

UNIVERZA V LJUBLJANI
VETERINARSKA FAKULTETA

**PRIMERJALNA ANALIZA MORFOLOŠKIH IN MORFOMETRIČNIH
ZNAČILNOSTI LOBANJE VOLKA IN PSA**

**COMPARISON ANALYSIS OF MORPHOLOGY AND MORPHOMETRIC
CHARACTERISTICS OF THE WOLF AND DOG CRANIUM**

Anja Zupančič

Ljubljana, 2022

UNIVERZA V LJUBLJANI
VETERINARSKA FAKULTETA

UDK: 636.7:599.742.11:611.714:548.73(497.4)(043.2)

**PRIMERJALNA ANALIZA MORFOLOŠKIH IN MORFOMETRIČNIH
ZNAČILNOSTI LOBANJE VOLKA IN PSA**

**COMPARISON ANALYSIS OF MORPHOLOGY AND MORPHOMETRIC
CHARACTERISTICS OF THE WOLF AND DOG CRANIUM**

Anja Zupančič

Delo je pripravljeno v skladu s Pravilnikom o podeljevanju Prešernovih nagrad študentom, pod mentorstvom izr. prof. dr. Valentine Kubale in somentorstvom doc. dr. Matjaža Uršiča na Inštitutu za predklinične vede.

Ljubljana, 2022

POVZETEK

Ključne besede: anatomija, veterinarska; lobanja – rast in razvoj – anatomija in histologija; selekcija, genetična; radiografija – metode; računalniška tomografija; retrospektivne študije – metode; volkovi; psi

Domači pes se je razvil iz volka. Kdaj natančno in kako je prišlo do tega še za zdaj ni pojasnjeno. So se pa zaradi drugačnega načina življenja, odvisnosti od človeka in načina hranjenja spremenile njegove telesne značilnosti, odraščanje, razmnoževanje, pomen igre in še kaj drugega. S selekcijo so nastale številne pasme psov, da bi zadostile potrebam sodobnega človeka, npr. psi čuvaji, družabni, lovski psi ipd. Nekatere mezocefalične pasme psov so ohranile veliko podobnosti z volkom. Prav pri teh pasmah so lobanje z volčjimi tako podobne, da jih je težko ločevati. Več raziskav se je posvetilo ločevanju arheoloških ostankov psa od današnjega psa in volka, saj prav morfološka primerjava lahko privede do odgovora, povezanega z izvorom psov. Precej značilne naj bi bile spremembe na lobanji. Tudi druge študije so obravnavale posamezne razlike med lobanjami, vendar nobena od njih ni obravnavala razlik celovito, da bi omogočila določanje pripadnosti lobanje.

V okviru Prešernove naloge smo podrobneje proučili morfološke značilnosti vzorčnih lobanj volka in psa in s tem prispevali k celovitemu pogledu na razlike. Proučevane lobanje so last Veterinarske fakultete, Univerze v Ljubljani ali posameznikov. V nalogi smo se osredotočili na morfološke parametre, morfometrične lastnosti ter geometrijsko morfometrijo. Prav tako so pri psih in volkovihi značilne poznane morfometrične variabilnosti določenih parametrov, tako glede na življenjski areal kot tudi pasemsko domestifikacijo, ki smo jih v študiji skušali upoštevati. Nekatere razlike v pasjih in volčjih lobanjah so bile že opisane, vendar je večina študij proučevala bodisi določeni del lobanje, bodisi evolucijske parametre ali pa se je osredotočila le na posamezne morfološke variabilnosti. V pomoč so nam bili tudi rentgenski posnetki ter metoda računalniške tomografije (CT). Vzorčne lobanje smo tudi genetsko identificirali. Rezultati so pokazali raznolikost lobanj pri več meritvah, ki so skladni s podatki iz literature.

SUMMARY

Key words: anatomy, veterinary; skull – growth & development – anatomy & histology; selection, genetic; radiography – methods; tomography, X – ray computed; retrospective studies – methods; wolves; dogs

The domestic dog has evolved from the wolf, when exactly and how this occurred has not been identified to date. However, they now have differences relating to their lifestyle, dependence on humans, nutritional needs and diet, physical characteristics, growth rate, reproduction characteristics, the importance of play, and other traits have also changed besides these. With selection, many breeds of dogs have been created to meet the needs of modern humans, these include guard dogs, companions, hunting assistants, etc. Some mesocephalic dog breeds have retained many physical characteristics and similarities to the wolf. In these breeds, the skulls of the wolves are so similar that they are difficult to distinguish apart. Several studies have focused on distinguishing between the archaeological remains of a dog from present-day dogs and wolves, as morphological comparisons may lead to answers regarding the origin of domestic dogs. The changes between dogs and wolves are said to be most striking in relation to their skulls. Some other studies have addressed the individual differences between skulls, but none of them have comprehensively addressed differences which would enable the determination of a skulls origin.

In our research work we aimed to examine the characteristics of wolf and dog skull specimens in more detail and thus contribute a more holistic view of the differences. The skulls studied are the property of the Veterinary Faculty, University of Ljubljana or individuals. The focus of the work was on morphological parameters, morphometric characteristics, and geometric morphometrics. Genetic evaluation was also trailed on the material. The morphometric variability of the different parameters in relation to habitat and domestication of breeds is also known in dogs and wolves, and was therefore considered in the study. Some differences between dog and wolf skulls have already been described, but most studies have either examined a specific part of the skull or evolutionary parameters, or focused on individual morphological variability of the skull. Radiographs and computed tomography scans (CT), were used on the skulls, alongside attempts at genetic identification. The results showed diversity between the skulls for several measurement types, these were consistent with data from the literature.

KAZALO VSEBINE

POVZETEK	iii
SUMMARY	iv
KAZALO VSEBINE.....	v
KAZALO SLIK.....	viii
KAZALO GRAFOV	ix
KAZALO TABEL.....	x
KAZALO KRATIC	xi
1 UVOD.....	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2 CILJ RAZISKOVANJA.....	2
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED LITERATURE.....	3
2.1 DRUŽINA PSI (<i>CANIDAE</i>).....	3
2.2 VOLK (<i>CANIS LUPUS</i>) IN NJEGOV HABITAT	3
2.3 RAZLIKE MED VOLKOVI IN PSI	6
2.3.1 Morfološke razlike in sorodnosti	8
2.3.2 Odvisnost od človeka.....	8
2.3.3 Odraščanje	9
2.3.4 Razmnoževanje.....	9
2.3.5 Pomen igre.....	9
2.3.6 Potreba po hranilnih snoveh.....	9
2.4 EVOLUCIJA IN DOMESTIFIKACIJA.....	10
2.5 MODERNE PASME PSOV.....	10
2.6 OSNOVNA ANATOMIJA LOBANJE PREDSTAVNIKOV DRUŽINE PSOV	12
2.7 MORFOLOGIJA IN MORFOMETRIJA.....	14
2.8 PROUČEVANJE RAZLIK MED LOBANJAMI PSA IN VOLKA	15
3 MATERIALI IN METODE.....	18
3.1 MATERIALI.....	18
3.2 METODE.....	20
3.2.1 Zbiranje in označitev vseh lobanj.....	20
3.2.2 Fotografiranje izbranih lobanj.....	20
3.2.3 Rentgensko slikanje lobanj	20
3.2.4 Računalniška tomografija (CT) lobanj ter pregled posnetkov	20

3.2.5 Postavitev kraniometrijskih točk in izvedba kraniometričnih meritev	22
3.2.6 Drobljenje zob za pridobitev materiala za izolacijo skupne DNA z zoba	28
3.2.7 Izolacija skupne DNA iz posameznih zob.....	29
3.2.8 Speciacija vzorcev.....	31
3.2.9 Sekvenčna reakcija	32
3.2.10 Statistična obdelava podatkov.....	32
4 REZULTATI.....	34
4.1 PRIMERJAVA MORFOLOŠKIH ZNAČILNOSTI PASJIH IN VOLČJIH LOBANJ.....	34
4.1.1 Morfologija očničnega kota.....	34
4.1.2 Oblika telesa sprednje zagozdnece.....	36
4.1.3 Aerorinhija.....	37
4.2 KRANIOMETRIJA	38
4.2.1 Celotna dolžina lobanje	39
4.2.2 Kondilobazalna dolžina.....	40
4.2.3 Bazalna dolžina lobanje.....	41
4.2.4 Bazokranialna os.....	42
4.2.5 Bazofacialna os.....	43
4.2.6 Dolžina nevrokranija.....	44
4.2.7 Zgornja dolžina nevrokranija.....	45
4.2.8 Dolžina viscerokranija	46
4.2.9 Dolžina obraznega dela lobanje.....	47
4.2.10 Največja dolžina vzdolž nosnih kosti	48
4.2.11 Dolžina možganske kletke.....	49
4.2.12 Dolžina gobca.....	50
4.2.13 Medialna dolžina neba	51
4.2.14 Horizontalni del nebnice.....	52
4.2.15 Dolžina ličniške vrste.....	53
4.2.16 Dolžina kočniške vrste	54
4.2.17 Dolžina predkočniške vrste	55
4.2.18 Dolžina lomilcev	56
4.2.19 Dolžina lomilčeve zobnice	57
4.2.20 Dolžina M1, merjena pri cingulumu	59
4.2.21 Dolžina M2, merjena pri cingulumu	62
4.2.22 Največji premer bobničnega mehurja	60
4.2.23 Največja širina zatilničnega trikotnika	61
4.2.24 Širina lobanje na višini dorzalnega dela skuhovoda.....	62
4.2.25 Največja širina zatilničnih čvršev	63

4.2.26 Največja širina na višini baze jugularnih podaljškov	64
4.2.27 Širina velike odprtine	65
4.2.28 Višina velike odprtine	66
4.2.29 Največja širina nevrokranija.....	67
4.2.30 Širina ličnih lokov	68
4.2.31 Širina zadnjega dela lobanje	69
4.2.32 Širina čelnice	70
4.2.33 Kavdalna širina med orbitama	71
4.2.34 Nebna širina	72
4.2.35 Širina neba za podočniki	73
4.2.36 Nebna širina med zobnicama podočnikov.....	74
4.2.37 Največja notranja višina orbite.....	75
4.2.38 Višina lobanje.....	76
4.2.39 Višina lobanje brez sagitalnega grebena	77
4.2.40 Višina zatilničnega trikotnika	78
4.2.41 Odstopanja med meritvami	79
4.3 RENTGENSKE SLIKE TER PRIMERJAVA NEKATERIH MERITEV NA POSNETKIH Z MERITVAMI LOBANJ	82
4.4 RAČUNALNIŠKA TOMOGRAFIJA TER PRIMERJAVA MERITEV NA POSNETKIH Z MERITVAMI LOBANJ	84
4.5 REZULTATI SPECIACIJE LOBANJ	87
4.5.1 Vrsto specifični polimorfizem znotraj odseka gena <i>CYTb1</i> iz referenčnega DNA izolata volčje lobanje	87
4.5.2 Vrsto specifični polimorfizem znotraj odseka gena <i>CYTb1</i> iz izolata najdene lobanje	89
5 RAZPRAVA	90
6 SKLEPI	94
7 POVZETEK	95
8 ZAHVALE	97
9 LITERATURA.....	98

KAZALO SLIK

Slika 1: Model nastanka pasem.....	7
Slika 2: Lobanje dolichocefaličnih (zelena), mezocefaličnih (rdeča) in brahiocefaličnih (modra) pasem, stranski pogled.	11
Slika 3: Pasja lobanja, desni pogled	14
Slika 4: Najdba lobanje leta 2018 v Mihovški jami na Radohi.....	18
Slika 5: Lobanje psov (a) in volkov (b).....	19
Slika 6: Merila, ki smo jih uporabili pri meritvah lobanj.....	19
Slika 7: Načini merjenja na lobanjah	22
Slika 8: Kranimetrične meritve v dorzalni projekciji, lobanja psa.....	26
Slika 9: Kranimetrične meritve v ventralni projekciji, lobanja psa.....	26
Slika 10: Kranimetrične meritve v kaudalni projekciji, lobanja psa	27
Slika 11: Kranimetrične meritve lobanje v lateralni projekciji, lobanja psa.....	27
Slika 12: Oslonilne točke na lobanji za ugotavljanje stopnje aerorinhije.	28
Slika 13: Drobljenje zob.....	29
Slika 14: Glavni koraki pri izolaciji DNA z vzorca (zoba).....	31
Slika 15: Oligonuklotidna začetnika za pomnoževanje vrstno specifičnega odseka na genu <i>CYTb</i>	32
Slika 16: Eksperimentalni potek raziskovalne naloge.....	33
Slika 17: Očnični kot pri pasji in volčji lobanji	35
Slika 18: Telo sprednje zagozdnice pri volku v obliki moljevih kril.	36
Slika 19: Telo sprednje zagozdnice pri psu v obliki lancete	37
Slika 20: Aerorinhija pri pasjih (a,c) in volčjih (b,d) lobanjah	38
Slika 21: Ventralni rentgenski posnetki lobanj volkov	82
Slika 22: Ventralni rentgenski posnetki lobanj pso.....	83
Slika 23: 3D CT prikaz vzorčne lobanje volka v različnih pogledih	85
Slika 24: 3D CT prikaz vzorčne lobanje psa v različnih pogledih.....	85
Slika 25: Referenčni kromatogram in ujemanje nukleotidnega zaporedja	88
Slika 26: Kromatogram odseka gena <i>CYTb1</i> (dolžine 78 bp) iz DNA izolata najdene lobanje	89

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Očnični kot	34
Graf 2: Celotna dolžina pasjih (a) in volčjih (b) lobanj ter primerjava povprečij med podvrstama (c)	39
Graf 3: Kondilobazilarna dolžina	40
Graf 4: Bazalna dolžina	41
Graf 5: Dolžina bazokranialne osi od B do S	42
Graf 6: Dolžina bazofacialne osi	43
Graf 7: Dolžina nevrokranija od B do N.....	44
Graf 8: Zgornja dolžina nevrokranija od A do F	45
Graf 9: Dolžina viscerokranija od N do P.....	46
Graf 10: Dolžina obraznega dela lobanje od F do P	47
Graf 11: Največja dolžina vzdolž nosnih kosti od N do R	48
Graf 12: Dolžina možganske kletke.....	49
Graf 13: Dolžina »gobca«.....	50
Graf 14: Medialna dolžina neba od St do P	51
Graf 15: Horizontalni del nebnice	52
Graf 16: Skupna dolžina ličniške vrste, vzdolž zobnic na lični strani.....	53
Graf 17: Skupna dolžina kočniške vrste, vzdolž zobnic na lični strani	54
Graf 18: Dolžina predkočniške vrste, merjena vzdolž zobnic na lični strani	55
Graf 19: Dolžina lomilcev, pri cingulumu.....	56
Graf 20: Dolžina lomilčeva zobnice	57
Graf 21: Dolžina M1 pri cingulumu	58
Graf 22: Dolžina M2 pri cingulumu	59
Graf 23: Največja širina bobničnega mehurja	60
Graf 24: Dolžina največje širine zatilničnega trikotnika	61
Graf 25: Širina lobanje na dorzalnem delu zunanega sluhovoda	62
Graf 26: Največja širina zatilničnih čvršev.....	63
Graf 27: Največja širina na višini jugularnih podaljškov.	64
Graf 28: Največja širine velike odprtine.....	65
Graf 29: Višina velike odprtine	66
Graf 30: Največja širina nevrokranija.....	67
Graf 31: Širina na ličnih lokih	68

Graf 32: Širina zadnjega dela lobanje	69
Graf 33: Širina čelnice	70
Graf 34: Kavdalna širina med orbitama.....	71
Graf 35: Nebna širina.....	72
Graf 36: Nebna širina za podočniki	73
Graf 37: Nebna širina med zobnicama lomilcev	74
Graf 38: Največja notranja višina orbite.....	75
Graf 39: Višina lobanje.....	76
Graf 40: Višina lobanje brez sagitalnega grebena	77
Graf 41: Višina zatilničnega trikotnika.....	78

KAZALO TABEL

Tabela 1: Evropska populacija volkov.....	5
Tabela 2: Povzetek meritev po podatkih iz literature	17
Tabela 3: Parametri uporabljeni pri slikanju z računalniško tomografijo (CT).....	21
Tabela 4: Kraniometrične točke in meritve	24
Tabela 5: Velikostni dimorfizem med lobanjami psa in volka.....	81

RAZLAGA KRATIC

A	akrokranion
AL pufer	pufer za lizo celic
ATL pufer	pufer za lizo celic
AW1 pufer	pufer za spiranje
B	bazion
Cr	coronion
CT	računalniška tomografija
CYTb	citokrom b
CYPb gen	ciklofilin B gen
DNA	deoksiribonukleinska kislina
dNTP	deoksinukleotidfosfat
ddNTP	dideoksinukleotid trifosfat
dATP	deoksiadenozin trifosfat
ddATP	dideoksiadenozin trifosfat
ddGTP	dideoksigvanin trifosfat
ddCTP	dideoksicitidin trifosfat
Ect	ectorbitale
Ent	entorbitale
Eu	euryon
F	frontalna sredina
HU	Hounsfieldove enote
Id	infradentale
IUCN	Svetovna zveza za varstvo narave
M1	prvi kočnik
M2	drugi kočnik
Mt DNA	mitochondrialna DNA
N	nazion
NCBI	Nacionalni center za biotehnološke informacije (iz angl. National centre for Biotechnology Information)
Ot	otion
P	prostion
PCR	verižna reakcija s polimerazo
Po	palatinoorale
polimeraza Taq	DNK-polimeraza iz vrste bakterij <i>Thermus aquaticus</i>
Rh	rhinion
RTG	rentgen
S	sinsfenion

SEM	standardna napaka
St	stafilon
Zy	zygion

1 UVOD

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Volkovi in psi so pripadniki vrste *Canis lupus*. Njihova DNA struktura je v več kot 99 odstotkih primerljiva. Psi (*Canis lupus familiaris*) so edina podvrsta, ki smo jo skozi stoletja udomačili in neposredno približali človeku, kar je privedlo do opaznih razlik med volkovi in psi. Izvor domačega psa vključuje evolucijsko razhajanje v primerjavi z volkom, njegovo udomačitev in nastajanje različnih pasem.

