >,700000)
	Factor 1
DOB	-0,675816
Duz. tijela	-0,972307
KrDuzPer	-0,952695
KaDuzPer	-0,931817
SirPer	-0,919454
BMCG	-0,976808
BMCS	-0,976690
BMDG	-0,950842
BMDS	-0,954415
Expl.Var	7,746498
Prp.Totl	0,860722

Faktorska analiza svih varijabli pokazala je da sve uvrštene varijable međusobno povezuje samo jedan faktor u vrlo visokim korelacijama, osim varijable dobi koja je s tim faktorom na granici značajne korelacije (-0,675816). Raspon korelacija ostalih varijabli sa faktorom 1 kreće se u rasponu od -0,919454 (širina peraje, SirPer) do -0,972307 (dužina tijela), tablica 25.

#### 4.4.4.3. Regresijska analiza

Regresijska analiza varijabli je korištena zbog analize odnosa jedne ovisne varijable prema svim ostalim varijablama zajedno da bi se utvrdio statistički značaj utjecaja ovisne na ostale, neovisne varijable.

##### 4.4.4.3.1. Višestruka (multipla) regresija

Višestruka, multipla regresija je obavljena uzorku dobrih dupina koji uključuje životinje oba spola (N=53). Za regresijsku analizu kao ovisna varijanta odabrana je dob životinje da bi se utvrdio stupanj njenog utjecaja na ostale varijable (tablica 26). Dobiven je visok regresijski koeficijent,  $r=0,885028$ .

**Tablica 26.** Tablica regresijske analize ovisne varijable dobi životinje u odnosu na ostale, neovisne varijable zajedno.

Regresijska analiza ovisne varijable: DOB R= ,88502800 R <sup>2</sup> = ,78327455 korigirani R <sup>2</sup> = ,74386993 F(8,44)=19,878 p<,00000 Std.pogreška: 3,2165						
N=53	Beta	Std.pogr. od Beta	B	Std.pogr. od B	t(44)	p-level
Intercept			-14,5102	6,35579	-2,28299	0,027318
DUZ TJELA	0,522637	0,253712	0,0677	0,03288	2,05996	0,045348
KRAN.D.PER.	-0,207222	0,292096	-0,1819	0,25638	-0,70943	0,481799
KAUD.D.PER.	0,361651	0,216546	0,4041	0,24193	1,67009	0,102003
SIR.PER.	0,145499	0,191240	0,3003	0,39472	0,76082	0,450823
BMCG	0,031931	0,737258	0,0060	0,13943	0,04331	0,965650
BMCS	0,215640	0,726916	0,0870	0,29329	0,29665	0,768130
BMDG	0,389746	0,555574	12,8438	18,30847	0,70152	0,486672
BMDS	-0,543311	0,536784	-11,4333	11,29599	-1,01216	0,316996

Odnos koeficijenata multiple regresijske analize ovisne varijable, dobi životinje, prikazan je u tablici 27. Koeficijent multiple determinacije ima nešto manju vrijednost od regresijskog koeficijenta,  $r^2=0,78327455$ , dok je njegov, korigirani koeficijent multiple determinacije nešto manji, korigirani  $r^2=0,74386993$ .

**Tablica 27.** Vrijednosti koeficijenata dobivenih multiplom regresijom ovisne varijable dobi životinja.

Statistika	Sumarna Statistika; ovisna varijabla: DOB	
	Velicina	
multipli R	0,88503	
multipli R <sup>2</sup>	0,78327	
korigirani R <sup>2</sup>	0,74387	
F(8,44)	19,87773	
p	0,00000	
Std.pogr.	3,21647	

Odnos ovisne varijable dobi životinje prema neovisnim varijablama dobivenim mjerenjem mineralne gustoće kosti dobrih dupina sadržaj minerala, BMCS i mineralna gustoća kosti, BMDS, užeg područja pretrage) te nadlaktične i podlaktičnih kostiju (sadržaj minerala, BMCG i mineralna gustoća kosti, BMCS, šireg područja pretrage) prikazane su u tablici 28.

**Tablica 28.** Tablica regresijske analize ovisne varijable, dobi životinja i varijabli mineralne gustoće kosti.

N=53	Regresijska analiza ovisne varijable: DOB R= ,83723548 R <sup>2</sup> = ,70096324 korigirani R <sup>2</sup> = ,67604351 F(4,48)=28,129 p<,00000 Stand. pogreška: 3,6174					
	Beta	Std.pogr. Beta	B	Std.pogr. B	t(48)	p-level
Intercept			1,31970	4,98152	0,264919	0,792206
BMCG	0,453695	0,799441	0,08580	0,15119	0,567516	0,573009
BMCS	0,523734	0,794665	0,21131	0,32062	0,659063	0,513005
BMDG	-0,061914	0,598262	-2,04034	19,71522	-0,103490	0,918005
BMDS	-0,082549	0,581490	-1,73715	12,23677	-0,141961	0,887705

U tablici 28 su prikazani dobiveni koeficijenti multiple regresijske analize ovisne varijable dobi životinje u odnosu na varijable mineralne gustoće kosti. Regresijski koeficijent iznosi  $r=0,83723548$ . Koeficijent multiple determinacije ima nešto manju vrijednost od regresijskog koeficijenta,  $r^2=0,7009632$ , dok je njegov, korigirani koeficijent multiple determinacije nešto manji, korigirani  $r^2=0,67604351$ . Prikazani su i standardizirani koeficijenti (Beta) i koeficijenti regresione formule (B) sa njihovim standardnim pogreškama.

Regresijske vrijednosti predstavljaju očekivanu razinu ovisne varijable dobi životinje za dane empirijske vrijednosti neovisnih varijabli mineralne gustoće kosti. Nakon što su u jednadžbu multiple regresije redom uvrštene vrijednosti neovisnih varijabli dobivena je formula multiple regresije za dob dupina. Standardizirani koeficijenti za formulu multiple regresije prikazane su u tablici 29.

**Tablica 29.** Standardizirani koeficijenti neovisnih varijabli mjerenja mineralne gustoće kosti uzorka (N=53) dobrih dupina.

Regresijska analiza ovisne varijable: DOB R= ,83723548 R <sup>2</sup> = ,70096324 korigirani R <sup>2</sup> = ,67604351 F(4,48)=28,129 p<,00000 Stand. pogreška: 3,6174		
N=53	B	Std.pogr. B
Intercept	1,31970	4,98152
BMCG	0,08580	0,15119
BMCS	0,21131	0,32062
BMDG	-2,04034	19,71522
BMDS	-1,73715	12,23677

$$dob = B + BMCG \times B_{BMCG} + BMCS \times B_{BMCS} - BMDG \times B_{BMDG} - BMDS \times B_{BMDS}$$

$$(dob = 1,319 + BMCG \times 0,08580 + BMCS \times 0,21131 - BMDG \times 2,04034 - BMDS \times 1,73715)$$

#### 4.4.4.3.2. Procjena dobi dobrih dupina osteodenzitometrijskom metodom

Vrijednosti dobivene pri mjerenju mineralne gustoće nadlaktične kosti i podlaktičnih kostiju dobrih dupina čija dob nije procijenjena GLG-metodom, nalaze se u tablici 30.

Tablica 30. Izračun dobi životinje prema formuli multiple regresije.

Oznaka	Vrsta	Spol	Izračunata Dob	BMCG -/g	BMCS /g	BMDG -g/cm <sup>2</sup>	BMSD -g/cm <sup>2</sup>
D136	Tt	M	12,04	82,01	37,68	0,939	1,353
D133	Tt	M	15,55	94,45	43,15	0,957	1,354
D118	Tt	Ž	5,31	30,94	14,40	0,644	0,850

$$dob = B + BMCG \times B_{BMCG} + BMCS \times B_{BMCS} - BMDG \times B_{BMDG} - BMDS \times B_{BMDS}$$

D136

$$dob = 1,319 + 82,01 \times 0,08580 + 37,68 \times 0,21131 - 0,939 \times 2,04034 - 1,353 \times 1,73715$$

**dob = 12,04 godine**

D133

$$dob = 1,319 + 94,45 \times 0,08580 + 43,15 \times 0,21131 - 0,957 \times 2,04034 - 1,354 \times 1,73715$$

**dob = 15,55 godine**

D118

$$dob = 1,319 + 30,94 \times 0,08580 + 14,4 \times 0,21131 - 0,644 \times 2,04034 - 0,85 \times 1,73715$$

**dob = 5,31 godine**

**Tablica 31** Dob istraženih mužjaka dobrih dupina, procijenjena standardnom GLG-metodom i metodom statističkog izračuna temeljem vrijednosti mineralne gustoće kosti.

Redni broj	Oznaka životinje	Dob procijenjena GLG-metodom /godina	Dob procijenjena osteodenzitometrijom /godina
1.	D018	0,2	0,5
2.	D110	0,7	1,5
3.	D131	1	3
4.	D103	2	4,5
5.	D022	3	9
6.	D032	3	7
7.	D101	5	7
8.	D019	7	10
9.	D113	7	6,5
10.	D036	10	15
11.	D072	10	9,5
12.	D023	11	16
13.	D088	11	7,5
14.	D100	12	13,5
15.	D099	12	13
16.	D040	13	17,5
17.	D062	14	23
18.	D129	14	15
19.	D064	17	18
20.	D080	17	19
21.	D124	17	19
22.	D126	19	12,5
23.	D112	20	19
24.	D104	20	17,5
25.	D133	Nije utvrđena	15,5
26.	D136	Nije utvrđena	12

U tablici 31 prikazane su vrijednosti dobi mužjaka dobrih dupina procijenjene standardnom metodom brojanja slojeva zubnog dentina (GLG-metoda) i metodom procjene dobi dupina pomoću formule dobivene statističkom analizom vrijednosti parametara mineralne gustoće nadlaktičnih kostiju i podlaktične kosti. Slijedeća tablica (tablica 32) prikazuje iste vrijednosti u skupini dobrih dupina ženskog spola. U ženki dupina od rednog broja 24 do rednog broja 30, velika je razlika u vrijednostima procijenjene dobi životinja između različitih metoda. Porastom vrijednosti dobi životinja

procijenjene GLG-metodom iznad 17 godina, prati smanjenje vrijednosti dobi procijenjene osteodenzitometrijskom metodom.

**Tablica 32** Dob istraženih ženki dobrih dupina, procijenjena standardnom GLG-metodom i metodom statističkog izračuna temeljem vrijednosti mineralne gustoće kosti.