Kje in kako so se psi razvili iz volkov, še vedno ni povsem pojasnjeno. Verjetni prednik psa je bil pozno pleistocenski volk. Genska razhajanja med obema vrstama so se pojavila pred 40 000 – 20 000 leti. Ta časovni razpon predstavlja časovno mejo za začetek udomačitve, domnevno pred več kot 15 000 leti, z nastankom sivega volka (*Canis lupus*). V procesu domestikacije je nastal moderni pes, ki je ohranil le malo lastnosti volčjih prednikov. S selekcijo so nastajale številne pasme, da bi zadostile potrebam sodobnega človeka, npr. psi čuvaji, družni psi, lovski psi ipd. Nekatere mezocefalične pasme so kljub temu ohranile veliko telesnih značilnosti in podobnosti z volkom. Prav pri teh pasmah je lobanje z volčjimi težko ločevati. Razlike smo večinoma proučevali z vidika nastajanja psa ter kasnejših vplivov načrtne selekcije. Več raziskav se je posvetilo primerjavi arheoloških ostankov. Na lobanji naj bi bile spremembe najbolj opazne. Moderni psi imajo do 30 odstotkov manjše razmerje možganov glede na velikost telesa, razlike pa so predvsem povezane z limbičnim sistemom, ki je med drugim odgovoren za preživetveni odziv. Selekcija in vedenjske spremembe prispevajo k nastajanju razlik v možganih, kar razvojno vpliva na spreminjanje oblike predvsem možganskega dela lobanje. Tudi nekatere druge značilnosti na lobanjah, npr. funkcionalnost mastikatornega aparata ali organa za sluh lahko povezujemo s spremembami v načinu prehranjevanja oz. s pomembnostjo sluha pri posameznih pasmah.

V procesu domestikacije so se razvile številne pasme. Določene se od volkov morfološko in morfometrično močno razlikujejo, pri nekaterih pa so opazne le manjše razlike. Lobanje volka in mezocefaličnih pasem ni enostavno ločevati, zato je pomembno poznati različne morfološke lastnosti in morfometrične parametre, brez katerih težko natančneje opredelimo poreklo lobanje. V literaturi so opisane le nekatere lastnosti in posamezni parametri, ki so bodisi arheološko ali evolucijsko naravnani ali pa se osredotočajo le na določene dele lobanj, manj pa je celostnih obravnav primernih za forenzično določanje. Prav tako so nekatere razlike v

literaturi manj poudarjene. Da bi potrdili ali je vzorčna lobanja ustrezno determinirana, smo uporabili metodo sekvenčne analize genomske DNA.

1.2 CILJ RAZISKOVANJA

S pridobljenimi rezultati o značilnostih vzorčnih lobanj želimo prispevati k celostnemu pogledu na evolucijske razlike med lobanjami volka in mezocefaličnih pasem, ki nam lahko pomagajo v determinacijskih študijah ter forenzičnih preiskavah. V nalogi smo se osredotočili na opazovanje in primerjavo morfoloških lastnosti, morfometričnih parametrov ter na geometrijsko morfometrijo vzorčnih lobanj. Morfometrične analize smo izvajali neposredno na lobanjah, posredno pa smo preučili fotografije in rentgenske slike vzorčnih lobanj ter analizirali posnetke računalniške tomografije (CT).

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Postavili smo naslednje hipoteze:

1. Med lobanjo volka in psa obstajajo znatne razlike.
2. Za natančnejšo determinacijo je treba morfološko ovrednotiti značilnosti vzorčnih lobanj ter ključne meritve statistično analizirati.
3. S sekvenčno analizo DNA lahko potrdimo zanesljivost determinacije vrste.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 DRUŽINA PSI (*CANIDAE*)

Družina psov je razširjena po vsem svetu. Sestavljajo jo teku prilagojene mesojede živali. Številne divje vrste so volkovi, kojoti, šakali, psi, dingi ter številni drugi, psom podobni sesalci (Macdonald in sod., 1996; Leskovic in sod., 2012). Le ena vrsta iz te družine pa je udomačena, in sicer *Canis familiaris*, domači pes (Pitulko in Kasparov, 2017). Gre za socialne živali, ki živijo v manjših skupinah. Predstavniki so različnih velikosti in telesnih oblik. Največji predstavnik je sivi volk, ki lahko v dolžino doseže do 160 cm in tehta tudi do 80 kg (Macdonald in sod., 1996; Leskovic in sod., 2012).

Lobanja psov je podolgovata, ob straneh lobanje se nahajata dobro razvita in široka lična loka (*arcus zygomaticus*). Očnični lok nikoli ne oblikuje sklenjenega obroča. Pri večini predstavnikov se na čelnici nahaja senčna črta (*linea temporalis*), ki se nadaljuje v dobro razvit sagitalni greben (*crista sagitalis*). Slednji se se razprostira preko medtemenice in zatilnice. Koščeni bobnični mehur ima pri psih tanko steno (Macdonald in sod., 1996, Leskovic in sod., 2012; Popesko, 1978). Lobanjski šivi so opazni, še posebej pri mlajših živalih (Leskovic in sod., 2012). Zobje so podolgovati in večinoma koničasti (Macdonald Leskovic in sod., 1996, Leskovic Leskovic in sod., 2012). Popolna zobna formula obsega 42 zob, vendar se pri predstavnikih družine psov pogosto pojavlja zakrnevanje, predvsem sprednjih predmeljakov (premolarji) in zadnjih meljakov (molarji).

2.2 VOLK (*CANIS LUPUS*) IN NJEGOV HABITAT

Sistematika: Volk (*Canis lupus*) Deblo: vretenčarji (*Vertebrata*) Razred: sesalci (*Mammalia*) Red: zveri (*Carnivora*) Družina: psi (*Canidae*) Rod: volk (*Canis*) Vrsta: volk (*Canis lupus*) (SLOWOLF, 2013).

V družini psov so 4 poddružine, 14 rodov in 35 vrst (Kryštufek in sod. 1988). V rodu pes (*Canis*), ki vključuje vse današnje vrste volkov, najdemo še vsaj 7 vrst. Sama vrsta volka (*Canis Lupus*) pa zajema še večje število podvrst, ki se ločujejo glede na njihovo razširjenost: Od Izraela do Indije je razširjen *C. lupus pallipes*, na Arabskem polotoku *C. lupus arabs*, v Egiptu in Libiji *C. lupus lupaster*, na Japonskem *C. lupus hodophilax*, v Ontariu in Quebecu najdemo *C. lupus lycaon*, v Arizoni, Novi Mehiki in Teksasu *C. lupus baileyi*, na Kavkazu, v Turčiji in Iranu, *C. lupus cubanensis* za Italijo je značilen *C. lupus itaicus*, v Španiji in na Portugalskem

živi *C. lupus signatus*, medtem ko je *C. lupus lupus* razširjen v Evropi, Rusiji, Sibiriji, na Kitajskem, v Mongoliji in Koreji ter na področju Himalaje. *C. lupus nubilus* obvladuje obsežna področja Aljaske, Britanske Kolumbije, *C. lupus arctos* najdemo na Grenlandiji, *C. lupus albus* v severni Evraziji, *C. lupus communis* na področju Urala ter *C. lupus occidentalis* naseljuje nekatera področja v ZDA (Norwak, 2005). Za evrazijski geografski prostor je značilnih 6 volčjih podvrst (Boitani, 2000).

Volk je plenilec in s tem pomemben člen v prehranjevalni verigi. Spada med ogrožene živalske vrste. Ogroža ga gradnja naselij, cest, železnic in predvsem nezakonit lov. Na rdečem seznamu ogroženih živalskih vrst je že od leta 1976, popolnoma ogrožen pa od leta 1993 (Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam, 2002). Je največji predstavnik družine psov. Ima značilno koničast gobec, poševne oči, visoke in pokončne uhlje. Ima močan mišičast vrat, dolge noge ter povešen rep, ki obsega do polovico telesne dolžine. Stopa po prstih, kremplji pa so močni. Prva stopala imajo 5 prstov, zadnja štiri. Zobovje sestavlja 42 stalnih zob in je prilagojeno mesojedemu prehranjevanju. Daljši podočniki so ključni pri lovljenju in usmrčitvi plena. Kožuh je rumeno rjav, s sivim odtenkom. Sivi toni so pozimi nekoliko bolj izraženi. Za razliko od drugih psov imajo na podlaki 10 cm široko in 2 cm dolgo črno progo. Dnevno potrebujejo 3–5 kg mesa. Naenkrat lahko zaužijejo tudi do 10 kg mesa, kar jim omogoča, preživeti daljšega časovnega obdobja brez hrane. Lovijo v skupinah, tropih tako, da plen izčrpajo z dolgim lovljenjem. Pri iskanju hrane trop prepotuje tudi 40 do 70 km pri tem pa si pomaga z izjemnim sluhom in vohom. Pari se samo vodilni par v tropu, in sicer od sredine januarja do sredine marca. Po 62–64 dneh volkulja v brlogu skoti 5–8 mladičev. Po osmih tednih mladiče odstavi. Spolno dozori pri 22 mesecih. Okoli 40–50 odstotkov jih pogine v prvem letu življenja (Kryštufek in sod., 1988).

Volkovi živijo v raznolikih habitatih in so se sposobni prilagoditi na različne, tudi ekstremne razmere. Najdemo jih tudi v tundri, tajgi, stepah, polpuščavah in višje ležečih krajih. Volkovi so prvotno poseljevali večino Evrazije do Indije in Kitajske na jugu. V 19. in 20. stoletju so volka iztrebili iz celotnega centralnega in severnega dela Evrope. V zadnjih dveh desetletjih se populacije krepijo, volkovi so vse številčnejši ter se ponovno pojavljajo na območjih, kjer so že izumrli. Danes jih je največ v Bolgariji, Romuniji in na Poljskem. Veliko jih najdemo na Iberijskem polotoku, Skandinaviji, Italiji, Franciji (Kryštufek in sod., 1988; Trouwborst in sod., 2018; Boitani, 2018; Human society international, 2021) (Tabela 1).

Tabela 1: Evropska populacija volkov. Povzeto po (Human society international, 2021).

Table 1: European wolf population. Summarized according (Human society international, 2021).

Populacija	Države	Velikost populacij odraslih živali	Populacijski trend	Status IUCN (2018)
Baltska	Estonija, Latvija, Litva, Poljska	1.713 – 2.240	stabilen	najmanj ogrožena vrsta
Karpatska	Romunija, Srbija, Poljska, Slovaška, Češka, Madžarska	3.460 – 3.840	stabilen	najmanj ogrožena vrsta
Centralno evropska	Nemška, Poljska	780 – 1.030 (460 – 620)	naraščajoč	ranljiva vrsta
Dinarsko balkanska	Hrvaška, Bosna in Hercegovina, Slovenija, Črna gora, Makedonija, Albanija, Srbija, Grčija, Bolgarija	3.750 – 4.000	neznan	najmanj ogrožena vrsta
Iberijska	Portugalska, Španija	2.160 – 2.880	neznan	potencialno ogrožena vrsta
Italijanska	Italija	1.070 – 2.400	rahlo naraščajoč	potencialno ogrožena vrsta
Karelijska	Finska	204 – 234 (200)	stabilen do naraščajoč	potencialno ogrožena vrsta
Skandinavska	Norveška, Švedska	430 (260)	naraščajoč	ranljiva vrsta
Zahodno in centralnoevropska	Francija, Švica, Italija, Avstrija, Slovenija	550 – 700 (330 – 415)	naraščajoč	ranljiva vrsta

*Status IUCN je vezan na rdeči seznam IUCN (popisa ogroženih rastlinskih in živalskih vrst)

V Sloveniji so volkovi najpogostejši v bukovih gozdovih in predelih jelke, ki porašča obsežna gorska območja. Volkovi so teritorialne živali. Vsak trop brani svoje ozemlje. Če je le mogoče, se gibljejo po lahko prehodnih območjih, vendar v odvisnosti od gibanja plena. Po ugotovitvah Hindrikson in sod. (Hindrikson in sod., 2017) so volkovi v Sloveniji med manjšimi v Evropi, če jih primerjamo z večjimi na Poljskem, kjer tehtajo tudi do 72 kg. Volkovi v Sloveniji so v povprečju znatno lažji, tehtajo največ do 40 kg.

V Sloveniji so ga zaradi povzročene škode, predvsem v povezavi z plenjenjem domačih živali, predvsem drobnice, večkrat poizkušali iztrebiti, a jim nikoli v celoti ni uspelo. V začetku 20.

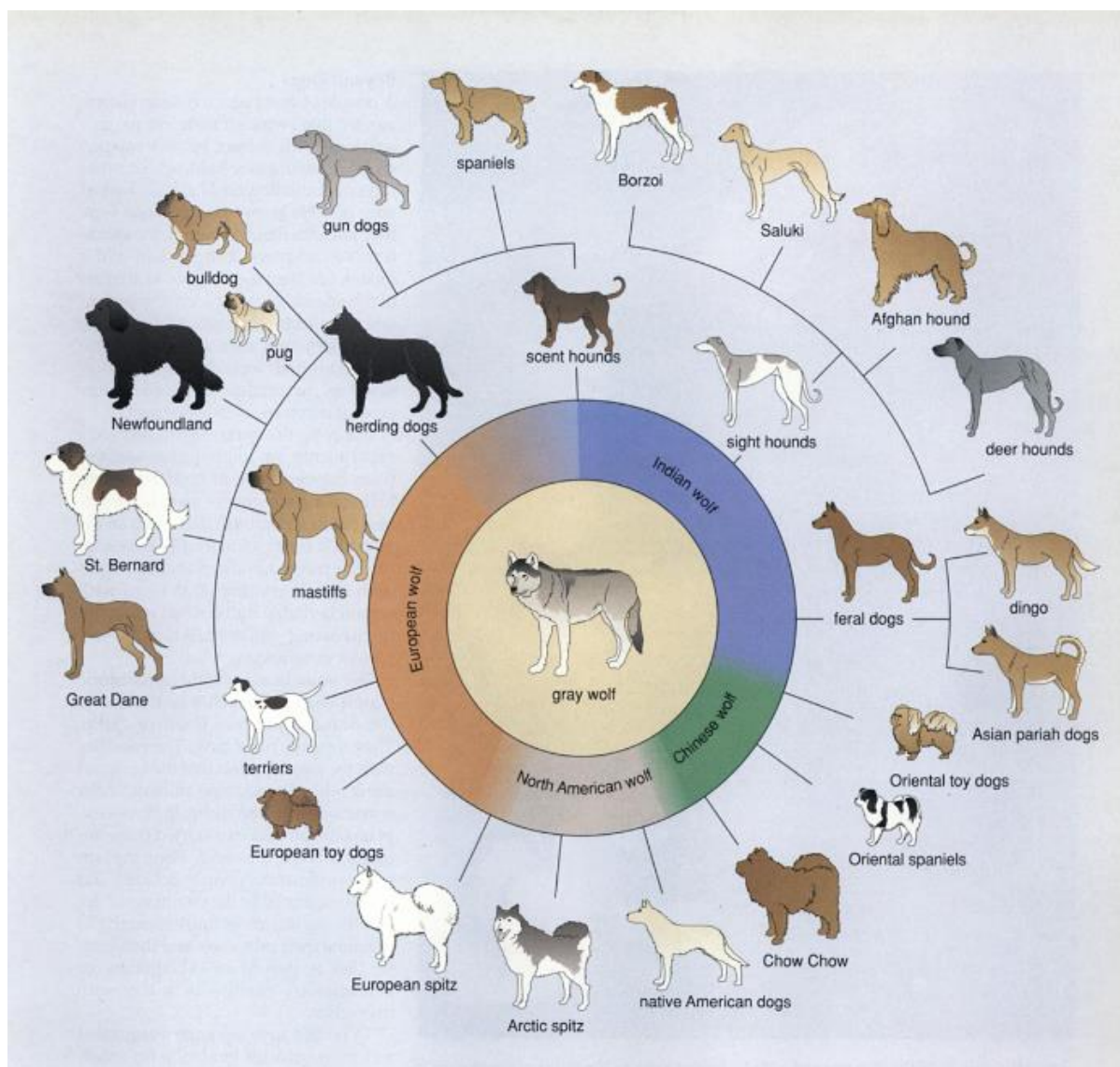
stoletja je bila razpisana celo nagrada za uplenjenega volka. Širjenje volkov po Sloveniji se je nadaljevalo po drugi svetovni vojni, vendar so bili volkovi zaradi množičnega lova še vedno izjemno redki. Leta 1993 je država izdala Uredbo o zavarovanju ogroženih vrst (1993) in s tem ključno pripomogla k ohranitvi vrste v Sloveniji. Leta 2004 je bila nadomeščena z Uredbo o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah (2004).

Odkar so volkovi zavarovani, njihovo število narašča. Danes jih najdemo predvsem na Kočevskem in Notranjskem, od koder prihajajo v severozahodno Slovenijo. Po ocenah strokovnjakov jih v Sloveniji živi med 70 in 100 (Zavod za gozdove in sod., 2020). Predvsem plenjenje drobnice predstavlja oviro pri sobivanju volka s človekom in s tem tudi odprto diskusijo o problematiki ohranjanja volka v Sloveniji (Jerina in sod., 2014; Zavod za gozdove in sod., 2020). Na podlagi dokumentiranih podatkov v literaturi volkovi za človeka ne predstavljajo tveganja. V Sloveniji v zadnjih 100 letih ni bilo dokumentiranega napada volka na človeka (Strokovna skupina za upravljanje z velikimi zvermi v Republiki Sloveniji, 2011; Čujec, 2014; Ministrstvo za okolje in prostor, 2020), žal pa se povečuje škoda, ki jo povzročajo. Zato lahko pristojno ministerstvo na podlagi opažanj in podatkov o številčnosti volkov ter povzročeni škodi na domačih živalih izda odločbo o izrednem odstrelu določenega števila živali. Odstrel je časovno omejen in prostorsko razdeljen na regije (Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam, 2002 in 2010).

2.3 RAZLIKE MED VOLKOVI IN PSI

Ne glede na pasmo je pes v bližnjem sorodstvu z volkom. Nekateri so celo križanci, saj se lahko volkovi in psi med seboj neovirano pariyo. Še vedno velja, da je sorodnost med različnimi pasmami psov večja, kot je njihova sorodnost z volkovi. Vrsti imata sorodne več kot 99 % DNA, kar pomeni da se njihova DNA razlikuje v manj kot 1 %. To ni videti veliko, vendar je dovolj, da so se med vrstama pojavile nekatere očitne razlike, opisane v nadaljevanju (Morey, 1994; PetMD Editorijal, 2018). Različne vrste volkov pa naj bi povročile nastanek različnih skupin pasem psov (Slika 1).

Kljub temu, da se volkovi in psi se med seboj lahko pariyo, njuni potomci navadno niso plodni (Mavec, 2016, PetMD Editorijal, 2018). Volkovi in psi se razlikujejo po telesnih značilnostih, adolescenci, razmnoževanju, igrivosti ter različnih prehranskih potrebah, hkrati pa je nezanemarljiva tudi izrazita pasja odvisnost od človeka.



Slika 1: Model nastanka pasem. Iz posameznih geografskih podvrste volkov so nastale različne pasme psov. Slika prikazuje enega od modelov, po katerem naj bi nastale različne pasme, kot rezultat več kot 2000-letne tradicije in kontrolirane vzreje. Raziskave DNA pomagajo pri ugotavljanju povezav in prednikov sodobnih pasem. Povzeto po Morey (1994).

Figure 1: Model of breed evolution. Different geographical subspecies of wolves are thought to give rise to different breeds of dogs. The picture shows one of the models according to which different types of dogs are supposed to be created, as a result of more than 2000 years of tradition and controlled breeding. DNA research helps identify connections and ancestral breeds. Adopted from Morey (1994).

2.3.1 Morfološke razlike in sorodnosti

Vse pasme psov so nastale v procesu domestikacije volka, ki se je začela pred 10 000 leti. S selekcijo je kasneje nastalo veliko število pasem psov. Nekatere so ohranile veliko telesnih značilnosti in podobnosti z volkom, spet druge se od njega močno razlikujejo (Macdonald in sod., 1966; Kryštufek in sod., 1988). Morfološka primerjava psov in volkov, lahko privede do odgovora, povezanega z izvorom psov (Galateanu in sod., 2012).

Psi in volkovi imajo enako število zob, pa vendar so volkovi ohranili močnejšo in daljšo lobanjo, čeljust ter zobe, ki pripomorejo k obvladovanju plena in drobljenju kosti. Psi imajo nekoliko bolj zaobljene obrazne predele in večje oči. Prav tako imajo mahajoča ušesa in krajši rep, medtem ko imajo volkovi zašiljena ušesa ter dolg, močan rep. Volkovi imajo glede na velikost večje šape. V primerjavi s psi so njihovi srednji prsti veliko daljši od stranskih. To jim omogoča hitro premagovanje daljših razdalj. Volkovi imajo rumene oči, psi rjave ali modre. Volkovi imajo ozek prstni koš in dolge noge, za razliko od psov, pri katerih je prsni koš praviloma širši, noge pa krajše. Volkovi tulijo, psi lajajo in zavijajo (Morey, 1994; PetMD Editorijal, 2018).

Psi imajo, v primerjavi z volkovi, razmeroma manjše lobanje. Tudi bobnični mehur (*bulla tympanica*) je pri psih splošno manj izrazit. Pri tem gre za pomemben vpliv evolucije in domestikacije domnevno zaradi zmanjšanega pomena sluha (Galateanu in sod., 2012), hkrati tudi druge spremembe med domestikacijo nastajajo postopno, tako da so obstoječe razlike med volkovi in psi na različnih stopnjah in niso absolutne (Curth in sod., 2017).

2.3.2 Odvisnost od človeka

Psi poskušajo ugajati človeku in so zelo učljivi. Pri učenju je pomembna motivacija s hrano. Michelle Proulx, direktor in oskrbnik v zavetišču za volkove v Coloradu ugotavlja, da se volkovi učenja kmalu naveličajo in si raje sami poiščejo hrano, kar potrjujejo tudi nekatere druge študije (Gacsi in sod., 2005; Viranyi in sod.; Hall in sod., 2015). Kljub temu obstajajo študije, ki navajajo, da so v primerjavi s psi, volkovi hitreje reševali probleme, če so na koncu dobili priboljšek (Animal network team, b.d.; Gacsi in sod., 2005; Viranyi in sod.; Hall in sod., 2015; Logue, 2017). Psi opazujejo in se odzivajo na človeško mimiko in govorico telesa. Psi namreč sobivajo s človekom in se prilagajajo njegovemu načinu življenja, prav tako njihovi

potomci. Tako so se njihove lastnosti v t. i. procesu juvenilizacije ali neotenije, skozi leta spreminjale in prilagajale življenju s človekom (Animal network team, b.d.). Volkovi so plašni in se izogibajo stiku s človekom, prav tako so napadi na ljudi izjemnon redki.

2.3.3 Odraščanje

Tako psi, kot volkovi se osamosvojijo pri 8 tednih. Vendar imajo volkovi pri tej starosti višjo stopnjo iznajdljivosti, saj je težje preživeti v divjini, kot v okolju skupaj s človekom. Volkovi so dobri družabniki človeku, le dokler pri starosti okoli 6 mesecev ne dosežejo spolne zrelosti, nato postanejo težko obvladljivi. Podobno velja tudi za križance, volčje pse, medtem ko psi ostajajo zvesti človeku do konca življenja (Animal network team, b.d.; Gacsi in sod., 2005; Viranyi in sod.; Hall in sod., 2015; Logue, 2017).

2.3.4 Razmnoževanje

Psi se lahko pariyo večkrat letno, volkovi samo enkrat in so pri tem sezonsko omejeni na spomladansko obdobje od februarja do marca. Ponavadi imajo od 4–5 mladičev, medtem ko so za pse značilna različno velika legla, ki so odvisna predvsem od posameznih pasem (Animal network team, b.d.; Gacsi in sod., 2005; Viranyi in sod.; Hall in sod., 2015; Logue, 2017).

2.3.5 Pomen igre

Psi se igrajo za zabavo, pri volkovih pa igra predstavlja pomembno vlogo pri preživetju v naravi in kasnejšemu vodenju krde. Pomaga jim odkriti meje njihovih zmožnosti in razviti odnos s sovrstniki, s katerimi bodo kasneje skupaj lovili. Psi se igrajo celo življenje, medtem ko se volkovi v odrasli dobi ne igrajo več. Za razliko od volkov psi lahko navežejo stike tudi z drugimi živalskimi vrstami ter jim tako izkažejo določeno naklonjenost (Animal network team, b.d.; Gacsi in sod., 2005; Viranyi in sod.; Hall in sod., 2015; Logue, 2017).

2.3.6 Potreba po hranilnih snoveh

Psi so vsejedi, njihove prehranjevalne navade so se približale človeškim. V nasprotju z njimi prebavni trakt volkov lahko prebavi večje količine surovega mesa in absorbira hranilne snovi v večji meri kot pri psih. Volkovi so mesojede živali in le redko uživajo rastlinsko hrano. Brez hrane lahko zdržijo tudi daljša časovna obdobja. Posledično lahko naenkrat zaužijejo večje količine mesa. Prevelika količina proteinov v prehrani psov lahko privede do prebavnih motenj,

prav tako lahko proteinsko pomanjkljiva prehrana pri volku sproži podobne simptome (Animal network team, b.d.; Gacsi in sod., 2005; Viranyi in sod.; Hall in sod., 2015; Logue, 2017).

2.4 EVOLUCIJA IN DOMESTIFIKACIJA

Poseganje človeka v naravno selekcijo se je začelo pred več kot tisoč leti in je pripeljalo do velike raznolikosti pasem psov. Nekateri so bolj podobni volku, drugi manj (Pitulko in Kasparov, 2017; Schoenebeck in Ostrander, 2013). Do največjih sprememb je prišlo predvidoma v obdobju paleolitika, ko je skupina volkov sprejela novega krdelnega vodjo, človeka. V procesu domestikacije se je razvil tako imenovani moderni pes, ki je pri večini pasmah ohranil le malo lastnosti volčjih prednikov. Človek jih je namreč selekcioniral tako, da zadostijo njegovim potrebam, bodisi kot psi čuvaji, družabniki, lovski psi, ipd. Prav na lobanji pa naj bi bile spremembe tudi najbolj opazne. Moderni psi imajo relativno manjše možgane glede na velikosti telesa v primerjavi z volkovi. Velikost možganov je lahko zmanjšana tudi za 30 odstotkov. Gre predvsem za spremembe, povezane z limbičnim sistemom, ki je odgovoren za odziv boja ali bega. Tolerantnost volkov do ljudi je vsebolj naraščala, prilagajali so se njihovim željam, načinu življenja in se s selekcijo postopno spreminjali. Te razlike v vedenju so predvsem posledica selekcijskih učinkov na možgane, kar se odraža na spremenjenih lobanjah (Schoenebeck in Ostrander, 2013; Greiger in sod., 2016).

2.5 MODERNE PASME PSOV

Na svetu obstaja več kot 400 pasem psov, ki se med seboj razlikujejo. Posledično so zelo raznolike tudi njihove lobanje. Določene konformacije lahko tudi poimenujemo. Nekatere so brachiocefalične, katerih lobanja je kratka in široka, druge dolichocefalične so tiste z dolgimi oz. podaljšanimi in ozkimi lobanjami, vmes pa so mezocefalične, kamor spadajo npr. nemški ovčar, irski volčji hrt in imajo srednje dolgo lobanjo, ki naj bi bila najbolj proporcionalna (Curth in sod., 2017).

Anatomsko so brachiocefalične pasme tiste, katerih lobanje nimajo izraženega vzdolžnega grebena (Nikel in sod., 1986). Vendar pa so nekatere pasme z izrazito skrajšanim obraznim delom kljub izoblikovanemu vzdolžnemu grebenu uvrščene med brachiocefalične.

Brachiocefalične pasme, kot so mops, buldog, boston terier, prepoznamo po kratkem, vdrtem obrazu, predgrizavosti ter širokih in plitkih očnicah. Pri njih je prišlo je do redukcije v dolžini kosti nosnega dela. Dolichocefalične pasme, kot so borzoi, škotski ovčar in hrt imajo daljšo

lobanjo in globlje očnične jame, ter so bolj podobni svojim divjim prednikom (Curth in sod., 2017; Drake in Klingenberg, 2010) (Slika 2).



Slika 2: Lobanje dolichocefaličnih (zelena), mesocefaličnih (rdeča) in brachiocefaličnih (modra) pasem, stranski pogled (povzeto po Rizk in Husko, 2012).

Figure 2: Skulls in dolichocephalic (green), mesocephalic (red) and brachiocephalic (blue) dog breeds, lateral view (adopted from Rizk and Husko, 2012).

2.6 OSNOVNA ANATOMIJA LOBANJE PREDSTAVNIKOV DRUŽINE PSOV

V naši nalogi smo se osredotočili na lobanjske kosti (Slika 3). Čvrsta koščena lobanja obdaja in varuje možgane ter vitalne organe za vid, okus, voh, sluh in ravnotežje. V obraznem delu lobanje so tudi začetni deli prebavil in dihal. Kostne štrline služijo kot pritrdišča za obrazno in žvekalno muskulaturo ter nekatere mišice telesnega debla. Sestavljena je iz več, po večini parnih kosti, ki se med seboj stikajo v šivih. Ti po zaključeni rasti okostenijo in tako lobanja postane v celoti koščena. Poleg njih v skelet glave prištevamo še spodnjo čeljustnico (*mandibula*) in jezičnico (*apparatus hyoideus*). Kosti glave razdelimo na obrazne in lobanjske kosti (Popesko, 1990; Fazarinc in sod., 2009).

Lobanjske kosti so večinoma ploščate in se povezujejo v koščeno kapsulo okrog možganov. Kranialno steno oblikuje sitka, svod čelnice, temenica in medtemenica, stranska stena senčnice, dno lobanjske votline, osnovna in sprednja zagozdnicata ter osnovni del zatilnice. V tilnični steni lobanje so zatilnična luska in stranska dela zatilnice.

Zatilnica (*os occipitale*) se nahaja na kaudalnem delu in obdaja veliko odprtino (*foramen magnum*). Ta povezuje lobanjsko votlino in hrbtenični kanal. Sestavljajo jo osnovni del, zatilnična luska in stranska dela. Zatilnična luska je iz tilničnega in temenskega dela. Ločuje ju zunanji zatilnični greben (*crista occipitalis externa*), ki rostralno prehaja v zunanji sagitalni greben (*crista sagittalis externa*).

Osnovna zagozdnicata (*os basisphenoidale*) in sprednja zagozdnicata (*os presphenoidale*) ležita ena za drugo. Združuje ju hrustančni sklep, ki v prvih letih po rojstvu okosteni. Osnovna sestoji iz medialno ležečega telesa (*corpus*) in lateralno usmerjenih kril (*alae*), ki sooblikujeta dno lobanjske votline. Sprednja zagozdnicata je neparna kost, vrinjena med sitko in osnovno zagozdnicata. Telo od spodaj delno prekrivajo lemežnica, obe krilatki in nebica. Krilatka (*os pterygoideum*) je tanka parna kost, ki sooblikuje stranske stene sapišč.

Senčnico (*os temporale*), delimo na tri dele: luskasti del (*pars squamosa*), ki oblikuje spodnji del stranske stene lobanjske votline in dno; bobnični del (*pars tympanica*), ki zapira dele zunanjega in srednjega ušesa, ter skalnični del (*pars petrosa*), ki oblikuje koščeno kapsulo okrog notranjega ušesa. Takoj po rojstvu so vsi trije deli ločeni, kasneje se združijo v enotno kost. Bobnični del sestavlja bobnični mehur (*bulla tympanica*), ki zapira bobnično votlino srednjega ušesa. Iz nje lateralno izhaja zunanji sluhovod (*meatus acusticus externus*). Čelnica (*os frontale*) je sestavljena iz več delov, in sicer čelnične luske (*squama frontalis*), senčne

ploskve (*facies temporalis*) ter nosnega (*pars nasalis*) in očničnega (*pars orbitalis*) dela. Temenica (*os parietale*) leži med čelnico in zatilnico, natančneje ob svodu in steni lobanjske votline. Rostralna dela medialnih robov obeh temenic se stikata, kavdalno pa se mednje vriva medtemenica (*os interparietale*). Po zunanji ploskvi temenice poteka bolj ali manj izrazit zunanji sagitalni greben (*crista sagitalis externa*).

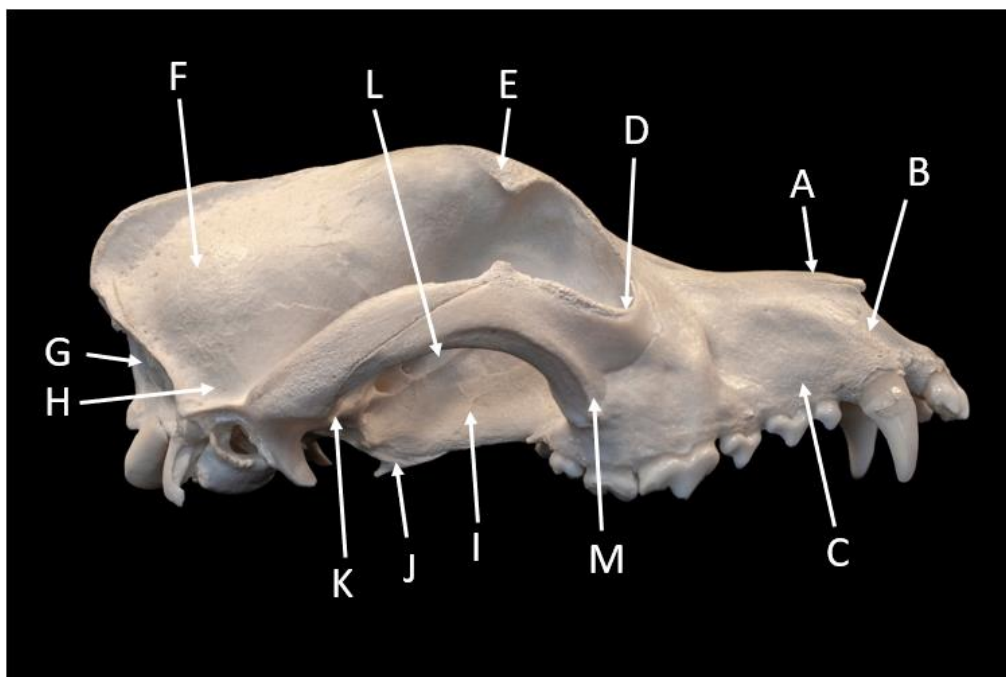
Sitka (*os ethmoidale*) oblikuje kavdalno steno nosne votline in le to ločuje od lobanjske. Nekateri njeni deli segajo tudi v samo nosno votlino, zato jo lahko prištevamo tudi med obrazne kosti. V osnovi gre za parno kost, a se kasneje zaraste in postane enotna. Sestavljena je iz tankih koščenih tvorb, imenovanih sitkine celice, med katerimi so številne luknjice, skozi katere prehajajo vohalni živci.

Obrazne kosti (*ossa faciei*) obdajajo nosno votlino in del očnične stene. Nosni gredelj oblikujeta nosnici, stransko steno pa zgornja čeljustnica, medčeljustnica, ličnica in solznica. Svod ustne votline, ki je hkrati dno nosne, predstavlja koščeno nebo (*palatinum osseum*). Neparna lemežnica (*vomer*) sodeluje pri oblikovanju svoda in stranskega dela nosno-žrelnega prehoda (*meatus nasopharyngeus*) in sapišč (*choane*).

Medčeljustnica (*os incisivum*) je parna kost, ki oblikuje konico obrazne lobanje, vhod v nosno votlino in del koščenega neba. Sestavlja jo telo (*corpus*), zobnični (*processus alveolaris*), nosni (*processus nasalis*) in nebni (*processus palatinus*) podaljšek.