Redni broj	Oznaka životinje	Dob procijenjena GLG-metodom /godina	Dob procijenjena osteodenzitometrijom /godina
1.	D046	0,2	0,9
2.	D092	0,4	0,7
3.	D063	2	5
4.	D055	2	2,5
5.	D107	3	2
6.	D128	4	5,5
7.	D097	4	5
8.	D087	5	3,5
9.	D127	7	7,5
10.	D016	7	8,5
11.	D057	7	9,5
12.	D111	10	9,5
13.	D083	11	11
14.	D066	11	14,5
15.	D041	12	12
16.	D025	12	15
17.	D096	12	11
18.	D017	13	15,5
19.	D091	13	12,5
20.	D035	14	10
21.	D120	15	13,5
22.	D117	16	15
23.	D039	17	15
24.	D054	17	13
25.	D108	17	12
26.	D114	19	13
27.	D102	20	12,5
28.	D051	21	11,5
29.	D038	21	14
30.	D118	Nije utvrđena	4,5

### 5.1. Primjena metoda mjerenja mineralne gustoće kosti na dupinima

Mjerenje mineralne gustoće kosti u dupina je na eksperimentalnoj razini. U ovom radu opisano je prvo denzitometrijsko istraživanje na kostima dobrih dupina, a također i prvo istraživanje na većem uzorku dupina provedeno metodom apsorpcije dvostrukih rendgenskih zraka, DEXA metodom. Osim toga, opisano je još samo jedno mjerenje mineralne gustoće na malom uzorku plavobijelih dupina (GUGLIELMINI i sur., 2002.). Oba istraživanja dokazuju da je takvo mjerenje moguće i primjenjivo kako u istraživanju bioloških svojstava koštanog sustava dupina, tako i u smislu istraživanja bolesti koštanog tkiva. Obzirom da su u praksi dostupni isključivo humani osteodenzitometri, mjerenja DEXA-metodom na dupinima kao i na drugim velikim životinjama, moguća su jedino *ex vivo* u eksperimentalne ili dijagnostičke svrhe. Neke druge osteodenzitometrijske metode i uređaji bi mogli biti primjenjivi na živim životinjama. Prijenosne osteodenzitometre koji se koriste u ambulatnoj praksi moguće je koristiti na terenu, što otvara mogućnost njihove primjene i na dupinima *in vivo*. Prsna peraja dupina pogotovo je pogodna za takvo mjerenje s obzirom na svoju morfologiju i anatomsku povezanost s trupom.

Primjena svakog osteodenzitometra u veterinarskoj eksperimentalnoj ili kliničkoj praksi zahtijeva određenu prilagodbu prema vrsti životinje, a osnovu za to čine temeljni protokoli osteodenzitometrije na životinjama koje su dali GRIER I TURNER (1996.) i TURNER (2002.). Morfologija životinjskih kostiju različita je od kostiju čovjeka pa je zbog toga ispravni položaj kosti ili tijela životinje ključni uvjet uspješne upotrebe DEXA-metode. Kod dupina je taj uvjet moguće zadovoljiti bez većih problema zbog anatomske položaja, oblika i međusobnog odnosa kostiju prsnog uda. Te kosti su u dupina djelomično dorzopalmarno spljoštene i raspoređene na široj površini te je mala mogućnost njihova pomicanja tijekom mjerenja. Jednako tako, zbog stabilnosti prsne peraje cijeli postupak je primjenjiv na svakom uzorku bez veće pogreške mjerenja koja bi mogla nastati nepravilnim položajem kosti mogao imati na rezultat mjerenja. Kod kopnenih sisavaca, pogotovo kod mjerenja *ex vivo*, moguća je pogreška kod položaja kosti što može nepovoljno utjecati na rezultat mjerenja. Dokazana je razlika u rezultatima



mjerenja mineralne gustoće dugih kostiju ako su one u kraniokaudalnom ili lateromedijalnom položaju (MARKEL i sur., 1994.). Nadalje, nadlaktična kost i podlaktične kosti dupina nemaju jako razvedenu površinsku konfiguraciju, nemaju značajno izraženih izbočina, usjeklina ili udubljenja koja bi u slučaju nepravilnog položaja mogla utjecati na rezultate mjerenja, pogotovo u serijskom mjerenju većeg broja uzoraka. Sve tri navedene kosti dupina su relativno kratke i moguće ih je pojedinačno obuhvatiti odabirom šireg i užeg područja mjerenja. Time se postiže znatno veća preciznost nego u kopnenih sisavaca, uključujući i čovjeka, kod kojih su kosti velike i izdužene pa se za područja interesa mjerenja mineralne gustoće kosti najčešće odabiru samo pojedini, standardizirani dijelovi kosti.

Mjerenje mineralne gustoće kosti u ovom istraživanju obavljeno je upotrebom dvije metode mjerenja i analize uzoraka. Osteodenzitometar koji je korišten u ovom istraživanju omogućuje mjerenje mineralne gustoće kosti na nekoliko područja tijela čovjeka (bočni zglobovi, bedrena kost, rame, nadlaktična kost, lumbalna kralježnica). Za mjerenje na kostima dupina je prilagođen protokol mjerenja slabinske kralježnice čovjeka zbog većih mogućnosti odabira područja analize na samoj kosti. Osim standardne metode za mjerenje lumbalne kralježnice čovjeka (PSS-analiza), primjenjena je i analiza programom za male životinje (RWB-analiza) koja se osim laboratorijskih štakora i kunića, koristi i za pse i mačke (GRIER I TURNER, 1996.; MARKEL i sur., 1994.).

Program za mjerenje malih životinja razvijen je upravo zbog male gustoće kosti u usporedbi s okolnim mekim tkivima što uzrokuje slabu razlučivost kostiju prema okolnim tkivima (GALA PANIAGUA i sur., 1998.). Kako su razlike u veličini tijela mladih i starih dupina znatne, moguća je primjena protokola za mjerenje malih životinja na dupinima. Obzirom da prsna peraja nema debelog sloja mekih tkiva na kostima, pogotovo masti, dobra je razlučivost rubova kostiju. Osteodenzitometrijska metoda za mjerenje malih životinja temelji se na kvantitativno manjem snopu rendgenskih zraka koji se usmjerava na manje područje objekta, što u konačnici uzrokuje manju količinu apsorbiranih zraka u uzorku i manju količinu reflektiranih zraka na detektoru uređaja. Zbog toga je rezultat mjerenja mineralne gustoće kosti niži nego je to u metodama mjerenja za čovjeka. To istraživanje je pokazalo da su obje metode primjenjive na dupinima samo što svaka od njih ima svoj raspon mjerenja. Taj je raspon u metodi

mjerenja za male životinje niži nego u metodama za čovjeka, ali oba raspona omogućuju jednaku preciznost mjerenja. Također se pokazalo da statističke korelacije pojedinih parametara unutar obje metode imaju iste odnose. Može se zaključiti da je veće životinje moguće mjeriti objema metodama, a male životinje je moguće mjeriti samo metodom za male životinje sa za to prilagođenim protokolima. Obzirom da ovakvim protokolima i metodama za male životinje najčešće raspolaže samo manji broj institucija koje se bave eksperimentalnim radom, metoda izbora za mjerenje mineralne gustoće kosti dupina i drugih životinja je svakako program osteodenzitometrije ljudi koji je dostupan velikom broju institucija. Osim toga prilagodba komercijalnog denzitometra programu za male životinje povećava troškove njegove nabave i održavanja.

## **5.2. Povezanost bioloških parametara s mineralnom gustoćom kosti**

Mineralna gustoća kosti u jakom je korelacijskom odnosu s dužinom tijela u cijelom uzorku istraženih životinja. Porastom dužine tijela raste i mineralna gustoća kosti. Prema statističkim analizama vidljivo je da mineralna gustoća kosti ima jaki korelacijski odnos sa dužinom tijela, ali se u taj odnos uključuju i drugi biološki parametri, kao što je dob životinje. Tako na primjer, unatoč tome što dobri dupin, D032 ima istu dužinu tijela kao i plavobijeli dupin, D089, mineralna gustoća kosti plavobijelog dupina je veća jer se radi o starijoj životinji. Statističke značajke u smislu korelacijskih odnosa različitih morfometrijskih parametara i mineralne gustoće unutar obje istražene vrste dupina su slične. Tijekom rasta povećava se tjelesna masa životinje što je u visokoj korelaciji s rastom mineralne gustoće kosti (MARTIN i sur., 1981.). Osim toga, sisavci tijekom života imaju stalnu količinu minerala u tijelu (oko 5%) pa manje i starije životinje kojima se masa tijela smanjuje, imaju manju i mineralnu gustoću kosti, što je opisano na psima (MARTIN i sur., 1981.). Sličan odnos mineralne gustoće kosti i parametara rasta životinje opisan je i u svinja (MITCHELL i sur., 2001.). Porast vrijednosti parametara mineralne gustoće kosti s rastom dužine tijela opisani su i na plavobijelom dupinu (GUGLIELMINI i sur., 2002.).