Nosnici (*os nasale*) sta na svodu nosne votline in skupaj oblikujeta nosni gredelj. Zunanja ploskev nosnice je izbočena, notranja pa žlebasto vdolbena in nosi sitkin greben (*crista ethmoidalis*). Solznica (*os lacrimale*) leži v nazalni steni očnice. Notranja ploskev pomaga pri oblikovanju sten zgornječeljustnične votline in ima v sebi solznični kanal (*canalis lacrimalis*). Nebnico (*os palatinum*) sestavlja vodoravna plošča, ki oblikuje del koščenega neba in navpična plošča, ki omejuje del stene nosno-žrelnega prehoda in sapišč.

Lemežnica (*vomer*) je neparna in ima obliko žlebasto sonde, pritrjene na dno nosne votline. Sprednji del sega proti vhodu v nosno votlino, zadnji razpolavlja nosno-žrelni prehod in sapišča. Ventralna nosna školjčnica (*os conchae nasalis ventralis*) je samostojna koščena tvorba v spodnjem delu nosne votline in daje osnovo ventralni nosni školjki. Sestavlja jo dvojna spiralna lamela, pritrjena na školjčni greben zgornje čeljustnice (Popesko, 1990; Fazarinc in sod., 2009).



Slika 3: Pasja lobanja, desni pogled. (A) nosnica, (B) medčeljustnica, (C) ličnica, (D) solznica, (E) čelnica, (F) temenica, (G) zatilnica, (H) senčnica, (I) nebica, (J) krilatka, (K) osnovna zagozdica, (L) sprednja zagozdica, (M) ličnica.

Figure 3: Right side view of the dog's skull. (A) nasal bone, (B) intermaxillary bone, (C) cheekbone, (D) lacrimal bone, (E) frontal bone, (F) parietal bone, (G) occipital bone, (H) temporal bone, (I) palate bone, (J) pterygoid bone, (K) basisphenoid bone, (L) presphenoid bone, (M) zygomatic bone.

2.7 MORFOLOGIJA IN MORFOMETRIJA

Morfologija je področje biologije, ki se ukvarja z opisovanjem velikosti, oblike in strukture živali, rastlin in mikroorganizmov ter odnosov med njihovimi sestavnimi deli. Izraz se nanaša na splošne vidike biološke oblike in razporeditve delov živali ali rastline ter opazovanje in opisovanje morfoloških značilnosti. Je uveljavljena raziskovalna metoda, ki je pomembna v raziskavah, na področjih sistematike, filogenije, evolucije in drugih ved ter se dopolnjuje z uveljavljenimi molekularnimi metodami (Klenovšek, 2014).

Poleg opisovanja oblikovnih značilnosti je kot raziskovalna metoda zelo pomembna metoda morfometrije, ki kvantitativno analizira obliko in tako zajame tudi velikost. Beseda izhaja iz grškega poimenovanja za obliko (*morph*) in meriti (*metron*). Morfometrija se pogosto uporablja na področju biologije in drugih ved ter opisuje in statistično analizira različne pojave evolucijskega pomena, razlikuje posamezne osebkke ali dele osebkov in sklepa o funkciji ali

evolucijskih razmerjih. Kot tradicionalna morfometrija se uporablja za merjenje dolžin in kotov (enorazsežnostne meritve), novejši pristopi v okviru geometrijske morfometrije pa omogočijo zajemanje geometrijskih podatkov morfoloških struktur na način, da se ohranijo informacije o relativnih prostorskih razporeditvah podatkov (Adams in sod., 2004). Geometrijska morfometrija tako nudi učinkovitejši pristop za proučevanje razlik v morfološki obliki struktur.

2.8 PROUČEVANJE RAZLIK MED LOBANJAMI PSA IN VOLKA

Analiza osteoloških ostankov psov iz zgodnjega Holocena je pokazala, da lahko s primerjavo dveh proporcionalnih razmerij, in sicer razmerja med višino lobanje in njeno dolžino ter razmerja med višino gobca na višini 1. in 2. predkočnika s celotno dolžino lobanje, razlikujemo ali gre za lobanje volkov ali volkovom podobnih psov (Geiger in sod., 2017; Pitulko in Kasparov, 2017; Curth in sod., 2018; Germonpréa in sod., 2009). Razlike v lobanji psov in volkov so bile tudi večkrat primerjanje in opisane (Pitulko in Kasparov, 2017). Večina avtorjev se osredotoča na velikost in nekatera razmerja ter v ta namen uporablja poenostavljeno mersko shemo. Pri njeni uporabi lahko hitro pride do napak, saj se večje pasje lobanje zmotno ovrednoti za volčje ter obratno manjše volčje za pasje. V splošnem gre za iskanje karakterističnih lastnosti, ki se razlikujejo pri lobanjah volka in psa in temeljijo na dejstvu, da so lobanje psov krajše in širše (Leskovic in sod., 2012; Pitulko in Kasparov, 2017; Germonpréa in sod., 2009).

Galanteanu je s sodelavci preučeval morfološke razlike v skeletu volka (*Canis Lupus*) in psa (*Canis familiaris*). Uporabili so metodo računalniške tomografije (CT), s katero so analizirali 31 volkov in 76 psov. Pri analizi posnetkov CT so ugotovili razlike tako v lobanjah kot tudi udih. Razlike med lobanjami so se nanašale na sprednjo zagozdnico, vomer, supramastoidno odprtino, petrookcipitalno špranjo, incisivni canal, pterigoidni podaljšek maksile in bobnični mehur (Galateanu in sod., 2012).

Že več kot stoletje je predmet številnih raziskav merjenje t. i. očničnega kota (dorzalnega kota, ki ga dobimo, ko potegnemo vodoravno premico na vrhu čelnice, ki se seka s premico, ki jo potegnemo preko očnične votline), s preučevanjem katerega je moč ločiti psa od njegovega prednika, divjega volka. Nekatero starejše študije (Janssens in sod., 2016; Mech, 2019) potrjujejo, da se kota razlikujeta in sicer meri očesni kot pri psih med 49–55°, pri volkovih pa 39–46°. Vendar obstajajo študije, ki izražajo dvome v izmerjene podatke predvsem glede velikosti testiranih skupin in uporabljene metode (Janssens in sod., 2016).

Janssens pa je s sodelavci preučeval večjo skupino volkov in psov ter pregledal tudi arheološke ostanke psov. Preverili so tudi razliko v uporabi različnih merskih metod, simetrijo kotov ter vpliv različnih postavitev lobanji, kar so primerjali s posnetki 3D CT (Janssens in sod., 2016). Ugotovili so prekrivanje kotov med psi in volkovi kar v 50 odstotkov primerov, vendar so zelo majhni koti značilni predvsem za volkove, večji pa za pse. Prav tako so koti arheološki ostanki psov zelo podobni volčjim. Z gotovostjo lahko torej trdimo, da lobanja s koti manjšimi, od 35° pripada volku, medtem ko kote nad 60° lahko pripisujemo psu, vmesne vrednosti nam predvsem služijo za orientacijo in ne kot sredstvo določanja (Janssens in sod., 2016).

Curth je s sodelavci preučeval razlike v senčnično–spodnječeljustnem sklepu, ki se pojavijo predvsem zaradi različne v prehrane. Ugotovili so, da se oblika sklepa pri posameznih lobanjah in čeljustnicah volkov skoraj ne spreminja, medtem ko so razlike med pasjimi lobanjami številne (Curth in sod., 2017).

Na univerzi v Zurichu v Švici so preučevali zapiranje lobanjskih šivov ter ugotovili, da do zapiranja pri psih pride prej kot pri volkovih ter še hitreje pri psih brachiocefaličnih pasem (Greiger in sod., 2017).

Povzetek meritev zbranih iz podatkov različnih študij prikazuje Tabela 2.

Tabela 2: Povzetek meritev po podatkih iz literature.

Table 2: Previously performed measurements in the reviewed literature.

sprednja zagozdna	Gateau in sod., 2012
vomer	Gateau in sod., 2012
supramastoidna odprtina	Gateau in sod., 2012
petrookcipitalna špranja	Gateau in sod., 2012
incizivni kanal	Gateau in sod., 2012
pterigoidni podaljšek maksile	Gateau in sod., 2012
bobnični mehur	Gateau in sod., 2012
zaraščenost lobanjskih šivov	Geiger in Haussman, 2016
stisnjenost zob v spodnji čeljusti	Ameen in sod., 2017
34 točk meritev	Geiger in sod., 2017
50 točk meritev	Drake in Klingenberg, 2010
kondilobazilarna dolžina	Okarm in Buchalczyk, 1993
širina alveole zgornjega podočnika	Okarm in Buchalczyk, 1993
alveolarna širina P4	Okarm in Buchalczyk, 1993
širina na ličnih lokih	Okarm in Buchalczyk, 1993
najmanjša razdalja med orbitama	Okarm in Buchalczyk, 1993
največja frontalna širina	Okarm in Buchalczyk, 1993
najmanjša širina lobanje	Okarm in Buchalczyk, 1993
največja mastoidna širina	Okarm in Buchalczyk, 1993
višina lobanje	Okarm in Buchalczyk, 1993
največja dolžina nevrokranija	Okarm in Buchalczyk, 1993
dolžina zobne vrste	Okarm in Buchalczyk, 1993
dolžina C1	Okarm in Buchalczyk, 1993
dolžina P4	Okarm in Buchalczyk, 1993
dolžina mandibule	Okarm in Buchalczyk, 1993
višina ramusa mandibule	Okarm in Buchalczyk, 1993
dolžina M1	Okarm in Buchalczyk, 1993
očnični kot	Janssens in sod., 2016
99 točk	Curth in sod., 2017a
53 točk	Curth in sod., 2017b
34 točk	Geiger in sod., 2017
več meril	Janssens in sod., 2018
20 točk	Gurbuz in sod., 2020

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIALI

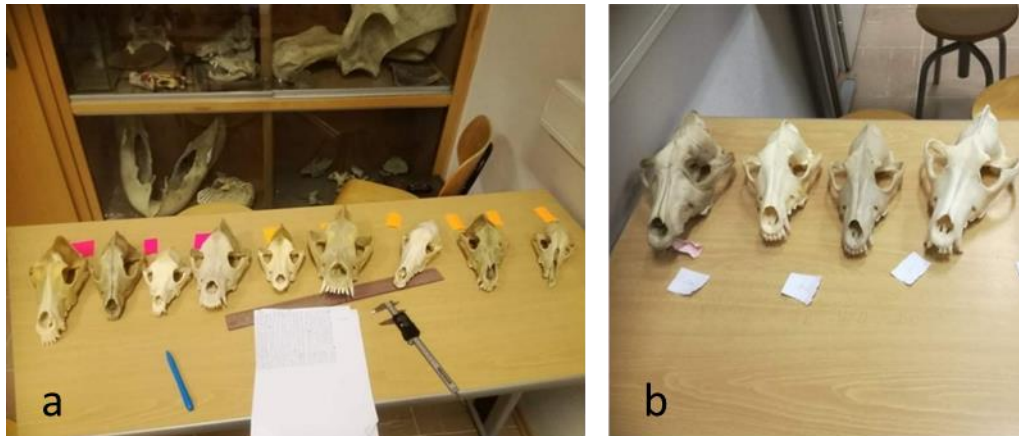
V raziskovalno nalogo je bilo vključenih 18 pasjih lobanj (ena od teh lobanj je bila lobanja volčjega psa) ter 4 volčje lobanje (Slika 5). Preučevane lobanje so last Inštituta za predklinične vede, Enote za anatomijo, histologijo z embriologijo in citologijo ter Inštituta za patologijo in zdravstveno varstvo divjadi, rib in čebel, Veterinarske fakultete, Univerze v Ljubljani. Nekatere od lobanj so iz osebne zbirke (Anja Zupančič in Anja Lepoša). Dve izmed lobanj sta bili najdeni v gozdu, ena od njiju v Mihovški jami na Radohi (Slika 4). Za eno lobanjo je znano, da pa pripada uplenjenemu volku, vendar drugih podatkov o njej žal ni na voljo.

Digitalno rentgensko slikanje lobanj ter slikanje z računalniško tomografijo (CT) smo opravili na Kliniki za male živali na Veterinarski fakulteti v Ljubljani. Za meritev lobanj smo potrebovali kljunasto, ukrivljeno ter navadno merilo (Slika 6). Lobanje smo fotografirali s fotoaparatom Canon EOS 550D ob dodatni osvetlitvi.



Slika 4: Najdba lobanje leta 2018 v Mihovški jami na Radohi. Lobanja je bila najdena v globini približno 15 m pod površjem. Našla jo je avtorica raziskovalne naloge (vir: <http://www.jknm.si/si/?id=534&l=2019>).

Figure 4: Skull found in 2018 in Mihovška cave on Radoha. The skull was found at a depth of about 15 m below the surface, by the author of the research work (source: <http://www.jknm.si/si/?id=534&l=2019>).



Slika 5: Lobanje psov (a) in volkov (b).

Figure 5: Skulls of dogs (a) and wolves (b).



Slika 6: Merila, ki smo jih uporabili pri meritvah lobanj. Uporabili smo 2 velikosti ukrivljenih meril, digitalno pomično kljunasto merilo in ravnilo (ni na sliki).

Figure 6: Callipers used for skull measurements. We used 2 sizes of curved callipers, a dial slide gauge and a plain scale (not pictured).

3.2 METODE

3.2.1 Zbiranje in označitev vseh lobanj

Lobanje smo razdelili v dve skupini (psi in volkovi) ter jih oštevilčili. Lobanje psov so bile oštevilčene s p20 do p38, lobanje volkov pa z v1 do v4. Na lobanjah smo proučevali različne vizualne lastnosti in izvedli več kot 40 različnih meritev na vsaki izmed zbranih lobanj.

3.2.2 Fotografiranje izbranih lobanj

Vsako vzorčno lobanjo smo fotografirali zaradi primerjave, izvajanja morebitnih dodatnih meritev in hranjenja posnetkov. Izdelali smo tudi nekaj profesionalnih fotografij, posnetih s pomočjo fotoaparata Canon EOS 550D. Pogoje fotografiranja smo standardizirali (nespremenjena osvetlitev ter enako razdaljo med objektivom fotoaparata in vzorčnimi lobanjami).

3.2.3 Rentgensko slikanje lobanj

Rentgensko slikanje je diagnostična metoda, pri kateri lahko z uporabo rentgenskih žarkov prikažemo različne strukture. Rentgen deluje po načelu katode in anode. Pri njegovi uporabi nastane rentgensko sevanje, sestavljeno iz fotonov zavornega sevanja, ki nastane na anodi rentgenske cevi. Naprava oddaja snop rentgenskih žarkov primerne jakosti, pri prehodu skozi telo pa nastane različna stopnja oslabitve rentgenskih fotonov. Oslabitev je največja tam, kjer je anatomsko število elementov veliko in najmanjša tam, kjer je anatomsko število majhno. Tako nastane rentgenska slika z dobro vidnimi kostmi (Kužner, 2020; Meomartino in sod., 2021). Rentgensko slikanje lobanj smo opravili na Kliniki za male živali Veterinarske fakultete. Rentgenske slike so bile posnete z aparatom AXIOM Iconos R100 (Siemens AG, München, Nemčija), filmi pa razviti s procesorjem CLASSIC E.O.S. (Agfa, München; Nemčija).

3.2.4 Računalniška tomografija (CT) lobanj ter pregled posnetkov

Računalniška tomografija (CT) je postopek, pri katerem računalniško obdelamo veliko število rentgenskih posnetkov, posnetih iz različnih zornih kotov. Pri tem dobimo natančne slike notranjosti, ki so nam v pomoč pri izvajanju meritev ter ugotavljanju razlik znotraj lobanj.

Med CT preiskavo se rentgenska cev vrti okrog objekta na preiskovalni mizi. Posname veliko število rentgenskih posnetkov, absorpcijo rentgenskih žarkov pa zaznajo detektorji znotraj cevi. Računalnik nato na podlagi dobljenih podatkov ustvari prikaz notranjosti objekta, kar vidimo kot prečno rezino preiskovanega dela. Dobljene slike imajo mnogo višjo ločljivost od klasičnih rentgenskih posnetkov. Absorpcijo rentgenskih žarkov posameznih tkiv merimo v Hounsfieldovih enotah (HU), pri čemer višja vrednost pomeni večjo gostoto tkiva. Tkivom so tako dodeljena različna CT števila, npr. -1000 HU za zrak in +1000 HU za kostnino (Keane in sod., 2017).

V naši študiji smo geometrijo vzorčnih lobanj določili s skeniranjem s CT skenerjem Siemens Somatom Scope (Siemens, Erlangen, Nemčija). Protokoli za pridobivanje in rekonstrukcijo so bili vzpostavljeni pred skeniranjem in so bili enaki za vse vzorce (napetost 130 kV, avtomatska modulacija toka cevi 31 mAs, kolimacija detektorja 16 x 0,6 mm, debelina rezine 1 mm) s prirastkom rekonstrukcije in ostrim rekonstrukcijskim jedrom B₇₀=s (Tabela 3). Slikanje lobanj z računalniško tomografijo (CT) smo opravili na Kliniki za male živali Veterinarske fakultete.

Tabela 3: Parametri uporabljeni pri slikanju z računalniško tomografijo (CT).

Table 3: Parameters used in computed tomography (CT) imaging.

zap št	številk glav	kV	mAs	slice thickness	recon increment	pitch	rotation time	reconstruction core kernel		RTG (kV/mAs)
1	24, 27, 28, 26	110	80	1mm	0.7mm	0.85	1.5s	U90 Osteo B70 Bone		57/25
2	33, 25, 21	110	100	1mm	0.7mm	0.85	1.5s	U90 Osteo B70 Bone		57/25
3	30, 23	110	120	1mm	0.7mm	0.85	1.5s	U90 Osteo B70 Bone		60/25
4	22, 21, 29	110	120	1mm	0.7mm	0.85	1.5s	U90 Osteo B70 Bone		60/25
5	34, 32, 1	110	130	1mm	0.7mm	0.85	1.5s	U90 Osteo B70 Bone		60/25
6	VOLK 2	110	140	1mm	0.7mm	0.85	1.5s	U90 Osteo B70 Bone		66/25
7	VOLK1	110	150	1mm	0.7mm	0.85	1.5s	U90 Osteo B70 Bone		66/25
8	VOLK 3	110	140	1mm	0.7mm	0.85	1.5s	U90 Osteo B70 Bone		66/25
9	VOLČJI PES 4	110	160	1mm	0.7mm	0.85	1.5s	U90 Osteo B70 Bone		66/25

3.2.5 Postavitev kraniometrijskih točk in izvedba kraniometričnih meritev

Lobanje smo izmerili s posebnim ukrivljenim merilom, digitalnim pomičnim kljunastim merilom in navadnim merilom. Uporabljali smo digitalno pomično merilo z merilnim obsegom 0–150 mm, najmanjšim odčitkom 0,01 mm in Lcd prikazovalnikom, ki je omogočil zunanje merjenje, notranje merjenje in merjenje globine (Slika 6).

Meritve, pri katerih uporaba kljunastega merila ni bila mogoča, smo izvedli z ukrivljenim merilom, brez merske skale. En konec merila se je dotikal izbrane točke na eni strani, drugi na drugi. Razdaljo med krakoma smo nato izmerili z ravnilom (Slika 7).



Slika 7: Načini merjenja na lobanjah.

Figure 7: Different ways of performing measurements on skulls.

Vsako izmed meritev sta ločeno izvedli dve osebi, in tako zmanjšali napako, ki se lahko pojavi ob meritvah. Povprečne vrednosti obeh izmerjenih meritev so prikazane v Tabeli 4.

Za linearne meritve na lobanjah je bilo določenih več kraniometrijskih točk na lobanji. Najprej so bile označene najpomembnejše kraniometrijske točke, prikazane na Slikah 7 – 11, ter v Tabeli 4:

1. (A) akrokranion – najkavdalnejša točka temena lobanje v mediani ravnini
2. (B) bazion – rostrobazalna točka ventralnega roba velike odprtine
3. (Cr) coronion – najdorzalnejša točka koronoidnega podaljška mandibule
4. (Ect) ectorbitale – najlateralnejši točki čelnic na okcipitalnih straneh orbit
5. (Ent) entorbitale – nazo–medialna zažetina orbitalnega roba, ki sovpada z notranjim zrkelnim kotom pri živi živali
6. (Eu) euryon – najlateralnejši točki možganske kletke
7. (F) frontalna sredina – mediana točka črte, ki povezuje obe točki Ect
8. (Id) infradentale – najizrazitejša mediana točka na rostralnem robu zobnic spodnjih sekalcev
9. (N) nazion – mediana točka nazo-frontalnega šiva
10. (Ot) otion – najlateralnejša točka mastoidne regije
11. (P) prostion – najrostralnejša točka intercizivnega šiva
12. (Po) palatinoorale – mediana točka nebnično-zgornječeljustničnega šiva
13. (Rh) rinion – mediana točka črte, ki povezuje najrostralnejši točki nosnic
14. (S) sinsfenion – mediana točka intersfenoidnega šiva
15. (St) stafilion – najkavdalnejša točka nebnice v srednji ravnini
16. (Zy) zygon – najlateralnejša točka ličnega loka

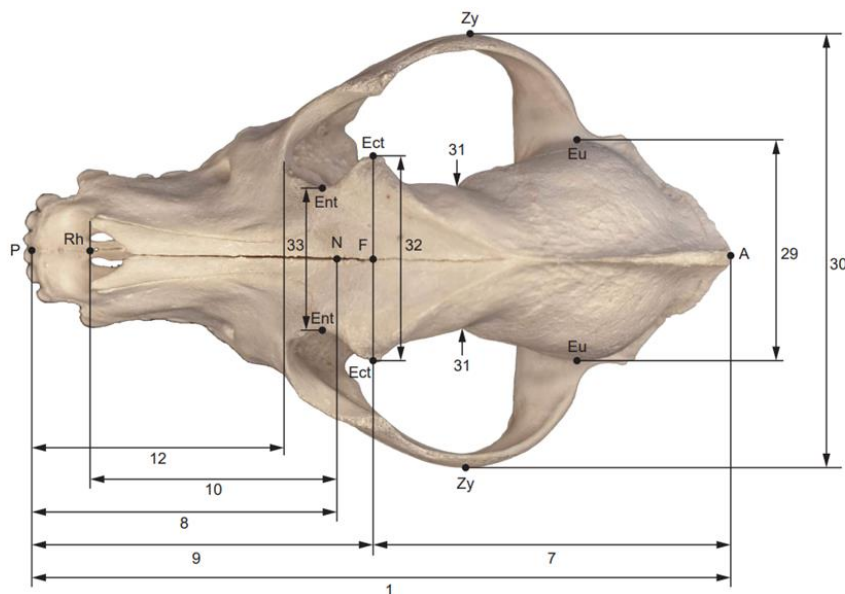
Kraniometrijske meritve vsake lobanje so bile opravljene po shemi, ki jo je zagotovila von den Driesch, 1976 (von den Driesch, 1976) in so podane v centimetrih. Meritve so bile opravljene v milimetrih z ukrivljenim merilom, navadnim merilom in digitalnim pomičnim kljunastim merilom z natančnostjo 0,1 mm.

Tabela 4: Kraniometrične točke in meritve (povzeto po von den Driesch, 1976).

Table 4: Craniometric points and measurements (summarized according to von den Driesch, 1976).

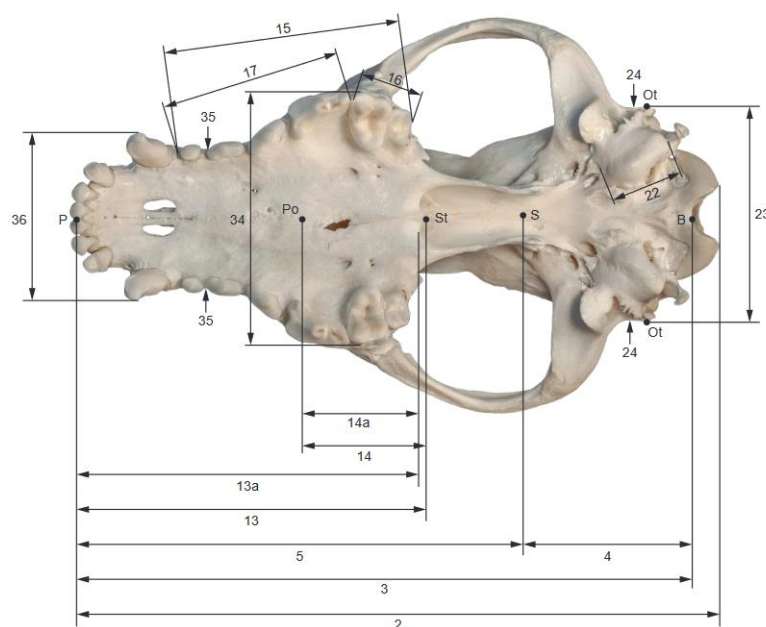
	Kraniometrične točke pri mesojedih (pes, volk)	Measurements of the cranium of carnivores (dog, wolf)
1.	celotna dolžina lobanje od akrokraniona do prostiona	total (profile) length: Akrokranion – Prosthion
2.	kondilobazalna dolžina od kavdalne meje zatilničnih kondilov do prostiona	condylobasal length: caudal border of the occipital condyles – Prosthion
3.	bazalna dolžina od baziona do prostiona	basal length: Basion – Prosthion
4.	bazokranialna os od baziona do sinsfeniona (intersfenoidalni šiv)	basicranial axis: Basion – Synsphenion (= intersphenoid suture)
5.	bazofacialna os od sinsfeniona do prostiona	basifacial axis: Synsphenion – Prosthion
6.	dolžina nevrokranija od baziona do naziona	neurocranium length: Basion – Nasion
7.	zgornja dolžina nevrokranija od akrokraniona do sredinske točke čelnice	upper neurocranium length: Akrokranion – Frontal midpoint
8.	dolžina viscerokranija od naziona do prostiona	viscerocranium length: Nasion – Prosthion
9.	dolžina obraznega dela lobanje od sredinske točke čelnice do prostiona	facial length: Frontal midpoint – Prosthion
10.	največja dolžina vzdolž nosnih kosti od naziona do riniona	greatest length of the nasals: Nasion – Rhinion
11.	dolžina možganske kletke (meritev je mogoče izvesti le v primeru ohranjene sitaste plošče)	length of braincase, can be taken only when the cribriform plate is preserved
12.	dolžina »gobca« od medialnega dela ustne meje orbit do prostiona	»snout« length: oral border of the orbits (median) – Prosthion
13.	medialna dolžina neba od stafiliona do prostiona	median palatal length: Staphylion – Prosthion
14.	dolžina horizontalnega dela nebnice od stafiliona do palatinoralne točke	length of the horizontal part of the palatine: Staphylion – Palatinoorale
15.	skupna dolžina ličniške vrste, merjena vzdolž zobnic na lični strani	length of the cheektooth row, measured along the alveoli on the buccal side
16.	skupna dolžina kočniške vrste, merjena vzdolž zobnic na lični strani	length of the molar row, measured along the alveoli on the buccal side
17.	dolžina predkočniške vrste, merjena vzdolž zobnic na lični strani	length of the premolar row, measured along the alveoli on the buccal side
18.	dolžina lomilcev, merjena pri cingulumu	length of the carnassial, measured at the cingulum
19.	dolžina lomilčeve zobnice	length of the carnassial alveolus
20.	dolžina M1, merjena pri cingulumu	length of M1, measured at the cingulum
21.	dolžina M2, merjena pri cingulumu	length of M2, measured at the cingulum
22.	največji premer bobničnega mehurja od kavdalne točke do zunanje karotidne odprtine	greatest diameter of the auditory bulla: from the most caudal point of the bulla on the suture with the paraoccipital process up to the external carotid foramen
23.	največja širina zatilničnega trikotnika med otionoma	greatest mastoid breadth = greatest breadth of the occipital triangle: Otion – Otion

24.	širina lobanje na višini dorzalnega dela zunanjega sluhovoda	breadth dorsal to the external auditory meatus
25.	največja širina zatilničnih čvršev	greatest breadth of the occypital condyles
26.	največja širina na višini jugularnih podaljškov	greatest breadth at the jugular processes
27.	največja širina velike odprtine	greatest breadth of the foramen magnum
28.	višina velike odprtine od basiona do opistiona	height of the foramen magnum: Basion – Opisthion
29.	največja širina nevrokranija med evrionoma	greatest neurocranium breadth = greatest breadth of the braincase: Euryon – Euryon
30.	širina na ličnih lokih med zigionoma	zygomatic breadth: Zygion – Zygion
31.	širina zadnjega dela lobanje, kavdalno od supraorbitalnih podaljškov	least breadth of skull = least breadth caudal of the supraorbital processes = breadth at the postorbital constriction
32.	širina čelnice med ektorbitalnima točkama	frontal breadth: Ectorbitale – Ectorbitale
33.	kavdalna širina med orbitama, med entorbitalnima točkama	least breadth between the orbits: Entorbitale – Entorbitale
34.	največja nebna širina med zunanjimi robovi zobnic na eni in na drugi strani	greatest palatal breadth, measured across the outer borders of the alveoli
35.	nebna širina za podočniki	least palatal breadth, measured behind the canines
36.	nebna širina med zobnicama podočnikov	breadth at the canine alveoli
37.	največja notranja višina orbite	greatest inner height of the orbit
38.	višina lobanje	skull height
39.	višina lobanje brez sagitalnega grebena	skull height without the sagital creast
40.	višina zatilničnega trikotnika od akrokraniona do baziona	height of the occipital triangle: Akrokranion – Basion



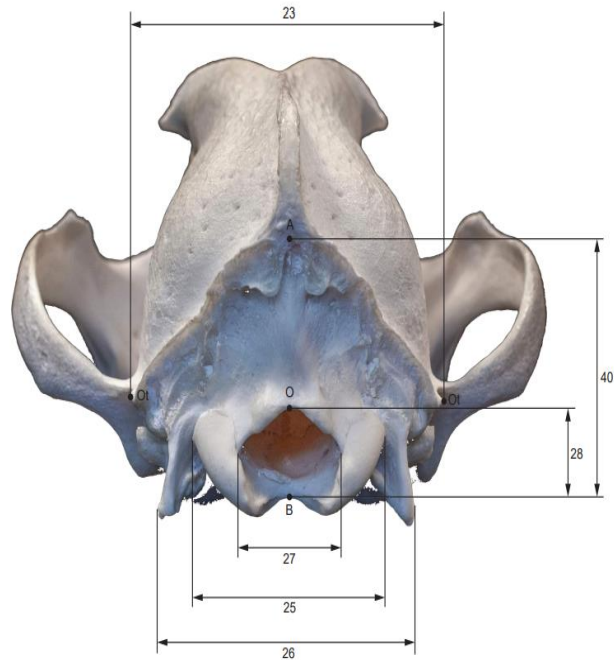
Slika 8: Kraniometrične meritve v dorzalni projekciji, lobanja psa. Fotografije so bile posnete s fotoaparatom Canon EOS 550D.

Figure 8: Craniometric measurements in dorsal projection, dog skull. The photos were taken with a Canon EOS 550D.



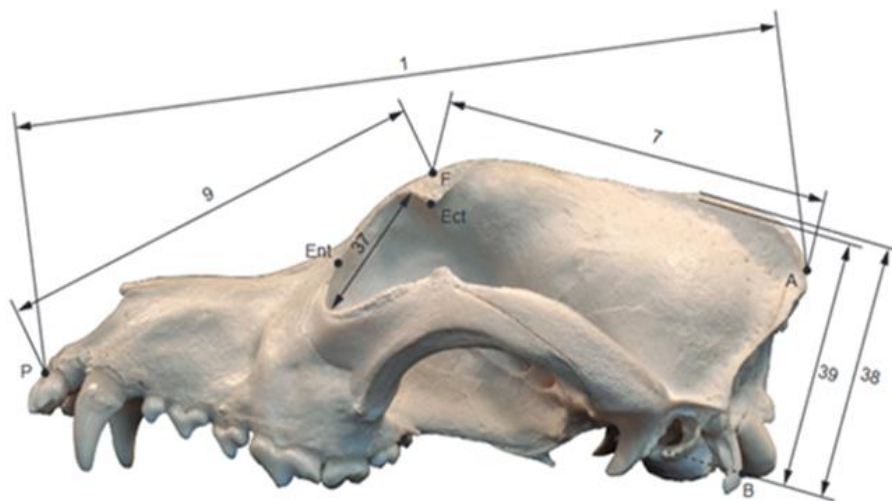
Slika 9: Kraniometrične meritve v ventralni projekciji, lobanja psa. Fotografije so bile posnete s fotoaparatom Canon EOS 550D.

Figure 9: Craniometric measurements in ventral projection, dog skull. The photos were taken with a Canon EOS 550D.



Slika 10: Kraniometrične meritve lobanje v kavdalni projekciji, lobanja psa. Fotografije so bile posnete s fotoaparatom Canon EOS 550D.

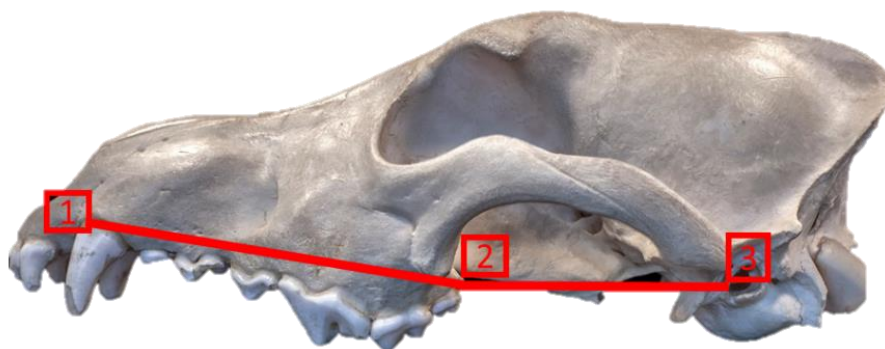
Figure 10: Craniometric measurements in caudal projection, dog skull. The photos were taken with a Canon EOS 550D.



Slika 11: Kraniometrične meritve v lateralni projekciji, lobanja psa. Fotografije so bile posnete s fotoaparatom Canon EOS 550D.

Figure 11: Craniometric measurements in lateral projection, dog skull. The photos were taken with a Canon EOS 550D.

Na fotografiranih lobanjah smo še določili tri oslonilne točke, da smo lahko opazovali kot, ki ga linija obraznega dela oblikuje z linijo podlage oz. horizontalne ravnine, in tako ugotavljali, ali lobanje izkazujejo dorzalno fleksijo obraza (aerorinhijo). Točke, ki definirajo kot med obraznim in možganskim delom lobanje, so (1) na rostralnem robu zobnice zgornječeljustničnega podočnika, (2) na kavdalnem robu zobnice zadnjega meljaka in (3) na ventralnem robu zunanje slušne odprtine. Točki (2) in (3) definirata horizontalno linijo. Izhodišče kota je v točki (2) (Slika 12).

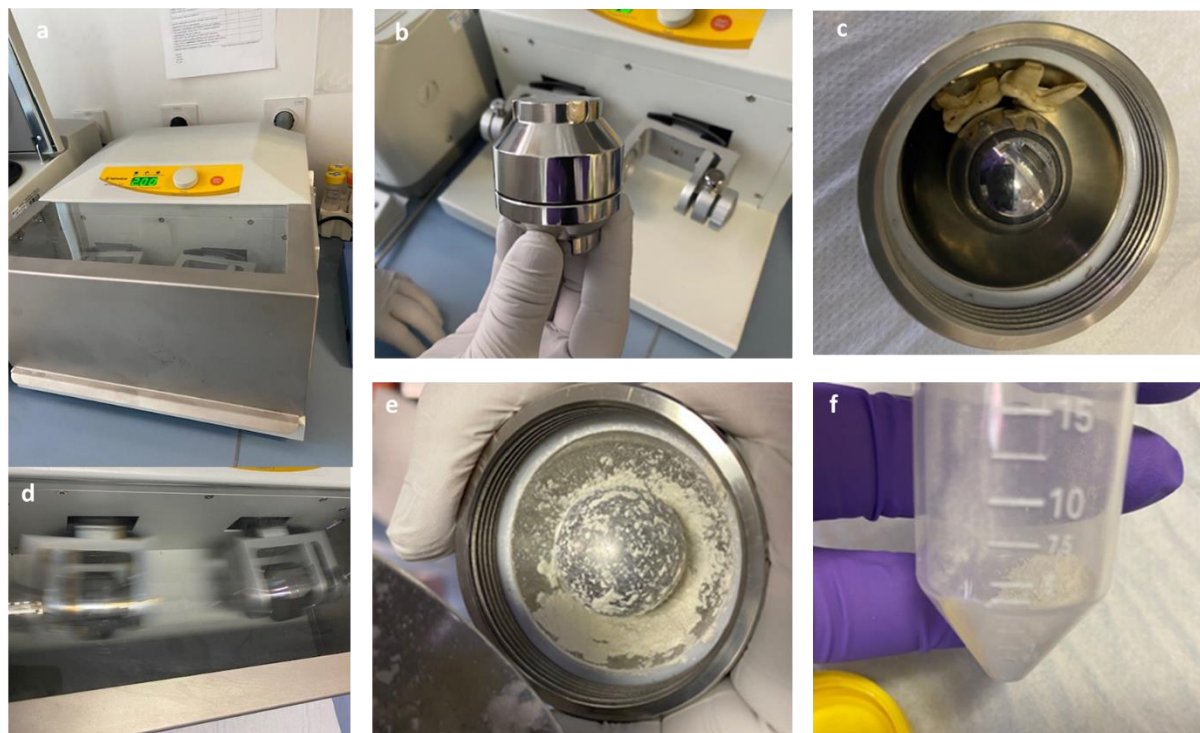


Slika 12: Oslonilne točke na lobanji za ugotavljanje stopnje aerorinhije.