Jaki međudnos tjelesne dužine i mineralne gustoće kosti u obje vrste istraženih dupina u potpunosti se slažu s rezultatima spomenutih istraživanja. Porast dužine tijela u kitova zubana prati i povećanje dužine prsne peraje. U većine vrsta kitova dužina prsne peraje ima konstantan odnos prema dužini tijela životinje (FISH I ROHR, 1999.). Prsna peraja dupina kontrolira položaj tijela životinje te utječe na njegovu stabilnost i manevriranje pri kretanju. Pokretljivost prsne peraje u vrsta koje brzo plivaju znatno je manja nego u vrsta koje plivaju sporo i puno manevriraju u vodi. U skladu s time im se razvijaju i mišići plećnog pojasa čime povećavaju pokretljivost životinje u plićim vodama manje gustoće, kakve su rijeke. Taj primjer opisan je na južnoameričkom riječnom dupinu koji ima pokretljivu i palčanu kost koja čini 10% tjelesne dužine (KLIMA i sur., 1987.). Mineralna gustoća nadlaktične i podlaktične kosti istraženih dupina u jakom je korelacijskom odnosu sa vrijednostima mjera prsne peraje. Taj odnos je najjači između kranijalne dužine prsne peraje i parametara mineralne gustoće nadlaktične i podlaktičnih kostiju. Kranijalni rub prsne peraje djelomično čine kosti na kojima je mjerena mineralna gustoća. Kaudalna dužina i najveća širina prsne peraje su korelirana nešto manjim intenzitetom sa mineralnom gustoćom nego kranijalna dužina. Kaudalni rub prsne peraje ima slabiji koštani potporanj nego kranijalna dužina pa na spomenutu korelaciju vjerojatno utječu neki drugi biološki parametri. Koštana osnova kranijalnog ruba prsne peraje su nadlaktična i lakatna kost koje služe i kao hvatišta mišića prsnog uda, za razliku od kaudalnog ruba peraje čiju osnovu daju metakarpalne kosti i članci prstiju. Intenzivnija mišićna aktivnost pozitivno utječe na mineralnu gustoću kosti. Mišićna aktivnost je važna za povećanje koštane mase, ali obujam odlaganja minerala u kost ovisi o tipu i kvaliteti mišićne aktivnosti. Intenzivna tjelesna aktivnost povećava mišićnu masu, a time i mineralnu gustoću kosti (RYAN I ELAHI, 1998.). Među kostima prsnog uda dupina najveće mišićno opterećenje trpi nadlaktična kost. Ona je kratka, ima kuglasto zaobljene okrajke i u svim dijelovima je podjednake debljine. Velika i mala kvrga spojene su u jednu za koju se veže cijela skupina mišića koji se teško međusobno diferenciraju, a odgovorni su za kretanje prsne peraje, prvenstveno primicanje i odmicanje, a manje ispružanje i sagibanje. Prsna peraja dupina nema ulogu u lokomociji tijela nego je transformirana za ulogu poprečnog stabilizatora tijela u održavanju njegove ravnoteže nasuprot otporu vode (KLIMA i sur., 1980.).

Po svojoj građi nadlaktična kost je spongiozna, bez medularne šupljine i kao takva sigurno je podložna intenzivnijoj pregradnji pod utjecajem povećanja ili smanjenja mišićnog opterećenja (BUFFRENIL I SCHOEWERT., 1982.), što utječe na mineralnu gustoću nadlaktične kosti i njene odnose s morfometrijskim vrijednostima prsne peraje. Mineralna gustoća nadlaktične kosti veća je nego ona na podlaktici, a mjesto najveće mineralne mase i najveće mineralne gustoće kosti je upravo kvrga na proksimalnom okrajku nadlaktične kosti gdje se veže najsnažnija mišićna masa. Takav rezultat je karakterističan za sve skupine istraženih životinja unutar obje vrste dupina. Dobri dupin je veća životinja, jačeg kostura i ima veću mineralnu gustoću nadlaktične kosti i podlaktičnih kostiju nego plavobijeli dupin. Raspon i srednje vrijednosti mineralne gustoće izmjerene u dobrim dupina veće su od onih u plavobijelih dupina. No, ako se usporede statistički odnosi mineralne gustoće kosti s drugim parametrima, oni se u plavobijelog dupina odnose isto kao i u dobrog dupina.

Utjecaj spola i dobi jedinke na mineralnu gustoću kosti predstavlja predmet brojnih istraživanja na ljudima i na životinjama. Sva mjerenja mineralne gustoće kosti u ljudi pokazuju manju vrijednost mineralne gustoće u kostima žena nego u kostima muškaraca i taj proces je u žena svih dobnih skupina intenzivniji nego u muškaraca, iako u najranijoj dobi žene imaju veću gustoću kosti nego muškarci iste dobi. Pri procjeni spolnih razlika u mineralnoj gustoći treba uzeti u obzir preciznost i tehniku uređaja te odabrano područje mjerenja. Kostu muškaraca su veće, a češće imaju osteofite i izraženije kortikalne nepravilnosti nego žene (EBBESEN i sur., 1998.). Slični odnosi spola i mineralne gustoće kosti opisani su u rezus majmuna (CERRONI i sur., 2003.). Neparometrijski statistički testovi na uzorku dobrih dupina i plavobijelih dupina koji su obuhvaćeni ovim istraživanjem pokazuju sličan trend. Srednje vrijednosti, standardne devijacije i standardne pogreške se razlikuju po spolovima i kod ženki su niže nego kod mužjaka u proporcionalnom odnosu, u obje istražene vrste dupina. Sličan odnos spola prema sadržaju minerala u kosti i mineralnoj gustoći kosti opisan je u pasa beagla i boksera gdje su se podudarale promjene spomenutih parametara u oba spola (MARTIN i sur., 1981.; ZOTTI i sur., 2004.). Kad se vrijednosti mineralne gustoće kosti i sadržaja minerala statistički povežu s ostalim parametrima, kao što su morfometrijske vrijednosti, tada spomenute razlike među spolovima više nisu statistički značajne. Ženke su obično

manje i laganije od mužjaka pa su im i vrijednosti mineralne gustoće sukladne s tim. Takav odnos dužine tijela i mineralne gustoće uočen je u skupini ženki dobrog dupina koje su obuhvaćene ovim istraživanjem i one imaju manju prosječnu tjelesnu dužinu i manju mineralnu gustoću kosti nego mužjaci. U skupini ženki plavobijelog dupina nije primijećena razlika u dužini tijela i mineralnoj gustoći kosti u odnosu prema mužjacima plavobijelog dupina. Iste rezultate u plavobijelih dupina dobili su i GUGLIELMINI i sur. (2002.) iako su istraživali na vrlo malom uzorku životinja, a takvi rezultati oba istraživanja doprinose zapažanju DI-MEGLIA i sur. (1996.) koji su opisali nepostojnje spolnog dimorfizma u smislu dužine i mase tijela plavobijelih dupina iz sredozemnih populacija.

Unutar skupine ženki dobrog dupina mineralna gustoća kosti pokazuje trend smanjivanja u životinja starije dobi. Rast vrijednosti mineralne gustoće zabilježen je do dobi od 15 godina. Nakon toga roka stagnira, a zatim pokazuje lagani trend opadanja. Na uzorku od 30 životinja takve promjene nije moguće preciznije opisati zbog malog broja životinja starije dobi. Usporedbom dobi dobivene GLG metodom i dobi izračunate predloženim statističkim modelom, velika razlika u visini rezultata (više od šest godina) dobivena je samo kod šest životinja što može biti povezano i sa fiziološkim stanjima vezanim uz reprodukcijski ciklus (gravidnost, dojenje). Samo je kod jedne životinje uzrok uginuća povezan s porođajnim komplikacijama. Za razliku od rezultata GUGLIELMINIJA i sur. (2002.), uzorak ovog istraživanja bio je dostatan za utvrđivanje spomenutih promjena, ali za precizne dobne raspone vrijednosti parametara mineralne gustoće je potreban veći uzorak ženki dupina. U tome smislu i statistički model za izračunavanje starosti dupina u slučaju većeg ukupnog uzorka životinja potrebno je prilagoditi dobnim promjenama u starijih ženki dupina.

Utjecaj dobi na vrijednosti mineralne gustoće kosti prisutan je u nadlaktičnoj i podlaktičnim kostima dobrog dupina jednako kao i plavobijelog dupina. Odnos dobi prema parametrima mineralne gustoće, statistički promatran, ima nešto niže korelacijske vrijednosti u usporedbi s odnosom morfometrijskih parametara i parametara mineralne gustoće kosti. Odnos dobi i morfometrijskih parametara se nalazi u istom rasponu koeficijenta korelacije kao odnos dobi i mineralne gustoće kosti. Korelacijski odnos dobi životinje i parametara mineralne gustoće u dobrih i plavobijelih dupina kreće se oko

0,800 do 0,833, što je nešto veći korelacijski odnos nego onaj koji je dobiven na uzorku plavobijelih dupina koje su proveli GIANCAMILLO i sur. (2002.). Korelacijski koeficijent se povećava ako se u analizu uključi i dužina tijela koja je u visokoj korelaciji s parametrima mineralne gustoće, a nešto slabije i u korelaciji sa dobi životinje i kreće se oko 0,887 u mužjaka i oko 0,872 u ženki svih pretraženih dupina (N=69). Na uzorku dobrih dupina oba spola koeficijent korelacije se kreće u rasponu od 0,802 do 0,833. Koeficijent korelacije između dobi i dužine tijela i parametara mineralne gustoće kosti plavobijelih dupina u uzorku koji uključuje oba spola, kreće se oko vrijednosti 0,711 što se u potpunosti slaže s rezultatima GIANCAMILLO i sur. (2002.). Spomenuti autori u istraživanju su koristili osteodenzitometar istog proizvođača kao i u ovom istraživanju, ali drugog tipa. Oba uređaja pripadaju istoj generaciji osteodenzitometara i temeljena su na istoj fizici zračenja što objašnjava podudarnost rezultata. Osim toga uzorak plavobijelih dupina u oba istraživanja bio je vrlo sličan. Ranije istraživanje je provedeno na 15 plavobijelih dupina (GIANCAMILLO i sur., 2002.), a ovo istraživanje obuhvatilo je samo 13 životinja. Zbog toga su vjerojatno, koeficijenti korelacija za plavobijele dupine različiti od koeficijenata dobivenih na uzorku dobrih dupina (N=56) na kojima je također obavljeno ovo istraživanje.

Sve neparametrijske te dvodimenzionalne i trodimenzionalne korelacijske statističke analize su pokazale da dob kao biološki parametar utječe na metabolizam koštanog tkiva dupina u smislu povećanog odlaganja minerala u kost tijekom porasta dobi životinje. Takav rezultat je očekivan i slaže se sa svim opisanim promjenama koje se u tom smislu zbivaju u kostima čovjeka (EBBBESEN i sur., 1999.; THOMAKOS I LIAKATOS, 2000.; ALMEIDA I SCHMETISCH, 2002.), majmuna (CERRONI i sur., 2000.; 2003.; COLMAN i sur., 1999.; BLACK i sur., 2001.), pasa (MARTIN i sur., 1981.; Zotti i sur., 2004.), svinja (MITCHELL i sur., 2001.), zelenog legvana (ZOTTI i sur., 2004.) i plavobijelog dupina (GUGLIELMINI i sur., 2002.). Uzorak dupina obuhvaćen ovim istraživanjem velik je u usporedbi s procijenjenom veličinom populacije dobrih dupina u Jadranskom moru koja se kreće oko 220 jedinki (GOMERČIĆ i sur., 1998.), jer čini četvrtinu te populacije. Unatoč tome, da bi se utvrdile preciznije godišnje ili periodične promjene bioloških parametara vrste, tako i mineralne gustoće kosti, bio bi potreban veći uzorak.