Figure 12: Display of support points between the facial and cerebral parts of the skull for airorhynch measurements.

3.2.6 Drobljenje zob za pridobitev materiala za izolacijo skupne DNA z zoba

Za drobljenje zob, ki smo jih izpulili z dveh najdenih lobanj, smo uporabili Bead Beater192 homogenizator MillMix 20 (Tehtnica - Domel, Železniki, Slovenija) ter pripravili material po postopku, opisanem v Zupanič Pajnič in sod. (Zupanič Pajnič in sod., 2015). Drobilne krogle ter posodice (viale) za mletje smo pred uporabo očistili z 79 % alkoholom. Posamezni zob smo drobili 2 minuti pri frekvenci 300 Hz. Fini prah, ki je ključnega pomena za nadaljevanje postopka izolacije DNA, smo shranili v sterilnih epruvetah do nadaljnje ekstrakcije DNA. Posamezni deli postopka in homogenizator so prikazani na Sliki 13.



Slika 13: Drobljenje zob. (a) homogenizator, (b) viala za drobljenje, (c) viala z vzorcem zob, (d) premikanje vial v drobilcu s frekvenco 300 premikov/minuto, (e) prah vzorca po drobljenju, (f) shranjevanje prahu vzorca za nadaljnjo obdelavo.

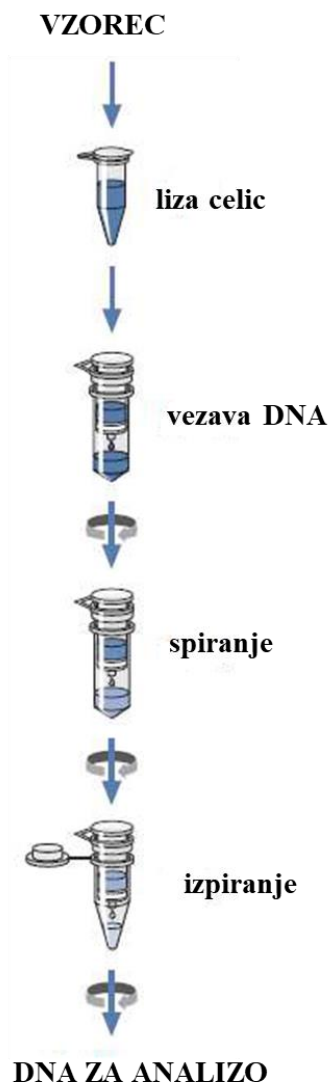
Figure 13: Demonstration of tooth crushing. (a) homogenizer, (b) crushing vessel, (c) container with teeth, (d) displacement of vessels in the crusher with a frequency of 300 movements/minute, (e) powder of a sample, (f) storage of powder for further processing.

3.2.7 Izolacija skupne DNA iz posameznih zob

Po spodaj opisanem protokolu (Slika 14) za izolacijo skupne DNA iz kosti in zobovja (Qiagen protokol) smo iz posameznih zob najdenih lobanj izolirali genomsko in mitohondrialno DNA.

Postopek centrifugiranja se je izvajal pri temperaturi 15 do 25 °C. Pri ekstrakciji DNA smo potrebovali destilirano vodo pri sobni temperaturi (15 – 25 °C). Najprej smo segreli inkubatorje, enega na 56 °C, drugega pa na 70 °C. Izpuljen zob smo nato z drobilnikom zmleli do belega prahu. Za izolacijo smo potrebovali 100 mg prahu zmletega zoba. Stresli smo ga v 1,5 ml mikrocentrifugirko in dodali 360 µl pufru ATL (pufer za lizo celic) in 20 µl proteinaze K. Mešanico smo inkubirali čez noč pri temperaturi 56 °C. Naslednji dan smo epruveto nežno centrifugirali, da smo odstranili kapljice iz stene epruvete. V epruveto smo dodali 300 µl pufru AL (pufer za lizo celic) in zaprto postavili za 10 sekund na mešalo, da je raztopina postala homogena. Homogeniziranje je ključnega pomena za zagotavljanje liziranja celic. Epruveto

smo nato 10 minut stresali pri 70 °C, v centrifugi, na 900 obratih na minuto. Sledilo je 1 minutno centrifugiranje vzorca pri polni hitrosti (20,000 x g; 14,000 obratov na minuto). Supernatant smo nato previdno prenesli v novo 1,5 ml mikrocentrifugirko. Supernatantu smo dodali 150 µl 96 – 100 % etanola in vorteksirali 15 sekund, saj je tudi pri tem koraku zelo pomembna popolna homogenizacija vzorca. Ponovno je sledilo kratko centrifugiranje vzorca, z namenom odstranitve kapljic vsebine iz stene in pokrovčka epruvete. Vsebino (lizat) smo nato previdno prenesli na QIAamp MinElute kolono, ki smo jo postavili v 2 ml epruvetko. Vzorec smo nato centrifugirali 1 minuto na 6000 x g (800 obratov na minuto). Kolono QIAamp MinElute smo nato prenesli v čisto 2 ml zbirno epruveto, ostalo pa zavrgli. V naslednjem koraku smo dodali 600 µl Pufra AW1 (pufer za spiranje) in nato centrifugirali 1 minuto pri 6000 x g (8000 obratov na minuto). QIAamp MinElute kolono smo prenesli v čisto 2 ml zbirno epruveto, ostalo pa zavrgli. Nato smo na kolono dodali 700 µl pufra AW2 (pufer za spiranje), in nato centrifugirali 1 minuto pri 6000 x g (8000 obratov na minuto). QIAamp MinElute kolono smo prenesli v čisto 2 ml zbirno epruveto, ostalo pa zavrgli. Na kolono smo dodali 700 µl etanola (96 – 100%) in centrifugirali 1 minuto 6000 x g (8000 obratov na minuto). QIAamp MinElute kolono smo prenesli v čisto 2 ml zbirno epruveto, ostalo pa zavrgli. Nato smo centrifugirali 3 minute pri polni hitrosti (20,000 x g; 14,000 obratov na minuto), da smo popolnoma posušili membrano. S tem smo preprečili vpliv ostanka etanola. QIAamp MinElute kolono smo nato prenesli v čisto 1,5 ml mikrocentrifugirko in 10 minut inkubirali na sobni temperaturi 15 – 25 °C. Nato smo dodali 20 – 50 µl destilirane vode na sobni temperaturi na sredino membrane in inkubirali na sobni temperaturi 1 minuto in nato 1 minuto centrifugirali pri polni hitrosti (20,000 x g; 14,000 obratov na minuto).



Slika 14: Glavni koraki izolacije DNA iz vzorca (zoba) (povzeto po protokol Qiagen).

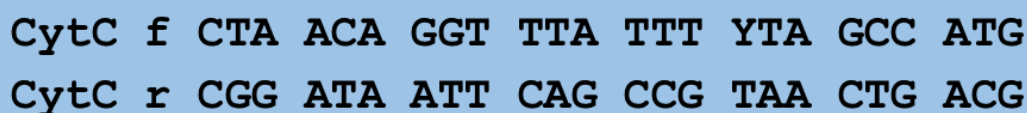
Figure 14: Main steps in DNA isolation from a sample (tooth) (adopted from Qiagen protocol).

3.2.8 Speciacija vzorcev

Za molekularne označevalce za identifikacijo vrst je pomembno, da so vrstno specifični. Največkrat uporabljeni molekularni označevalci za identifikacijo vrst so CYTb (citokrom b) na mitochondrialni DNA (mtDNA), gen GH (rastni hormon; iz angl. growth hormon), uporabljajo pa se tudi mikrosateliti, in sicer razlike v njihovem nukleotidnem zaporedju. Med bolj zanesljivimi označevalci je gen CYTb na mitochondrialni DNA, predvsem zaradi velikega števila mtDNA v eni celici, kar omogoča, da je možno določiti vrsto tudi iz zelo razgrajenega vzorca. Pri takih vzorcih ni možno določiti genov iz jedrne DNA, kar pa zaradi velikega števila

kopij v eni celici ne velja za mtDNA. S specifičnimi začetnimi oligonukleotidi, ki se prilegajo na ohranjene regije pri vretenčarjih, pomnožimo variabilni odsek gena. Variabilni del pomnoženega gena CYPb vsebuje posamezne polimorfizme značilne za posamezno vrsto.

Vrsto iz vzorca kosti smo želeli ovrednotiti z določitvijo za vrsto specifičnih polimorfizmov na genu citokrom b (*Cyt b*) mitohondrijske DNA (Mayer in sod., 1995). V mešanici oligonukleotidnih začetnikov CYTb1 in CYTb2 (0,5 ul vsakega na reakcijo), PCR Platinum supermix (Invitrogen – mešanica polimeraze Taq, MgCl, pufra in dNTP 12,5 ul na reakcijo) ter dodanega preiskovanega vzorca (1 ul na reakcijo) smo z verižno reakcijo s polimerazo (iz angl. Polymerase Chain Reaction – PCR) pomnožili specifične produkte PCR.



CytC f CTA ACA GGT TTA TTT YTA GCC ATG
CytC r CGG ATA ATT CAG CCG TAA CTG ACG

Slika 15: Oligonuklotidna začetnika za pomnoževanje vrstno specifičnega odseka na genu *CYTb*.

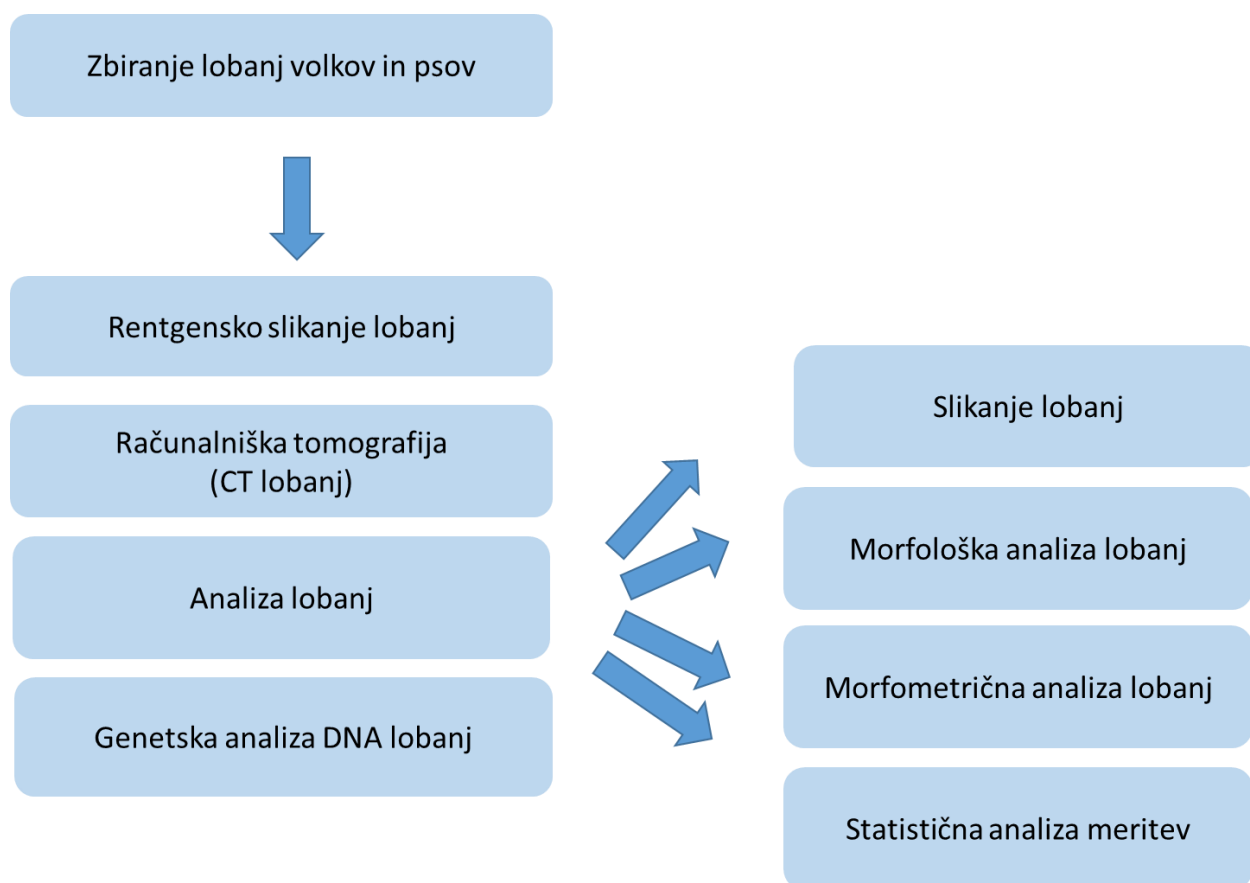
Figure 15: Oligonucleotide primers for amplification for section-specific species on the *CYTb* gene.

3.2.9 Sekvenčna reakcija

Produktu PCR smo določili nukleotidno zaporedje s sekvenčno reakcijo. Produkt PCR smo dodali mešanici Big Dye Terminator mix (2 ul), pufra (4 ul), enega od specifičnih oligonukleotidnih začetnikov in vode. V mešanici Big Dye Terminator mix je bila polimeraza Taq, dNTP (deoksinukleotidfosfat), fluorescenčno označeni ddNTP (dideoksinukleotidfosfat – rdeča – ddTNP, zelena – ddATP, rumena – ddGTP in modra – ddCTP). Po končani sekvenčni reakciji smo produkte očistili nevezanih dNTP in fluorescenčno označenih ddNTP in jih ločili v avtomatskem sekvenatorju SeqStudio – štirikanalni kapilarni elektroforezi, rezultate nukleotidnih zaporedij pa vzporedili s podatki na svetovnem spletu National centre for Biotechnology Information (NCBI).

3.3.10 Statistična obdelava podatkov

Rezultate analiz smo statistično obdelali s programom Graph Pad Prism, različica 8.0.2. Podatki so grafično prikazani, srednje vrednosti so navedene kot povprečje (aritmetična sredina) s standardno napako (SEM). Pred statistično analizo je bila normalnost porazdelitve podatkov potrjena s testom D'Agostino & Pearson. Za ugotavljanje statistično značilnih razlik med lobanjami volkov in psov smo uporabili neparni Studentov t-test z dvorepo porazdelitvijo. Statistične razlike smo prikazali na grafih z različnim številom zvezdic, ki kažejo na statistično značilnost rezultatov, in sicer: * = p vrednost $< 0,01$; ** = p vrednost $< 0,001$, *** = p vrednost $< 0,002$ in **** = p vrednost $< 0,0001$.



Slika 16: Eksperimentalni potek raziskovalne naloge.

Figure 16: Experimental course of research work.

4 REZULTATI

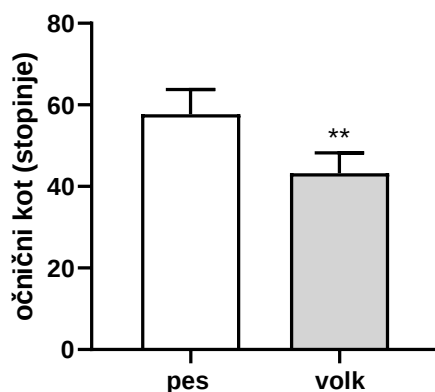
4.1. PRIMERJAVA MORFOLOŠKIH ZNAČILNOSTI PASJIH IN VOLČJIH LOBANJ

V prvem delu naloge smo proučevali morfološke značilnosti pasjih in volčjih lobanj in jih med seboj primerjali. Nekatere smo povezali tudi z morfometričnimi meritvami. Med opazovanjem in fotografiranjem smo se osredotočili na nekatere značilnosti, omenjene v pregledanih virih, nato pa smo se lotili proučevanja lobanj s pomočjo geometrijske morfometrije.

4.1.1 Morfologija in morfometrija očničnega kota

Opazovali smo lobanje brez mandibule, ki so bile nameščene v vodoravni ravnini in postavljene simetrično. Tako smo na vzorčnih lobanjah ob primerjanju obeh očničnih kotov, lahko opazili tudi najmanjše asimetrije in v splošnem ugotovili, da lobanje niso popolnoma simetrične. Digitalne slike so bile posnete s fotoaparatom Canon EOS 550D na dodatni osvetlitvi.

Najprej je bila na vrhu lobanje narisana vodoravna (horizontalna) črta kot prvi krak kota. Poševna črta, ki omejuje očnični kot, pa je bila narisana kot prikazuje Slika 17. Opazovanja so bila narejena obojestransko. Opazili smo, da je kot pri volčjih lobanjah manjši. Ko smo kot izmerili, smo ugotovili, da je bil kot v povprečju pri psih velik 58° in 43° pri volkovih. Meritve očničnega kota so se statistično značilno razlikovale pri p vrednosti 0,003 (** = p vrednost < 0,001) (Graf 1). Izmerjeni koti med levo in desno polovico lobanje so si bili podobni in med njimi nismo opazili statistično značilnih razlik.