### 5.3. Primjena mjerenja mineralne gustoće kosti u procjeni dobi dupina

Određivanje dobi životinje od velikog je značaja za razumijevanje bioloških, a posebno ekoloških i fizioloških odnosa unutar neke populacije. Poznavanje dobi u populaciji životinja donosi informacije o dobnoj strukturi populacije, trendovima njenog rasta ili samnjivanja, morfološkom i fiziološkom sazrijevanju životinja. Nadalje, anatomske strukture ili fiziološke osobitosti koje se koriste kao parametri dobi životinja daju informacije i o ukupnom zdravstvenom stanju, reprodukciji i utjecaju činitelja iz okoliša na rast, razvoj, zdravlje i razmnožavanje životinja. Prva istraživanja povezanosti periodičkog odlaganja slojeva dentina zuba u morskih sisavaca datira još od tridesetih godina prošlog stoljeća (SANTOS i sur., 2003.). Od tada je tehnika određivanja dobi morskih sisavaca temeljem slojeva zubnog dentina (GLG-metoda, od engl. *Growth Layers Group*) postala standardni postupak. Protokoli za njeno određivanje opisani su za mnoge kitove zubane. Iščitavanje slojeva dentina zuba nije jednostavan postupak i uključuje brojne teškoće koje utječu na preciznost krajnjeg rezultata. Najveći problem predstavljaju slabo definirani slojevi dentina i njihova slaba međusobna razlučivost, kao i razlučivost u odnosu na cement i caklinu zuba, zatim mogućnost dodatnih slojeva dentina koji nisu vezani za godišnja razdoblja, te nepravilnosti u rasporedu slojeva dentina uvjetovanih anomalijama mineralizacije zuba (RAMOS i sur, 2000.; EVANS I ROBERTSON, 2001.; EVANS i sur., 2002.).

Dob životinja koja je korištena u ovom istraživanju određivana je na sličan način kao i kod ostalih vrsta dupina za koje su dostupni podaci. Gotovo identično kao i u istraživanjima EVANSOVE i sur. (2002.) provedenim na glavatim ulješurama, pri brojanju slojeva zubnog dentina dupina korištenom u ovom istraživanju, uključena su tri ili četiri istraživača (pet u istraživanju EVANS i sur., 2002.). Autorica opisuje pogrešku u brojanju od prosječno pet slojeva. Razlike u konačnom broju slojeva dentina rezultat su različite interpretacije i prepoznavanja slojeva dentina što predstavlja najveći činitelj preciznosti određivanja dobi životinje. Upotreba mikrofotografija visoke razlučivosti pozitivno utječe na smanjenje pogreške u preciznost brojanja tih slojeva. Nadalje, anomalije u mineralizaciji zuba u smislu njegovih periodičnih razlika vezanih uz neka

fiziološka ili patološka stanja koja prati smanjeno ili poremećeno odlaganje minerala, također utječu na razlučivost slojeva dentina čemu doprinosi i zatvaranje zubne šupljine tijekom starenja životinje. Greška u procjeni broja slojeva dentina raste sa starošću životinja (EVANS I HINDEL, 2004.). U ovom istraživanju korišteni su zubi obrazno-jezičnog lateralnog područja čeljusti što je preporuka opisana u literaturi, obzirom da postoje razlike u broju slojeva dentina različitih zubi iste jedinice. ROSAS i sur. (2002.) opisuju prednosti korištenja zuba središnjeg područja donje čeljusti u usporedbi sa zubima rostralnog dijela donje čeljusti. Prema ovim autorima, broj slojeva dentina prednjih zubiju je i do 50% manji od broja slojeva dentina srednjeg dijela čeljusti u iste životinje. VOS (2003.) navodi da je u bijelog dupina najveći broj slojeva zubnog dentina na poziciji osmog zuba što odgovara srednjem dijelu čeljusti. Osim individualnih, opisane su i spolne razlike u broju slojeva dentina ili njihove razlučivosti. Pretpostavlja se da na širinu pojedinih slojeva utječu reprodukcijski ciklusi u ženki i način prehrane (RAMOS i sur., 2000.).

Optička gustoća slojeva dentina vezana je uz proces mineralizacije zuba i u nekih vrsta je jasnije izražena nego u drugih vrsta kitova zubana (EVANS I ROBERTSON, 2001.). Ovo istraživanje, koje je uključilo i određivanje dobi dvije vrste dupina, slaže se s tvrdnjom spomenutih autora. Zub plavobijelog dupina vjerojatno ima veću optičku gustoću i pokazuje prilično dobru razlučivost slojeva dentina za razliku od dobrog dupina kod kojega se slojevi dentina teško raspoznaju što dovodi do razlika u procjeni njihova broja.

Navedeni problemi u procjeni dobi dupina pomoću standardne GLG metode ukazuju na potrebu njene nadopune pomoćnim metodama koje su temeljene na periodičnim fiziološkim promjenama koje su na bilo koji način mjerljive, te ih je moguće egzaktno izraziti. Ovakva istraživanja intenzivna su posljednjih nekoliko godina, a tu pripada i ovo istraživanje. RAMOS i sur. (2000.) su određivali širinu pojedinih slojeva dentina i pokušali utvrditi pravilnost u njenom ponavljanju. Pretpostavili su da se relativna širina godišnjih slojeva dentina u usporedbi s ukupnom širinom zuba, može primijeniti i na druge vrste dupina i kitova zubana. SMITH (2003.) je pokušala molekularnim metodama utvrditi razlike u količini hormona periodično nakupljenih u biopsatu i uzorku blubbera. Opisane su i metode radiometrijskog određivanja dobi



ugrađivanjem radioaktivnih markera u slojeve tkiva zvukovoda i bubnjišnog mjehura (KASTELLE i sur., 2003.) kao i rendgenografski pokazatelji koštanog sazrijevanja životinje temeljem razvoja sekundarnih centara okoštavanja i spajanja epifiznih dijelova s ostatkom kosti (OGDEN i sur., 1981.). Tjelesnu dužinu sa brojem slojeva zubnog dentina povezivali su SANTOS i sur. (2003.) i BRYDEN i sur. (2005.). Slična metoda korištena je i u ovom istraživanju s tom razlikom što je u statističku analizu uključena i mineralna gustoća kosti kao vrlo precizan kvantitativni parametar.

Multivarijatne statističke analize su povezale sve istraživane parametre: dob životinje, dužinu tijela, kranijalnu i kaudalnu dužinu peraje i najveću širinu peraje te parametre dobivene mjerenjem mineralne gustoće nadlaktične kosti i podlaktičnih kostiju. Visoki stupanj korelacije ( $r=0,956$ ) utvrđen je kanoničkom analizom povezanosti morfometrijskih parametara i parametara mineralne gustoće kosti što je pokazalo njihovu veliku međusobnu ovisnost. Time se otvara mogućnost i drugih metoda za procjenu starosti životinje u smislu praćenja rasta kostiju prsne peraje, promatranja i opisivanja njenih rendgenoloških osobina te njihovo povezivanje s promjenama u sadržaju minerala i mineralnoj gustoći tih kostiju. Sve izmjerene vrijednosti zajedno, uključujući i dob životinje, testirane su faktorskom analizom da bi se utvrdio faktor opterećenja glavnih komponenti analize. Utvrđeno je da sve komponente povezuje samo jedan faktor u vrlo visokim korelacijama, osim dobi koja je s tim faktorom u najmanjoj korelaciji, ali to ne isključuje mogućnost da je upravo dob taj faktor opterećenja. Analiza dobi kao ovisne varijable u odnosu na sve ostale vrijednosti, testirana je metodom multiple regresije. Dobiven je umjereno visok regresijski koeficijent ( $r=0,885$ ) što odgovara jačini utjecaja dobi na promjene ostalih parametara, uključujući i mineralnu gustoću kosti. Temeljem regresijske analize nad dobi životinje dobivena je formula po kojoj je s parametrima mineralne gustoće kosti moguće izračunati dob životinje. Za dobivenu formulu standardizirani su regresijski koeficijenti dobiveni na uzorku 56 dobrih dupina. Povećanjem broja jedinki u statističkom uzorku bilo bi porebno preračunati regresijske koeficijente, a to bi rezultiralo preciznijom formulom za izračunavanje dobi dupina. Spomenutom statističkom metodom izračunata je dob onih dupina za koje nije utvrđena drugim metodama. Usporedbom s ostalim morfometrijskim parametrima, dobivena vrijednost bi mogla biti blizu stvarne dobi životinje.

Temeljem poznate mineralne gustoće kosti može se odrediti starost životinje. Preciznost osteodenzitometrijske metode ovisi isključivo o veličini uzorka na kojem je napravljena statistička analiza. Ovo istraživanje je provedeno na ograničenom broju životinja i bilo bi zanimljivo testirati preciznost metode na još većem broju dupina. Na većem broju životinja bi još trebalo detaljno testirati promjene mineralne gustoće kosti unutar pojedinih dobnih skupina, a posebno unutar svakog spola. Unatoč tome što uzorak od 30 ženki dobrog dupina nije pokazao statistički značajne razlike u odnosu na mužjake u smislu odnosa mineralne gustoće kosti i dobi tijekom većeg dijela života jedinki, ovo istraživanje je pokazalo da se u starih ženki dobrog dupina mogu očekivati promjene slične onima u žena postmenopauzalne dobi. Analiza mineralne gustoće kosti se na isti način može primijeniti na sve vrste kitova (posebno kitova usana koji nemaju zube), a vjerojatno i na druge vrste divljih životinja, ukoliko pokazuju slične trendove u promjenama mineralne gustoće kosti porastom dobi životinje. Upotreba parametara mineralne gustoće kosti u procjeni dobi životinje temeljena je na njihovoj usporedbi s dobi procijenjenoj GLG metodom koja je apsolutni standard za procjenu dobi dupina. Ova metoda može biti odgovarajuća pomoćna metoda. Posebno se može koristiti kada se radi o nalasku uginulih životinja čije su postmortalne promjene dovele do ispadanja zubi ili se radi o nalasku samo dijela tijela uginule životinje što nije rijedak slučaj. Primjenom manjih, prijenosnih osteodenzitometrijskih uređaja mogla bi se odrediti dob i živim životinjama. Osim pomoći u određivanju dobi dupina, poznavanjem promjena u sadržaju minerala u kostima i mineralne gustoće kosti može se dobiti uvid u fiziološke i patološke promjena koštanog sustava, te intenzitet njegovih periodičnih promjena u različitim vrsta kitova, ali i drugih vrsta životinja.

1. Protokol za mjerenje mineralne gustoće nadlaktične i podlaktičnih kostiju dobrog dupina i plavobijelog dupina može se utvrditi na osnovu prilagodbe protokola koji se primjenjuje za čovjeka.
  
2. Uočena je razlika u mjerenju mineralne gustoće nadlaktične i podlaktičnih kostiju pretraženih dupina koja postoji pri analizi mjerenja pomoću programa prilagođenog kralježnici čovjeka (PSS-analiza) i programa prilagođenog malim životinjama (RWB-analiza). Razlika se očituje u vrijednostima izmjerenih parametara koji su znatno niži u RWB-analizi, ali su unutar dobivenog mjernog područja međusobno usporedivi i pokazuju jednake statističke korelacije kao i vrijednosti dobivene PSS-analizom.
  
3. Mjerenje mineralne gustoće nadlaktične i podlaktičnih kostiju pretraženih dupina daje vrijednost sadržaja minerala (BMC) na zadanoj površini kosti te vrijednosti mineralne gustoće kosti koje su u pravilnim odnosima ako se uspoređuju šira i uža područja pretrage mjerenja što potvrđuje preciznost uređaja i pravilnost mjerenja.
  
4. Vrijednosti mineralne gustoće nadlaktične i podlaktičnih kostiju pretraženih dupina pokazuju razlike vezane uz vrstu dupina. Dobri dupin ima veći sadržaj minerala i veću mineralnu gustoću pretraženih kostiju od plavobijelog dupina.
  
5. Mineralna gustoća nadlaktične i podlaktičnih kostiju pretraženih dupina kao i sadržaj minerala istih kostiju, statistički je značajno povezan s morfometrijskim parametrima. Porastom dužine tijela, rasta i vrijednosti mineralne gustoće kosti, a isti trend pokazuje i porast morfometrijskih veličina prsne peraje u obje istražene vrste.
  
6. Mineralna gustoća nadlaktične i podlaktičnih kostiju pretraženih dupina i sadržaj minerala istih kostiju, povezani su s brojem slojeva godišnjih prirasta zubnog dentina što potvrđuje pretpostavku njihove povezanosti s dobi životinja.

7. Multivarijantnom statističkom analizom parametara dobivenih mjerenjem mineralne gustoće nadlaktične i podlaktičnih kostiju pretraženih dupina dobivena je formula po kojoj je moguće izračunati približnu dob životinje, što može poslužiti kao dopuna standardnoj metodi određivanja dobi dupina brojanjem slojeva zubnog dentina. Povećanjem broja dupina u ukupnom uzorku postigla bi se veća preciznost formule

$$(dob = B + BMCG \times B_{BMCG} + BMCS \times B_{BMCS} - BMDG \times B_{BMDG} - \\ - BMDS \times B_{BMDS}).$$

8. Vrijednosti mineralne gustoće nadlaktične i podlaktičnih kostiju ženki istraženih dupina nešto je niža od one u mužjaka, ali nije statistički značajna.

9. U starijih ženki dobrog dupina uočene su promjene u vrijednostima mineralne gustoće kostiju kakve su opisane u žena postmenopauzalne dobi. Kod takvih pretraga potreban je veći uzorak da bi se dobili precizni podaci.

10. Promjene mineralne gustoće nadlaktične kosti i podlaktičnih kostiju pretraženih dupina tijekom porasta dobi životinja odgovaraju promjenama opisanima na životinjama koje žive u slobodnoj prirodi.

- ALMEIDA, J. DE, E. SCHEMITSCH (2002): Osteoporosis: An approach to diagnosis and treatment. *University of Toronto Medical Journal*; 80 (1): 28-33.
- ASCENZI, A., E. BONUCCI (1967): The tensile properties of single osteons. *Anat. Rec.*; 158: 375-386.
- ASCENZI, A., E. BONUCCI (1968): The compressive properties of single osteons. *Anat. Rec.*; 161 (3): 377-391.
- ASCENZI, A., P. BACCHIERI, A. BENVENUTI (1994): The torsional properties of single selected osteons. *J. Biomech.*; 27 (7): 875-877.
- ARCHER, F. I., W. F. PERRIN (1999): *Stenella coeruleoalba*. *Mammal. Spec.*; 603; 1-9.
- BARTHE, N., P. BRALLION, D. DUCASSOU, B. BASSE-CATHALINAT (1997): Comparison of two Hologic DXA system (QDR 1000 and QDR 4500/A). *Brit. J. Radiol.*; 70: 728-739.
- BEARZI, G., G. NOTOBARTOLO DI SCIARA, E. POLITI, G. LAURIANO (1994): Ecology and behavior of the bottlenosed dolphins near the islands of Lošinj and Cres (Croatia). U: *Proceedings of the 5<sup>th</sup> Congress of Croatian Biologists* (Urednik: H. Gomerčić) Hrvatsko biološko društvo. Zagreb, str. 401-402.
- BEARZI, G., C. M. FORTUNA, G. NOTOBARTOLO DI SCIARA (1998): Unusual sighting of a striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*) in the Kvarnerić, Northern Adriatic Sea. *Nat. Croat.* 7; 169-176.
- BEJDER, L., B. K. HALL (2002): Limbs in whales and limblessness in other vertebrates: mechanism of evolutionary and developmental transformation and loss. *Evolution and Development*; 4 (6): 445-458.

- BELLO, G. (1993): Stomach content of a specimen of *Stenella coeruleoalba* (Cetacea: Delphinidae) from the Ionean Sea. Atti. Soc. Ital. Sci. Nat. Mus. Civ. St. Nat. Milano, 133; 41-48.
- BLACK, A., E. M. TILMONT, A. M. HANDY, W. W. SCOT, S. A. SHAPSES, D. K. INGRAM, G. S. ROTH, M. A. LANE (2001): A nonhuman primate model of age-related bone loss: A longitudinal study in male and premenopausal female Rhesus monkeys. Bone 8 (3): 295-302.
- BLAKE, G. M., R. J. M. HERD, R. PATEL, I. FOGELMAN (2000): The effect of weight change on total body dual-energy X-ray absorptiometry: Results from a clinical trial. Osteoporosis Int.; 11: 832-839.
- BLOOM, W., D. W. FAWCETT (1994): A Textbook of Histology. 12<sup>th</sup> ed. W. B. Saunders Company. Philadelphia.
- BOSZCZYK, B. M., A. A. BOSZCZYK, R. PUTZ (2001): Comparative and functional anatomy of the mammalian lumbar spine. Anat. Rec., 264: 157-168.
- BROWN, L. B., E. A. STREETEN, A. R. SHULDINER, L. A. ALMASY, P. A. PEYSER, B. D. MITCHELL (2004): Assessment of sex-specific genetic and enviromental effects on bone mineral density. Genetic Epidemiology; 27 (2): 153-161.
- BRUSINA, S. (1889): Sisavci Jadranskoga mora. Gradja za faunu Hrvatsku uz obzir na ostale sisavce Sredozemnoga mora. Rad JAZU 95, 76-176.
- BRYDEN, M. M., R. J. HARRISON, R. J. LEAR (2005): Some aspects of the biology of *Peponocephala electra* (cetacea: Delphinidae). I. General and reproductive biology. Austr. J. Mar. Fresh. Res., 28 (6): 703-715.

- BUFFRENIL, V. DE, D. SCHOEVAERT (1988): On how the periosteal bone of the delphinid humerus becomes cancellous: ontogeny of a histological specialisation. *J. Morphol.*; 198 (2): 149-164.
- BUFFRENIL, V. DE, J-M. MAZIN (1990): Bone histology of the ichthyosaurus: comparative data and functional interpretation. *Paleobiology*; 16 (4): 435-437.
- BUFFRENIL, V. DE, W. DABIN, L. ZYLBERBERG (2004): Histology and growth of the cetacean petro-tympanic bone complex. *J. Zool. Lond.*; 262: 371-381.
- BULJAN-CULEJ, J. (2004): Primjena koštanog morfogenetskog proteina (BMP) i mehanizam djelovanja u suzbijanju osteoporoze. Doktorska disertacija. Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu. Zagreb.
- CALZADA, N., C. H. LOCKYER, A. AGUILAR (1994): Age and sex composition of the striped dolphin die-off in the western Mediterranean. *Marine Mammal Science* 10; 229-310.
- CARWARDINE, M. (1995): Whales, Dolphins and Porpoises. A Dorling Kindersley Book. London, New York, Delhi, Johannesburg, Munich Sydney.
- CERRONI, A. M., G. A. TOMLINSON, J. E. TURNQUIST, M. D. GRYNPAS (2000): Bone mineral density, osteopenia, and osteoporosis in the rhesus macaques of Cayo Santiago. *Am. J. Phys. Anthrop.* 113; 389-410.
- CERRONI, A. M., G. A. TOMLINSON, J. E. TURNQUIST, M. D. GRYNPAS (2003): Effect of parity on bone mineral density in female Rhesus Macaques from Cayo Santiago. *Am. J. Phys. Anthropol.* 121: 252-269.

- CHAMP, J. E., N. BINKLEY, T. HAVIGHURST, R. J. COLMAN, J. W. KEMNITZ, E. B. ROECKER (1996): The effects of advancing age on bone mineral content of female Rhesus Monkeys. *Bone*; 19 (5): 485-492.
- CHEN, Z., M. MARICIC, P. LUND, J. TESSER, O. GLUCK (1998): How the New Hologic hip normal references values affect the densitometric diagnosis of osteoporosis. *Osteoporosis Int.*; 8: 423-427.
- COCKCROFT, V. G., G. J. B. ROSS (1989): Age, growth, and reproduction of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, from the east coast of Southern Africa. *Fishery Bulletin U.S.* 88; 289-302.
- COLMAN, R. J., M. A. LANE, N. BINKLEY, F. H. WEGNER, J. W. KEMNITZ (1999): Skeletal effects of aging in male rhesus monkeys. *Bone* 24 (1): 17-33.
- CONNOR, C. C., J. MANN, P. L. TYACK, H. WHITEHEAD (1998): Social evolution in toothed whales. *Reviews*, 13; 228-232.
- CURREY, J. D., K. BREAR, P. ZIOUPOS (1994): Dependence of mechanical properties on fibre angle in narwhal tusk, a highly oriented biological composite. *J. Biomech.*; 34 (5): 707-710.
- DACQUIN, R. R. A: DAVEY, C. LAPLACE, R. LAVASSEUR, H. A. MORRIS, S. R. GOLDRING, S. GEBRE-MEHDIN, D. L. GALSON, J. D. ZAJAC, G. KARSENTY (2004): *J. Cell Biol.*; 164 (4): 509-514.
- DARIPA, M., F. J. A. PAULA, A. C. B. RUFINO, M. C. FOSS (2004): Impact of congenital calcitonin deficiency due to dysgenetic hypothyroidism on bone mineral density. *Braz. J. Med. Res.*; 37 (1): 61-68.