Graf 1: Očnični kot. Meritev očničnega kota na lobanjah psov in volkov.

Graph 1: Orbital angle. Measurement of orbital angle in dog and wolf skulls.

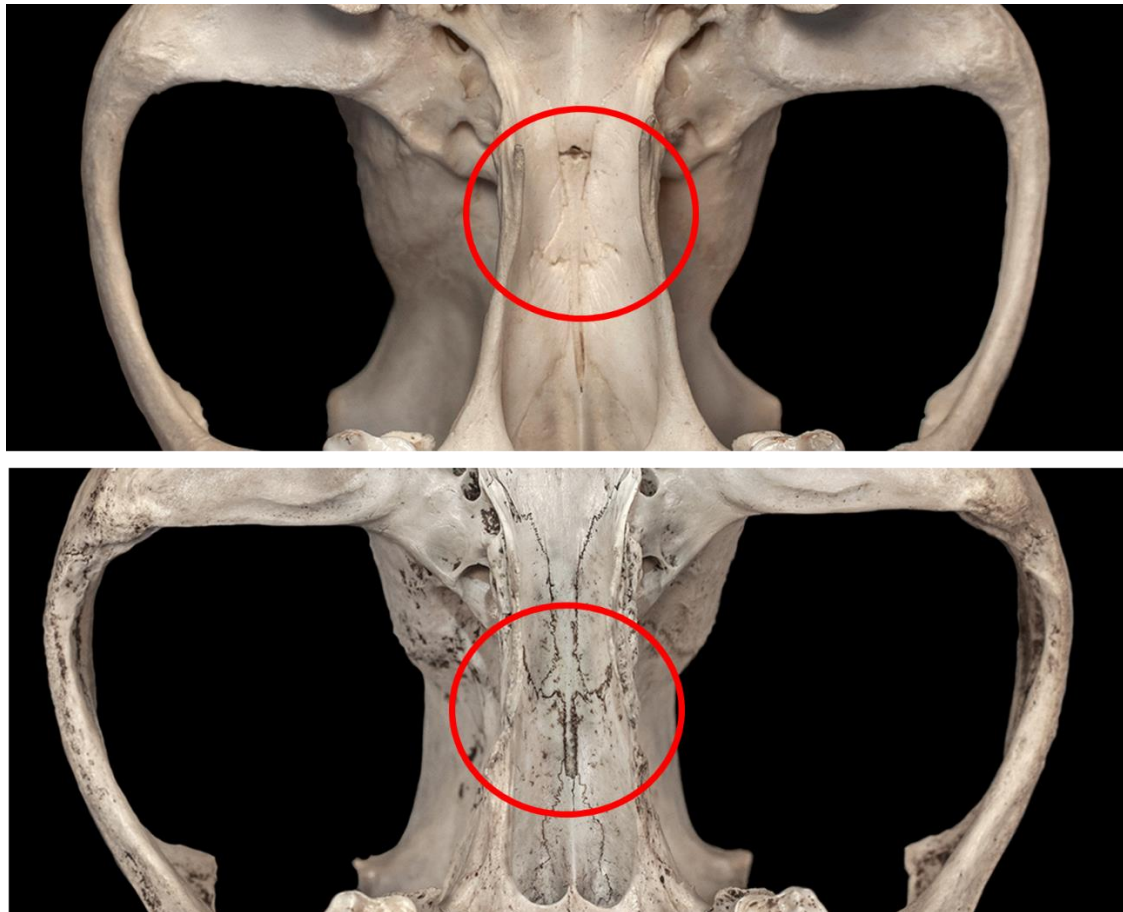


Slika 17: Očnični kot pri pasji in volčji lobanji. (a) Vodoravna (horizontalna) črta, ki povezuje vrhova čelnice, je en krak kota, drugi poševni krak kota pa predstavlja povezavo med ličnim podaljškom čelnice in čelnim podaljškom ličnice, stičišče obeh krakov predstavlja vrh očničnega kota. (b) Očnični kot pri pasji (levo) in volčji (desno) lobanji.

Figure 17: Orbital angle in dog and wolf skull. (a) The horizontal line on the top of the frontal bones represents the first leg of the angle and the second oblique leg of the angle represents the second leg of the angle bounding the orbital angle. (b) Orbital angle in dog skull (left) and wolf skull (right).

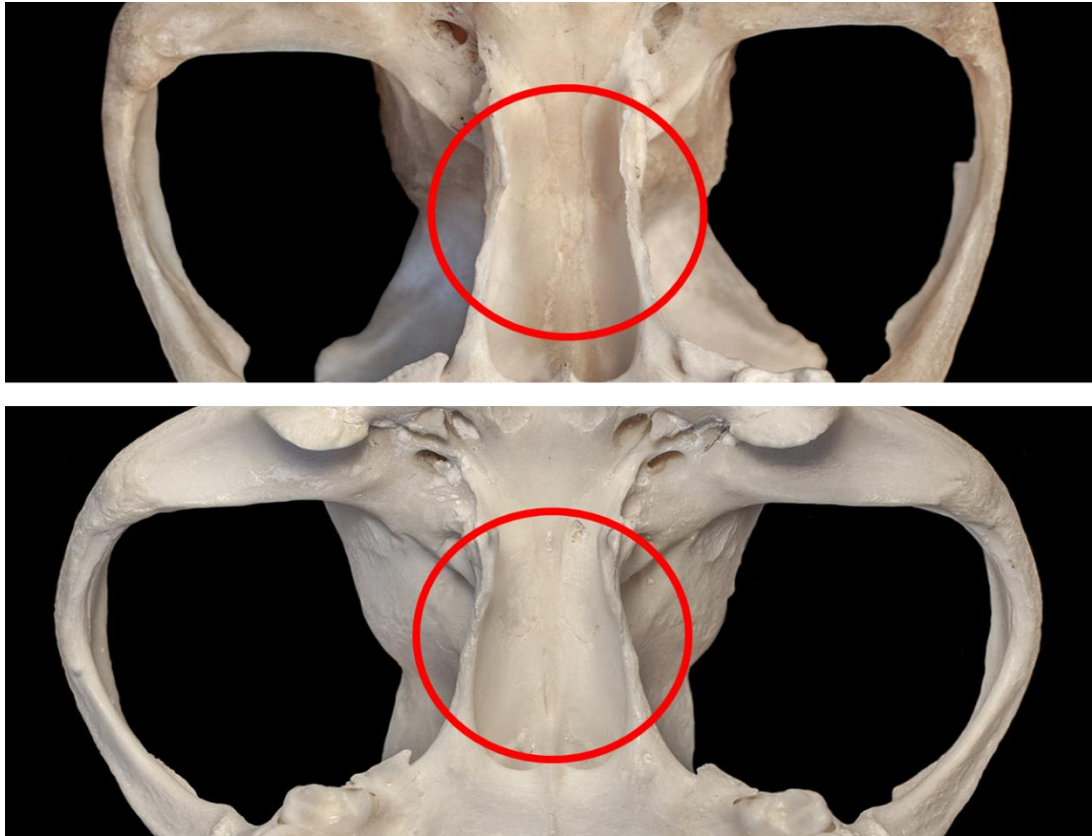
4.1.2 Oblika telesa sprednje zagozdnice

Sprednja zagozdница in osnovna zagozdница ležita ena za drugo. Osnovna je sestavljena iz medialno ležečega telesa in lateralno usmerjenih kril. Pri volčjih lobanjah smo ugotovili, da ima telo sprednje zagozdnice dve simetrični stranski razširitvi, ki sta po obliki podobni moljevim krilom (Slika 18). Pri pasjih lobanjah pa te, za volka značilne, oblike nismo opazili. Telo sprednje zagozdnice je pri njih v obliki lancete oz. črke Y (Slika 19).



Slika 18: Telo sprednje zagozdnice pri volku v obliki moljevih kril. Telo sprednje zagozdnice v obliki moljevih kril je označeno z rdečim krogom.

Figure 18: Moth shaped basal corpus of the praesphenoid bone in wolf. Moth shaped basal corpus of the praesphenoid bone in wolf is shown in red circle.

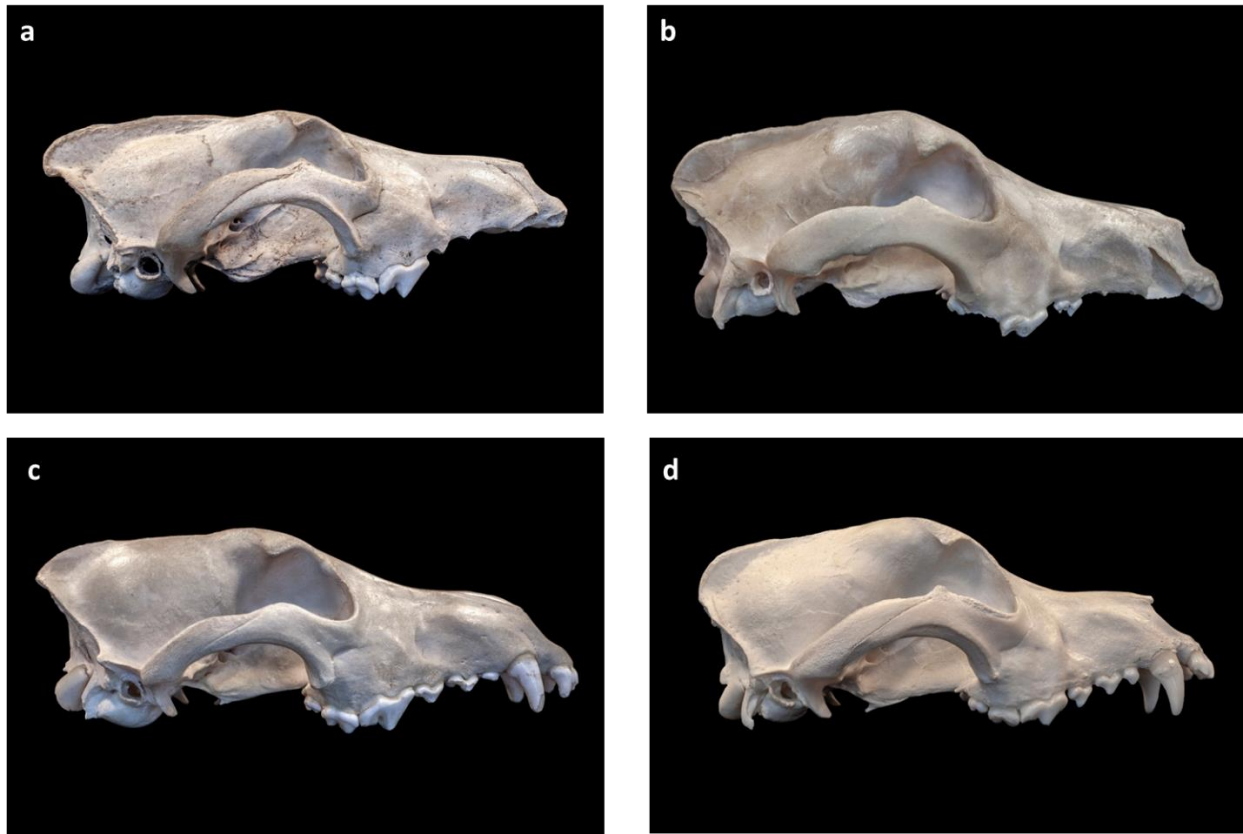


Slika 19: Telo sprednje zagozdnice pri psu v obliki lancete. Telo sprednje zagozdnice v obliki lancete je označeno z rdečim krogom.

Figure 19: Lancet-shaped shaped basal corpus of the praesphenoid bone in dog. Lancet-shaped basal corpus of the praesphenoid bone in dog is shown in red circle.

4.1.3 Aerorinhija

Aerorinhija (dorzalna fleksija obraza) je dvig podočnikov od podlage, ki nakazuje na dvig lobanje v sprednjem delu, ko je lobanja postavljena na podlago z ventralno stranjo, opazujemo pa jo od strani. Volčji lobanji na Sliki 20a in 20c izkazujeta večji kot v primerjavi s slikama pasje lobanje na Sliki 20b in 20d.



Slika 20: Aerorinhija pasjih (a, c) in volčjih (b, d) lobanj.

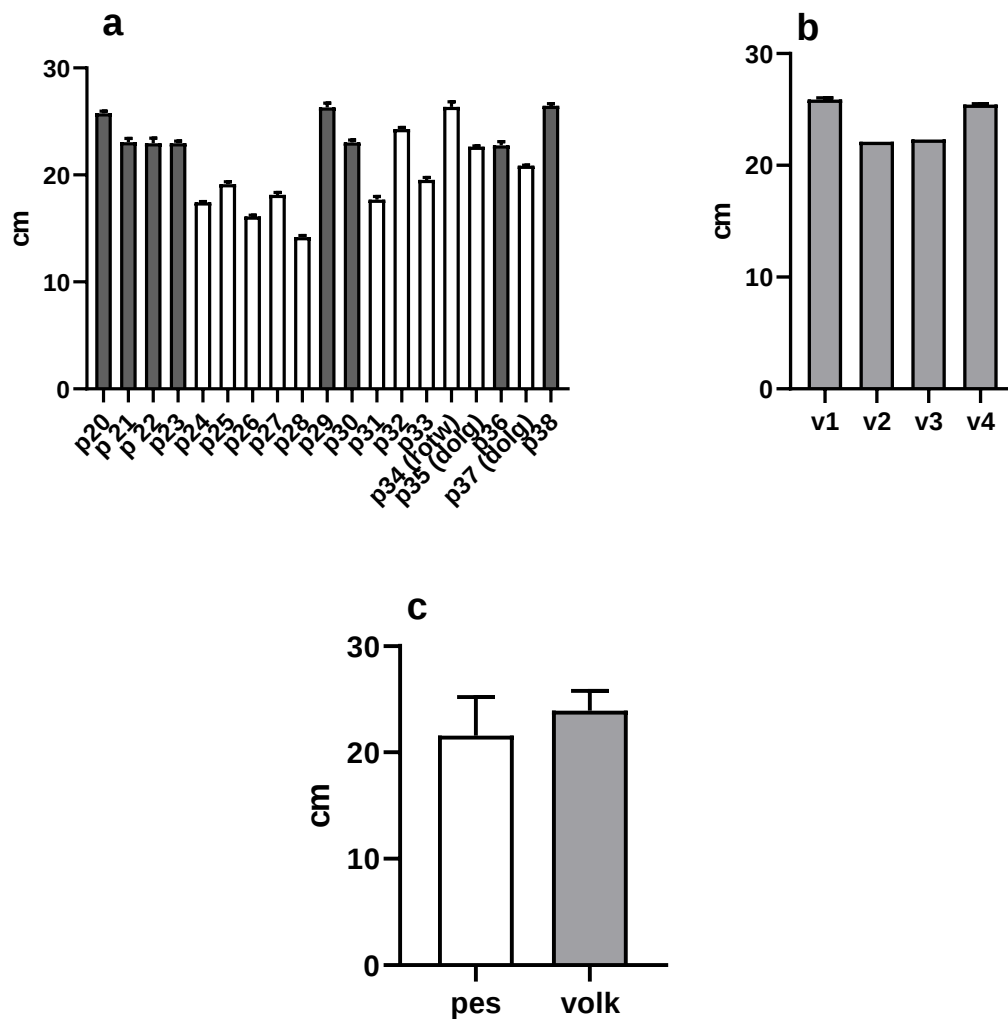
Figure 20: Airorhynchia on canine (a, c) and wolf skulls (b, d).

4.2. KRANIOMETRIJA

Izmerili smo 19 pasjih lobanj, od katerih so nekatere pripadale psom, ki so manj tipični primerki mezocefaličnih pasem. Osem pasjih lobanj, najbolj značilnih za to skupino, smo na grafih označili z drugo barvo. Meritve pri volkovih so bile opravljene na 4 lobanjah.

4.2.1 Celotna dolžina lobanje

Pri meritvi celotne dolžine lobanj od akrokraniona (A) do prostiona (P) s pomočjo analize z neparnim Studentovim t–testom z dvorepo porazdelitvijo nismo opazili statistično značilnih razlik. Pasje lobanje so bile v povprečju (21,6 cm) krajše od volčjih (23,9 cm) (Graf 2).

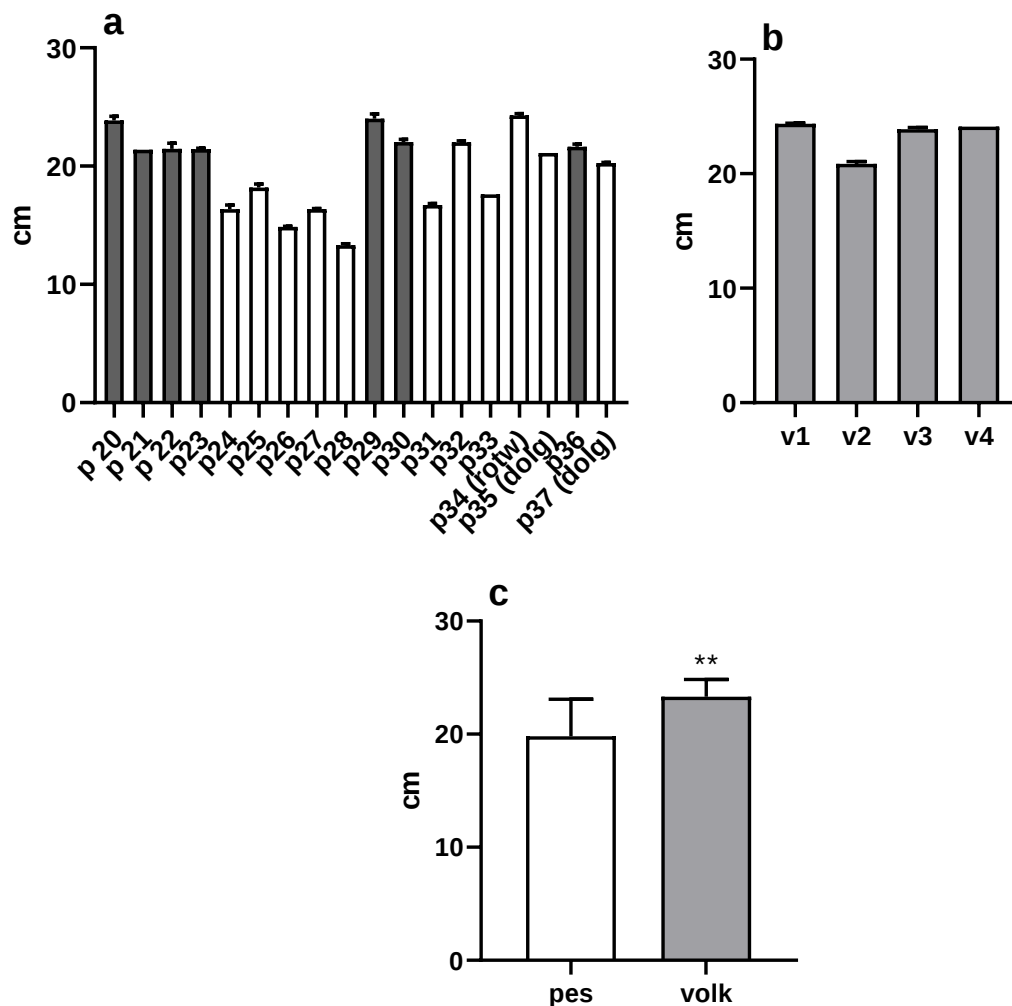


Graf 2: Celotna dolžina pasjih (a) in volčjih (b) lobanj ter primerjava povprečij med vrstama (c). Temno sivi stolpci označujejo tipične predstavnike mezocfalčnih pasem.