- DELLMAN, H. D. (1993): Textbook of Veterinary Histology. 4<sup>th</sup> ed. Lea and Fabiger. Philadelphia.
- DI-MÉGLIO, N., R. ROMERO-ALVAREZ, A. COLLET (1996): Growth comparison in striped dolphins, *Stenella coeruleoalba*, from the Atlantic and Mediterranean coasts of France. Aquatic Mammals 22; 11-21.
- DOMNING, D. P. (2001): Earliest known quadripedal sirenian. Nature; 413: 625-627.
- EBBESEN, E. N., J. S. THOMSEN, H. BECK-NIELSEN, H. J. NEPPER-RASMUSSEN, L. MOSEKILDE (1998): Vertebral bone density evaluated by dual-energy X-ray absorptiometry and quantitative computed tomography in vitro. Bone; 23 (3): 283-290.
- EBBESEN, E. N., J. S. THOMSEN, H. BECK-NIELSEN, H. J. NEPPER-RASMUSSEN, L. MOSEKILDE (1999): Age- and gender-related differences in vertebral bone mass, density and strength. J. Bone Min. Res.; 14 (8): 1394-1403.
- EVANS, K., M. A. HINDELL, K. ROBERTSON, C. LOCKYER, A. D. RICE (2002): Factors affecting the precision of age determination of sperm whales (*Physeter macrocephalus*). J. Cetacean Res. Manage; 4(2): 193-201.
- EVANS, K., K. ROBERTSON (2001): A note on the preparation of sperm whale (*Physeter macrocephalus*) teeth for age determination. J. Cetacean Res. Manage; 3 (1): 101-107.
- EVANS, K., M. A. HINDELL (2004) The age structure and growth of female sperm whales (*Physeter macrocephalus*) in southern Australian waters. J. Zool. Lond.; 263: 237-250.

FELTS, W. J. L., F. A. SPURREL (1965): Structural orientation and density in cetacean humeri. *Am. J. Anat.*; 116: 171-204.

FATAYERJI, D., A. M. COOPER, R. EASTELL (1999): Total bone and regional bone mineral density in men. Effect of age. *Osteoporosis Int.*; 10: 59-65.

FELSENBERG, D., W. GOWINI (1998): Bone densitometry: applications in sport medicine. *Eur. J. Radiol.*; 28: 150-154.

FERNANDEZ-TRESGUERRES HERNANDEZ-GIL, I., M. A. ALOBERA GRACIA, M. DEL CANTO PINGARRON, L. BLANCO JEREZ (2006): Physiological bases of bone regeneration. I. Histology and physiology of bone tissue. *Med. Oral. Patol. Oral. Cir. Bucal.*; 11: E47-51.

FISH, F. E., J. J. ROHR (1999): Review of dolphin hydrodynamics and swimming performance. Technical report 1801. SSC San Diego. San Diego, SAD.

FISHMAN, D. A., E. D. HAY (1962): Origin of osteoclasts from mononuclear leukocytes in regenerating new limbs. *Anat. Rec.*; 143: 329.

FORCADA, J., A. AGUILLAR, P. G. H. EVANS, W. E. PERRIN (1990): Distribution of common and striped dolphin in the temperate waters of the eastern North Atlantic. *European Research on Cetaceans 4; Proceedings of the 4<sup>th</sup> Annual Conference of the European Cetacean Society, Palma De Mallorca*; 64-66.

FRANCK, H., M. MUNZ, M. SCHERRER (1997): Bone mineral density of opposing hips using dual energy X-ray absorptiometry in single beam and fan-beam design. *Calcif. Tissue Int.*; 61: 445-447.

GALA PANIAGUA, J., M. DIAZ-CURIEL, C. DE LA PIEDRA GORDO, C. CASTILLA REPARAZ, M. TORRABO GARCIA (1998): Bone mass

assessment in rats by dual energy X-ray absorptiometry. *Brit. J. Radiol.*; 71: 754-758.

GALES, N.J. (1992): Mass stranding of striped dolphin, *Stenella coeruleoalba*, at Augusta, Western Australia: Notes on clinical pathology and general observations. *J. Wildlife Dis.* 28; 651-655.

GIBSON, L. J. (1985): The mechanical behaviour of cancellous bone. *J. Biomech.*; 18 (5): 317-328.

GOL'DIN, P. E. (2003): Bone of lower jaw of harbour porpoise (*Phocoena phocoena relicta* Abel, 1905) as a registering structure. *Uchenye zapiski TNU. Series: Biology*; 16 (55): 61-69.

GOMERČIĆ, H., Đ. HUBER, T. GOMERČIĆ, A. GOMERČIĆ, D. ŠKRTIĆ, S. VUKOVIĆ (1994): Plavobijeli dupin (*Stenella coeruleoalba*, Meyen 1833) godine 1991. po prvi puta nađen u Jadranu. The striped olphin (*Stenella coeruleoalba*, Meyen 1833) for the first time found in the Adriatic Sea in 1991. U: Zbornik sažetaka priopćenja Petog kongresa biologa Hrvatske. Proceedings of abstracts of the papers presented at The fifth congress of Croatian biologists (Urednik: H. Gomerčić). Hrvatsko biološko društvo. Zagreb. str. 340-341.

GOMERČIĆ, H., Đ. HUBER, D. MIHELIĆ, H. LUCIĆ, T. GOMERČIĆ, M. ĐURAS (1998): Procjena veličine populacije dobrog dupina u hrvatskom dijelu Jadrana. U: Zbornik sažetaka priopćenja 7. Hrvatskog biološkog kongresa; str. 229-230.

GREEN, R.F. (1972): Observation on the anatomy of some cetaceans and pinnipeds. U: *Mammals of the Sea-Biology and Medicine* (Urednik: S. H. Ridgway). Charles C. Thomas Publisher. Springfield 247-274.

- GRIER, S. J., A. S. TURNER, M. R. ALVIS (1996): The use of dual energy X-ray absorptiometry in animals. *Invest. Radiol.* 31 (1); 50-62.
- GRYNPAS, M. D., R. G. V. HANCOCK, C. GREENWOOD, J. TURNQUIST, M. J. KESSLER (1993): The effect of diet, age and sex on the mineral content of primate bones. *Calcif. Tissue Int.*; 52: 399-405.
- GUGLIELMINI, C. A. ZOTTI, D. BERNARDINI, M. PIETRA, M. PODESTA, B. COZZI (2002): Bone density of the arm and forearm as an age indicator in specimens of stranded Striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*). *Anat. Rec.*; 267: 225-230.
- HIYAOKA, A., T. YOSHIDA, F. CHO, Y. YOSHIKAWA (1996): Changes in bone mineral density of lumbar vertebrae after parturition in African green monkeys (*Cercopithecus aethiops*). *Exp. Anim.*; 45 (3): 257-259.
- HOLOGIC OPERATOR MANUAL (1989). Routine, Quality Control. Hologic Inc., Waltham, MA, USA.
- IWAMOTO, J., T. TAKEDA, Y. SATO (2005): Prevention and treatment of corticosteroid-induced osteoporosis. *Yonsei Med. J.*; 46 (4): 456-463.
- JEFFERSON, T. A., S. LEATHERWOOD, M. A. WEBBER (1993): *FAO species identifications guide: Marine mammals of the world*. United Nations Environment Programme Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- JIANG, G., H. MATSUMOTO, J. YAMANE, N. KUBOYAMA, Y. AKIMOTO, A. FUJII (2004): Prevention of trabecular bone loss in the mandible of ovariectomized rats. *J. Oral Sci.*; 46: 75-84.

- JOHNSON, J., B. DAWSON-HUGHES (1991): Precision and stability of dual-energy X-ray absorptiometry measurements. *Calcif. Tissue Int.*; 49: 174-178.
- JONES, S. J., A. BOYDE (1977): Some morphological observation on osteoclasts. *Cell. Tissue. Res.*; 185 (3): 387-397.
- JUNQUEIRA, L. C., J. CARNEIRO, R. O. KELLEY (1995): Osnove Histologije. Prema sedmom američkom izdanju, Školska knjiga, Zagreb.
- KASTELLE, C. R., K. E. W. SHELDEN, D. K. KIMURA (2003): Age determination of mysticete whales using  $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$  disequilibria. *Can. J. Zool.*; 81: 21-32.
- KAVUNCU, V., S. SAHIN, G. BAYDAS, N. ILHAM, I. OZERCAN, A. YASAR, I. PEKKUTUCU, N. ILHAM, R. OZERCAN (2003): A comparison of estrogen and two different doses of calcitonin in ovariectomized rats. *Yonsei Med. J.*; 44 (3): 508-516.
- KHAN, A. A., J. BROWN, K. FAULKNER, D. KENDLER, B. LENTLE, W. LESLIE, P. D. MILLER, L. NICHOLSON, W. P. OLSZYNSKI, N. B. WATTS (2002): Standards and guidelines for performing central dual X-ray densitometry from the canadian panel of international society for clinical densitometry. *J. Clin. Densitometry*; 5 (4): 435-445.
- KLIMA, M., H. A. OELSCHLÄGER, D. WUNST (1980): Morphology of the pectoral girdle in the Amazon dolphin *Inia geoffrensis* with special reference to the shoulder joint and the movements of the flippers. *Z. Säugetierkunde* 45: 288-309.
- KRUEGER, D., H. TODD, A. HAFFA, J. BRUNER, D. YANDOW, N. BINKLEY (1999): Central region-of-interest analysis of lumbar spine densitometry demonstrates lower bone mass in older rhesus monkeys. *Bone*; 24 (1): 29-33.

- LANDIS, W. J. (1996): Mineral characterization in calcifying tissue: atomic, molecular and macromolecular perspectives. *Connect. Tissue. Res.*; 34 (4): 239-246.
- LANDIS, W. J. (1995): The strength of calcified tissue depends in part on the molecular structure and organization of its constituent mineral crystals in their organic matrix. *Bone*; 16 (5): 533-544.
- LEATHERWOOD, S., R. REEVES, L. FOSTER (1983): *The Sierra Club Handbook of Whales and Dolphins*. Sierra Club Books. San Francisco.
- LIM, S, H. JOUNG, C. S. SHIN, H. K. LEE, K. S. KIM, E. K. SHIN, H-Y. KIM, S-I. CHO (2004): Body composition changes with age have gender-specific impacts on bone mineral density. *Bone*; 35: 792-798.
- LOCHMÜLLER, E.-M., V. JUNG, A. WEUSTEN, U. WEHR, E. WOLF, F. ECKSTEIN (2001): Precision of high-resolution dual energy xray absorptiometry measurements of bone mineral status and body composition in small animal models. *Eur. Cell. Mater.*; 1: 43-51.
- LONG, J. H., D. A. PABST, W. R. SHEPERD, W. A. MCLELLAN (1997): Locomotor design of dolphin vertebral columns: Bending mechanics and morphology of *Delphinus delphis*. *J. Exp. Biol.*, 200: 65-81.
- LU, P. W., J. N. BRIODY, R. HOWMAN-GILES, A. TRUBE, C. T. COWELL (1994): DXA for bone density measurement in small rats weighing 150-250 grams. *Bone*; 15 (2): 199-202.
- MAAS, M. (2002): Histology of bones and teeth. U: *Marine Mammals Encyclopedia*. Urednik: W. F. Perrin, B. Würsig, J. G. M. Thewissen. Academic Press. San Diego, California, USA.

- MAMMONE, J. F., S. M. HUDSON (1993): Micromechanics of bone strength and fracture. *J. Biomech.*; 26 (4-5): 436-446.
- MARKEL, M. D., E. SIELMAN (1993): Radiographic study of homotypic variation of long bones in dogs. *Am. J. Vet. Res.*; 54 (12): 2000-2003.
- MARKEL, M. D., J. J. BODGANSKE (1994): Dual-energy X-ray absorptiometry of canine femurs with and without fracture fixation devices. *Am. J. Vet. Res.*; 55 (6): 862-866.
- MARKEL, M. D., E. SIELMAN, J. J. BODGANSKE (1994): Densitometric properties of long bones in dogs, as determined by use of dual-energy X-ray absorptiometry. *Am. J. Vet. Res.*; 55 (12): 1750-1756.
- MARKS, S. C., S. N. POPOFF (1988): Bone cell biology: The regulation of development, structure, and function in the skeleton. *Am. J. Anat.*; 183 (1): 1-44.
- MARTIN, J., N. A. SIMS (2005): Osteoclast – derived activity in the coupling of bone formation to resorption. *Trends Mol. Med.*; 11, No. 2: 76-81.
- MARTIN, R. K., J. P. ALBRIGHT, W. S. S. JEE, G. N. TAYLOR, W. R. CLARKE (1981): Bone loss in the beagle tibia: Influence of age, weight, and sex. *Calcif. Tissue Int.* 33; 233-238.
- MCCLURE, S. R., L. T. GLICKMAN, N. W. GLICKMAN, C. M. WEAVER (1991): Evaluation of dual X-ray absorptiometry for in situ measurement of bone mineral density of equine metacarpi. *Am. J. Vet. Res.*, 62 (5): 752-756.

- MITCHELL, A. D., A. M. SCHOLZ, V. G. PURSEL (2001): Total body and regional measurement of bone mineral content and bone mineral density in pigs by dual energy X-ray absorptiometry. *J. Anim. Sci.* 79; 2594-2604.
- MOLINA, D. M., J. A. OPORTO (1993): Comparative study of dentine staining techniques to estimate age in the chilean dolphin, *Cephalorhynchus eutropia* (Gray, 1846). *Aquatic Mammals* 19; 45-48.
- MUIR, P., M. D. MARKEL (1996): Geometric variables and bone mineral density as potential predictors for mechanical properties of the radius of Greyhounds. *Am. J. Vet. Res.*; 57 (7): 1094-1097.
- MYRICK, A. C., JR. (1988): Is tissue resorption and replacement in permanent teeth of mammals caused by stress-induced hypocalcemia? Biological mechanisms of tooth eruption and root resorption, EBSCO Media, Birmingham, AL 35233; 379-389.
- MYRICK, A.C. JR, L.H. CORNELL (1990): Calibrating dental layers in captive bottlenosed dolphins from serial tetracycline labels and tooth extractions. U: *The Bottlenosed Dolphin* (Urednik: S. Leatherwood). Academic Press, Inc. Str. 587-608.
- NAGY, T. R., A-L. CLAIRE (2000): Precision and accuracy of dual-energy X-ray absorptiometry for determining in vivo body composition of mice. *Obesity Res.*; 8 (5): 392-398.
- NISHIWAKI, M. (1972): General biology. U: *Mammals of the Sea – Biology and Medicine* (Urednik: S. H. Ridgway). Charles C. Thomas Publisher. Springfield. Str. 80-98.



- NUMMELA, S., T. RENTER, S. HEMMILA, P. HOLMBERG, P. PAUKKU (1999): The anatomy of the killer whale middle ear (*Orcinus orca*). *Hear. Res.*, 133 (1-2): 61-70.
- OELSCHLAGER, H. A. (1986): Comparative morphology and evolution of the otic region in toothed whales (Cetacea, Mammalia). *Am. J. Anat.*, 177 (3): 353-368.
- OGDEN, J. A., G. J. CONLOGUE, A. G. J. RHODIN (1981): Roentgenographic indicators of skeletal maturity in marine mammals (Cetacea). *Skel. Radiol.*; Abstract.
- PERRIN, W. F. (1975): Variation on spotted and spinner porpoise (gen.: *Stenella*) in the Eastern tropical pacific and Hawaii. University of California Press. Berkeley, Los Angeles, London.
- POPE, N. S., K. G. GOULD, D. C. ANDERSON, D. R. MANN (1989): Effects of age and sex on bone density in the Rhesus monkey. *Bone*; 10: 109-112.
- PERRIN, W. F. (1984): Patterns of geographical variation in small cetaceans. *Acta Zool. Fennica* 172; 137-140.
- RAMOS, R. M. A., A. P. M. DI BENEDITTO, N. R. W. LIMA (2000): Relationship between dental morphology, sex, body length and age in *Pontoporia blainvillei* and *Sotalia fluviatilis* (Cetacea) in Northern Rio de Janeiro, Brazil. *Rav. Bras. Biol.*; 60 (2): 283-290.
- REHMAN, Q. N. E. LANE (2003): Effect of glucocorticoids on bone density. *Med. Pediat. Oncol.*; 41 (3): 212-216.
- RHO, J.-Y., T. Y. TSUI, G. M. PHARR (1997): Elastic properties of human cortical and trabecular bone measure by nanoindentation. *Biomaterials*; 18 (20): 1325-1330.

- RHO, J., L. KUHN-SPEARING, P. ZIOUPOS (1998): Mechanical properties and hierarchical structure of bone. *Med. Engin. Psysics*; 20: 92-102.
- RIDGWAY, S. H. (1968): The bottlenosed dolphin in biomedical research. U: *Methods of Animal Experimentation* (Urednik: W. I. Gay). Academic press. New York. 387-444.
- RIDGWAY, S. H. (1972): Homeostasis in the aquatic enviroment. U: *Mammals of the Sea - Biology and Medicine* (Urednik: S. H. Ridgway). Charles C. Thomas Publisher. Springfield, str. 590-747.
- ROBECK, T. R., B. E. CURRY, J.F. MCBAIN, D. C. KRAEMER (1994): Reproductive biology of bottlenosed dolphin (*Tursiops truncatus*) and potential application of advanced reproductive technologies. *J. Zoo. Wildlife Med.* 25; 321-336.
- ROMMEL, S. A., J. E. REYNOLDS III (2002): Skeletal anatomy. U: *Marine Mammals Encyclopedia*. Urednik: W. F. Perrin, B. Würsig, J. G. M. Thewissen. Academic Press. San Diego, California, USA.
- ROSAS, F. C., A. S. BARRETO, E. L. DE A. MONTEIRO-FILHO (2002): age and growth of the estuarine dolphin (*Sotalia guianensis*) (Cetacea, Delphinidae) on the Parana coast, southern Brazil. *Fish. Bull.*; 101: 377-383.
- RYAN, A. S., D. ELAHI (1998): Loss of bone mineral density in women athletes during aging. *Calcif. Tissue Int.*; 63: 287-292.
- SANTOS, M. C. DE O., S. ROSSO, R. M. A. RAMOS (2003): Age estimation of marine tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in south-eastern Brazil. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*; 83: 233-236.

- SEDMERA, D., I. MISEK, M. KLIMA (1997): On the development of cetacean extremities: II: Morphogenesis and histogenesis of the flippers in the Spotted dolphin (*Stenella attenuata*). *Europ. J. Morphol.*; 35 (2): 117-123.
- SLOOTEN, E. (1991): Age, growth and reproduction in Hector's dolphins. *Can. J. Zool.* 69; 1689-1700.
- SMITH, A. M. (2003): Age determination and establishment of reproductive condition from marine mammal biopsy sampling. Doc Science Series 133. Department of Conservation. Wellington. New Zealand.
- SPECKER, B. L., A. BECK, H. KALKWARF, M. HO (1997): Randomized trial of varying mineral intake on total body bone mineral accretion during the first year of life. *Pediatrics*; 99 (6): 1-7.
- SUMICH, J. L. (1992): *An Introduction to the Biology of Marine Life*. Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, SAD; 335-367.
- SUMNER, D. R., M. E. MORBECK, J. J. LOBICK (1989): Apparent age-related bone loss among adult female Gombe chimpanzees. *Am. J. Phys. Anthropol.* (Abstract); 79 (2): 225-234.
- ŠEHIĆ, M. (2000): Osteoartropatije u domaćih životinja: Klinička rentgenologija. *Scanner studio*. Zagreb; 49-52.
- TAAFFE, D. R., B. LEWIS, R. MARCUS (1994): Quantifying the effect of hand preference on upper limb bone mineral and soft tissue composition in young and elderly women by dual-energy X-ray absorptiometry. *Clin. Physiol.* 14 (4): 393-404.

- THOMAKOS, N., T. LIAKATOS (2000): Diagnostic methods in osteoporosis. Arch. Hellen. Med.; 17 (2): 146-151.
- TOMKINSON, A., J. REEVE, R. W. SHAW, B. S. NOBLE (1997): The death of osteocytes via apoptosis accompanies estrogen withdrawal in human bone. J. Clin. Endocrinol. Metab.; 82: 3128-3135.
- TOTHILL, P., A. AVENELL (1998): Anomalies in the measurement of changes in bone mineral density of the spine by dual-energy X-ray absorptiometry. Calcif. Tissue Int.; 63: 126-133.
- TRYFONIDOU, M. A., M. S. HOLL, M. VESTENBURG, M. A. OOSTERLAKEN-DIJKSTERHUIS, D. H. BIRKENHAGER-FRENKEL, W. E. VAN DER BROM, H. A. W. HAZEWINKEL (2003): Hormonal regulation of calcium homeostasis in two breeds of dogs during growth at different rates. J. Anim. Sci.; 81: 1568-1580.
- TURNER, A. S. (2001): Animal models of osteoporosis – necessity and limitations. Eur. Cells Mat. 1; 66-81.
- UHEN, M. D. (1999): New species of Protocetid Archaeocete Whale, *Eocetus W* (Mammalia, Cetacea) from the middle Eocene of North Carolina. J. Paleont.; 73 (3): 512-528.
- URIAN, K. W., D. A. DUFFIELD, A. J. READ, R. S. WELLS, E. D. SHELL (1996): Seasonality of reproduction in bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. J. Mammal. 77; 394-403.
- VOS, D. J. (2003): Cook inlet Beluga age and growth. Master of science thesis. Alaska Pacific University. Anchorage, Alaska. SAD.
- ZAJICKOVA, K., I. ŽOFKOVA (2003): Osteoporosis: Genetic analysis of multifactorial disease. Endocrine Regulations; 37: 31-44.

- ZIOUPOS, P., J. D. CURREY, A. J. HAMER (1999): The role of collagen in the declining mechanical properties of aging human cortical bone. *J. Biomed. Mater. Res.*; 45: 108-116.
- ZIOUPOS, P., J. D. CURREY (1998): Changes in the stiffness, strength, and toughness of human cortical bone with age. *Bone*; 22: 57-66.
- ZIZIC, T. M. (2004): Pharmacologic prevention of osteoporotic fractures. *Am. Fam. Physician*; 70: 1293-1300.
- ZOTTI, A., P. SELLERI, P. CARNIER, M. MORGANTE, D. BERNARDINI (2004): Relationship between metabolic bone disease and bone mineral density measured by dual-energy X-ray absorptiometry in the green iguana (*Iguana iguana*) *Vet. Radiol. Ultrasound*; 45 (1): 10-16.
- ZYLBERBERG, L., W. TRAUB, V. DE BUFFRENIL, F. ALLIZARD, T. ARAD, S. WEINER (1998): Rostrum of the toothed whale: Ultrastructural study of a very dense bone. *Bone*; 23: 241-247.
- WANG, J. Y., L. S. CHOU, B. N. WHITE (2000): Osteological differences between two sympatric forms of bottlenosed dolphins (genus *Tursiops*) in Chinese waters. *J. Zool. Lond.*; 252: 147-162.
- WÜRTZ, M., D. MARRALE (1993): Food of Striped Dolphin, *Stenella Coeruleoalba*, in The Ligurian Sea. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 73; 571-578.

**Dobne i spolne razlike u mineralnoj gustoći nadlaktične kosti i podlaktičnih kostiju dobrog dupina (*Tursiops truncatus*) i plavobijelog dupina (*Stenella coeruleoalba*) iz Jadranskog mora**

Istraživanje je provedeno radi utvrđivanja dobnih i spolnih razlika u parametrima mineralne gustoće nadlaktične kosti i podlaktičnih kostiju dobrog dupina (*Tursiops truncatus*) i plavobijelog dupina (*Stenella coeruleoalba*). Obavljeno je na koštanim preparatima prsne peraje 69 dupina. Ukupan broj čini 56 dobrih dupina od čega je 26 mužjaka i 30 ženki te 13 plavobijelih dupina, 5 mužjaka i 8 ženki. Mjerenje sadržaja minerala i mineralne gustoće (BMD) odabranih područja kosti je obavljeno metodom apsorpcije dvostrukih rendgenskih zraka pomoću standardnog humanog osteodenzitometra. Dobiveni podaci su statistički obrađeni s ciljem povezivanja parametara mineralne gustoće kosti s vrijednostima tjelesnih mjera, dužine tijela, kranijalne dužine prsne peraje, kaudalne dužine prsne peraje, najveće širine prsne peraje te s dobi životinje utvrđenom metodom brojanja slojeva zubnog dentina (GLG metoda). Utvrđeno je da se vrijednost parametara mineralne gustoće kosti mijenja ovisno o dobi životinje u obje vrste dupina. Razlika u mineralnoj gustoći kosti mužjaka i ženki nije statistički značajna. Dobri dupini imaju veći raspon i veću prosječnu vrijednost mineralne gustoće nadlaktične kosti i podlaktičnih kostiju od plavobijelih dupina. Također je utvrđeno da se mineralna gustoća spomenutih kostiju, osim standardnim protokolom mjerenja slabinske kralježnice čovjeka, može mjeriti i protokolom za male životinje, ali se time dobiva niži raspon izmjerenih vrijednosti. Statističkim povezivanjem izmjerenih vrijednosti mineralne gustoće nadlaktične i podlaktičnih kostiju istraženih dupina s vrijednostima tjelesnih mjera i procijenjenom dobi životinje može se dobiti formula po kojoj je moguće izračunati približnu dob životinje. Taj model može poslužiti kao pomoćna metoda standardnoj GLG metodi procjene dobi dupina. Može se primijeniti u svih kitova kojima nije moguće odrediti dob GLG metodom. Model procjene dobi dupina na temelju parametara mineralne gustoće kosti do sada nije primjenjen i opisan u dostupnoj literaturi.

**ključne riječi:** dobri dupin, plavobijeli dupin, nadlaktična kost, podlaktične kosti, DEXA, mineralna gustoća kosti, BMD, procjena dobi kitova

**Age and gender related differences of bone mineral density of the humerus and antebrachial bones of the bottlenosed dolphin (*Tursiops truncatus*) and striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*) from the Adriatic Sea**

This research was aimed to determinatate age and gender related differences of the bone mineral density in the humerus and antebrachial bones of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) and striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*). Osteological preparations of the flippers of the 69 dolphins were used. Sample was consisted of 56 flippers of the bottlenose dolphins, of which there were 26 males and 30 females, and 13 flippers of the striped dolphins, 5 males and 8 females. Bone mineral content and bone mineral density (BMD) were measured by method of dual energy X-ray absorptiometry with the standard human osteodensitometer. Data were statistically analysed with aim to establish correlation of bone mineral density, body measures and age of animals. Applied body measures were total body length, cranial and caudal length of the flipper and the greatest width of the flipper. Age of animals was estimated by counting of dentinal layers of the teeth (GLG method). Differences of the BMD values of the males and females were not statistically significantl. Bottlenose dolphin had greater BMD range and greater mean value of BMD then striped dolphin. BMD of humerus and antebrachial bones could also be measured by applying protocol for small animals, but then results were in lower range than in human protocol. Statistical correlation of BMD, body measures and age of animals resulted with statistical formula for calculation of the approximate age of the dolphins. This statistical model can be used as additional method to the standard GLG method for the age estimation of the dolphins. This model is especially useful in all whales when GLG method can't be applied. This is the first record of the method for age estimation of whales by BMD and it has never been described in literature.

**key words:** bottlenose dolphin, striped dolphin, humerus, antebrachial bones, DEXA, bone mineral density, BMD, age estimation of whales

## 10. ŽIVOTOPIS

**Osobni podaci:** Rođen 23 prosinca 1968. godine u Brčkom, Republika Bosna i Hercegovina. Oženjen, otac dvoje djece.

**Adresa:** Ulica Božidara Magovca 163

10 000 Zagreb

Tel. 01 6675 990

e-mail: [hlucic@vef.hr](mailto:hlucic@vef.hr)

**Sadašnji status:** Asistent Zavoda za anatomiju histologiju i embriologiju Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

### Obrazovanje

2002. – 2005. Asistent Zavoda za anatomiju, histologiju i embriologiju

1998 – 2002. Mlađi asistent Zavoda za anatomiju, histologiju i embriologiju

1988 – 1997. Redovan student na studiju veterinarske medicine u Zagrebu

1983 – 1987. Učenik Srednje veterinarske škole.

### Profesionalna aktivnost i radno iskustvo

1997. – obranio diplomski rad pod naslovom « Histološka građa i prikaz aktivnosti nekih enzima iz glikogenskog tijela purana (*Meleagris gallopavo*)» pod vodstvom prof. dr. sc. Hrvoja Gomerčića i dr. sc. Snježane Vuković.

1998 –danas – sudjelovanje i vođenje praktične nastave iz anatomije u sastavu kolegija Anatomija, histologija i embriologija na Zavodu za anatomiju, histologiju i embriologiju Veterinarskog fakulteta u Zagrebu.

- sudjelovanje u izradi anatomskih preparata za potrebe nastave u suradnji sa preparatorom Zavoda za anatomiju, histologiju.

- sudjelovanje u izradi web-stranice Zavoda za anatomiju, histologiju i embriologiju uz prethodnu profesionalnu informatičku edukaciju za tu svrhu.

- sudjelovanje u radionici PCR-a u organizaciji Veterinarskog fakulteta u Zagrebu.

- sudjelovanje u stručnom laboratorijskom i terenskom radu na znanstveno-istraživačkom projektu «Zdravstvene i ostale biološke osobitosti sisavaca u Jadranskom moru» Ministarstva znanosti,



obrazovanja i športa pod vodstvom prof. dr. sc. Hrvoja Gomerčića te na projektu «Spašavanje posljednjih jadranskih dupina (Rettung der letzten Adria-Delphine)» Društva za spas dupina (Gesellschaft zur Rettung der Delphine – GRD) iz Münchena, Njemačka i Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

2002. – obranio magistarski rad pod naslovom «Histološke i histokemijske osobitosti nekih organa plavobijelog dupina (*Stenella coeruleoalba*) iz Jadranskog mora» pod vodstvom prof. dr. sc. Hrvoja Gomerčića.

**Ostale aktivnosti:** - članstvo u Hrvatskom društvu anatoma, histologa i embriologa; Hrvatskom prirodoslovnom društvu i njegovoj Sekciji za elektronsku mikroskopiju; Hrvatskom biološkom društvu.