Graph 2: Total length of dog skulls (a), wolf skulls (b) and comparison of average values between species (c). Dark grey bars indicate typical representatives of mesocephalic breeds.

4.2.2 Kondilobazalna dolžina

Meritev kondilobazilarne dolžine lobanj od kavdalne meje zatilničnih kondilov do prostiona, je bila opravljena na 18 pasjih lobanjah in 4 volčjih lobanjah. Kondilobazilarna dolžina lobanj je bila v povprečju pri psih dolga 19,8 cm, pri volčjih lobanjah pa 23,3 cm. Meritve kondilobazilarne dolžine so se tako statistično značilno razlikovale pri p vrednosti 0,0056 (** = p vrednost < 0,001) (Graf 3).

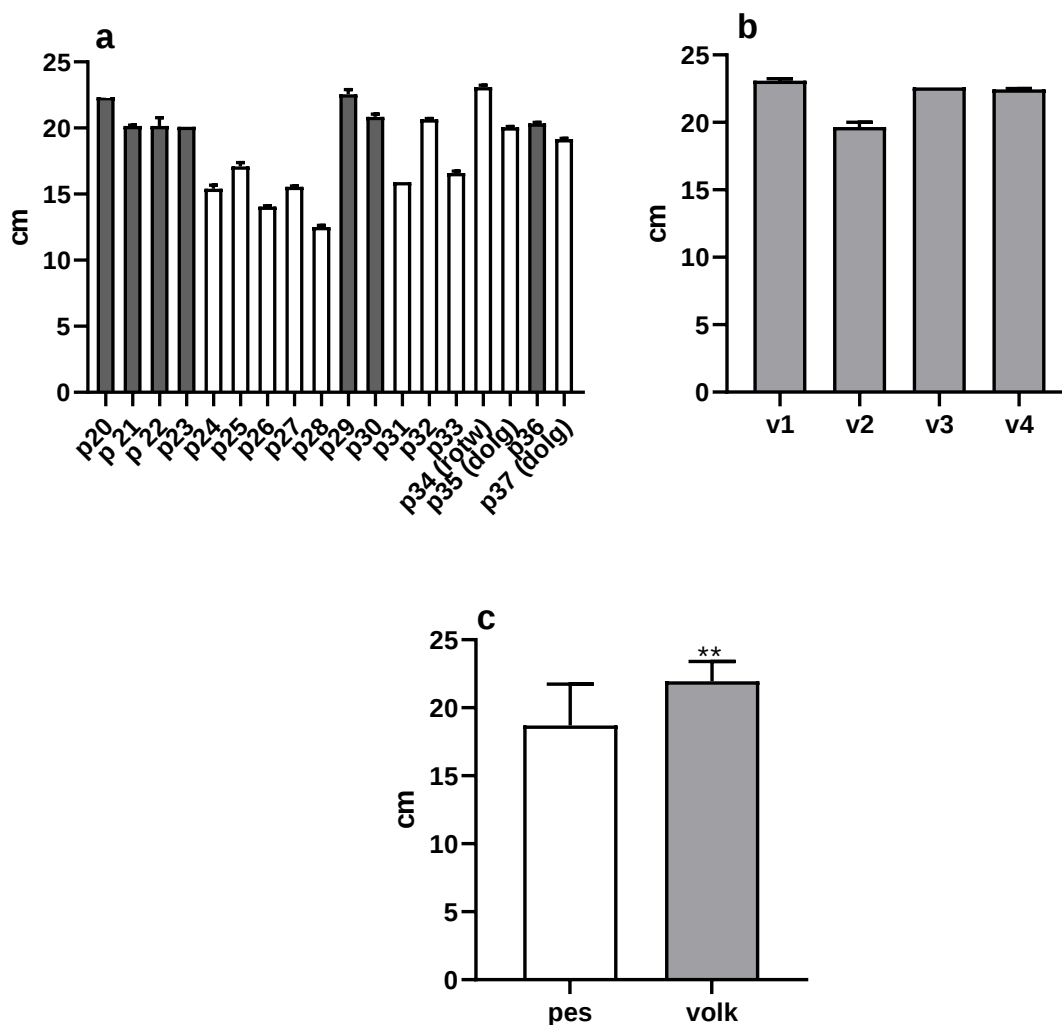


Graf 3: Kondilobazalna dolžina. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 3: Condylobasal length. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.3 Bazalna dolžina lobanje

Meritev bazalne dolžine lobanj med bazionom (B) in prostionom (P) smo opravili na 18 pasjih in 4 volčjih lobanjah. V povprečju je bila pri psih dolga 18,7 cm, pri volčjih pa znatno daljša, 22 cm. Meritve pri pasjih in volčjih lobanjah so se tako statistično značilno razlikovale pri p vrednosti 0,0057 (** = p vrednost < 0,001) (Graf 4).

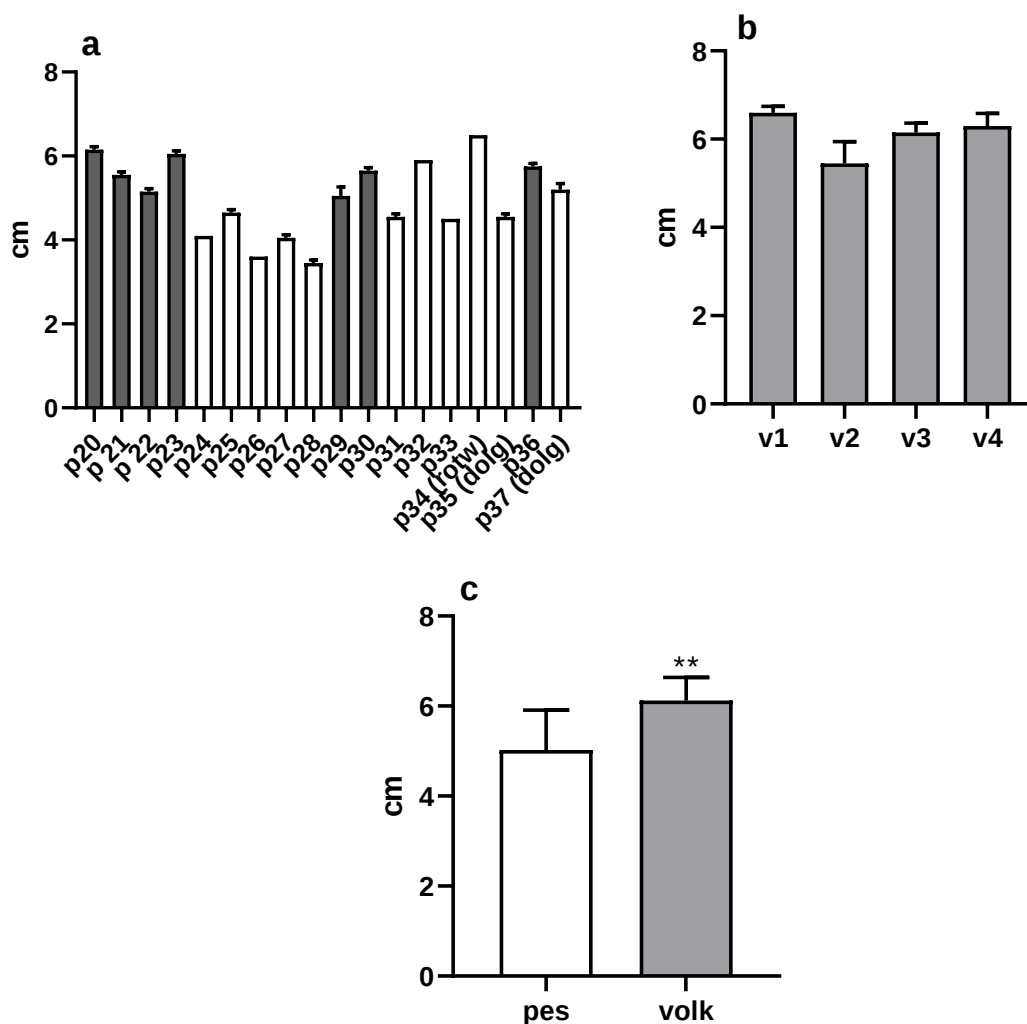


Graf 4: Bazalna dolžina. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocéfaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 4: Basal length. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.4 Bazokranialna os

Meritev dolžine bazokranialne osi lobanj od baziona do sinsfeniona smo opravili na 18 pasjih in 4 volčjih lobanjah. Bazokranialna os med točkama B (bazion) in S (sinsphenion) je bila v povprečju pri psih dolga 5 cm, pri volčjih lobanjah pa 6,2 cm, kar predstavlja statistično značilno razliko pri p vrednosti 0,0016 (** = p vrednost < 0,001) (Graf 5).

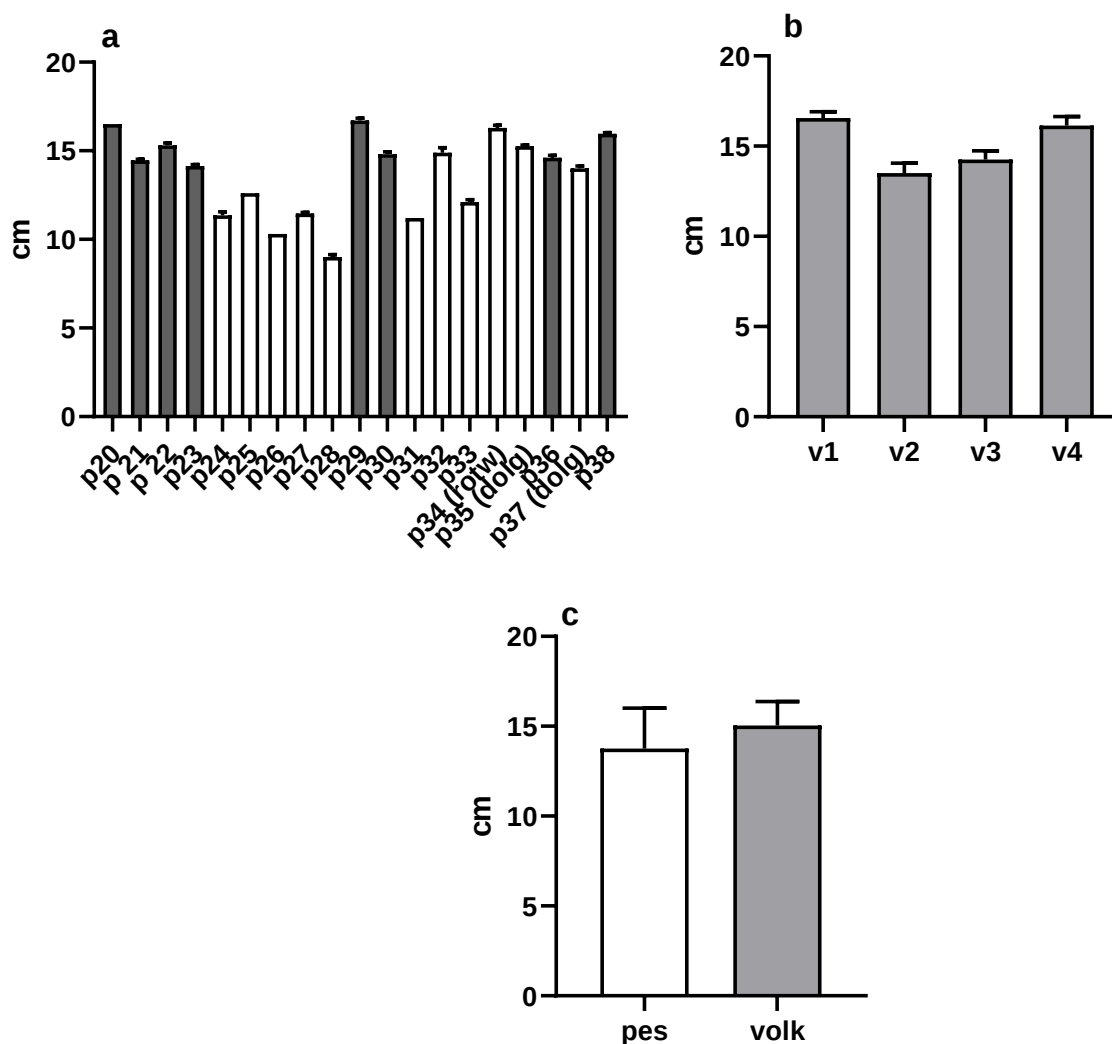


Graf 5: Dolžina bazokranialne osi od B do S. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 5: Basicranial axis length fom B to S. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.5 Bazofacialna os

Dolžina bazofacialne osi med točkama S (sinsfenion) in P (prostion) je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 13,75 cm, pri volčjih lobanjah pa 15 cm. Med izmerjenimi lobanjami s pomočjo neparnega Studentovega t–testa z dvorepo porazdelitvijo nismo opazili statistično značilnih razlik (Graf 6).

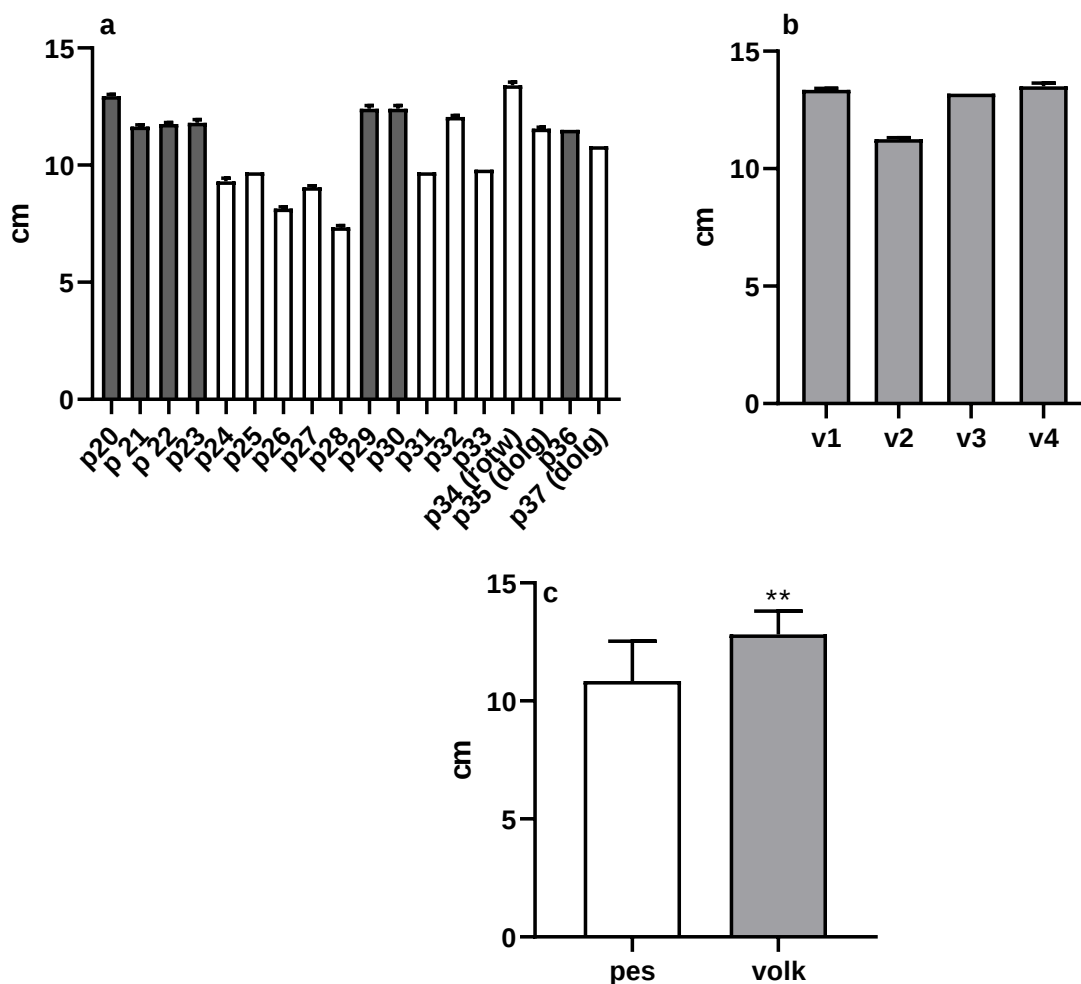


Graf 6: Dolžina bazofacialne osi. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – mezocefalične pasme), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 6: Basofacial axis length. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.6 Dolžina nevrokranija

Meritev dolžine nevrokranija od baziona do naziona je bila opravljena na 18 pasjih lobanjah in 4 volčjih lobanjah. Dolžina nevrokranija med točkama B (bazion) in N (nazion) je bila v povprečju pri psih dolga 10,8 cm, pri volčjih lobanjah pa 8,8 cm, kar je statistično značilno pri p vrednosti 0,0028 (** = p vrednost < 0,001) (Graf 7).

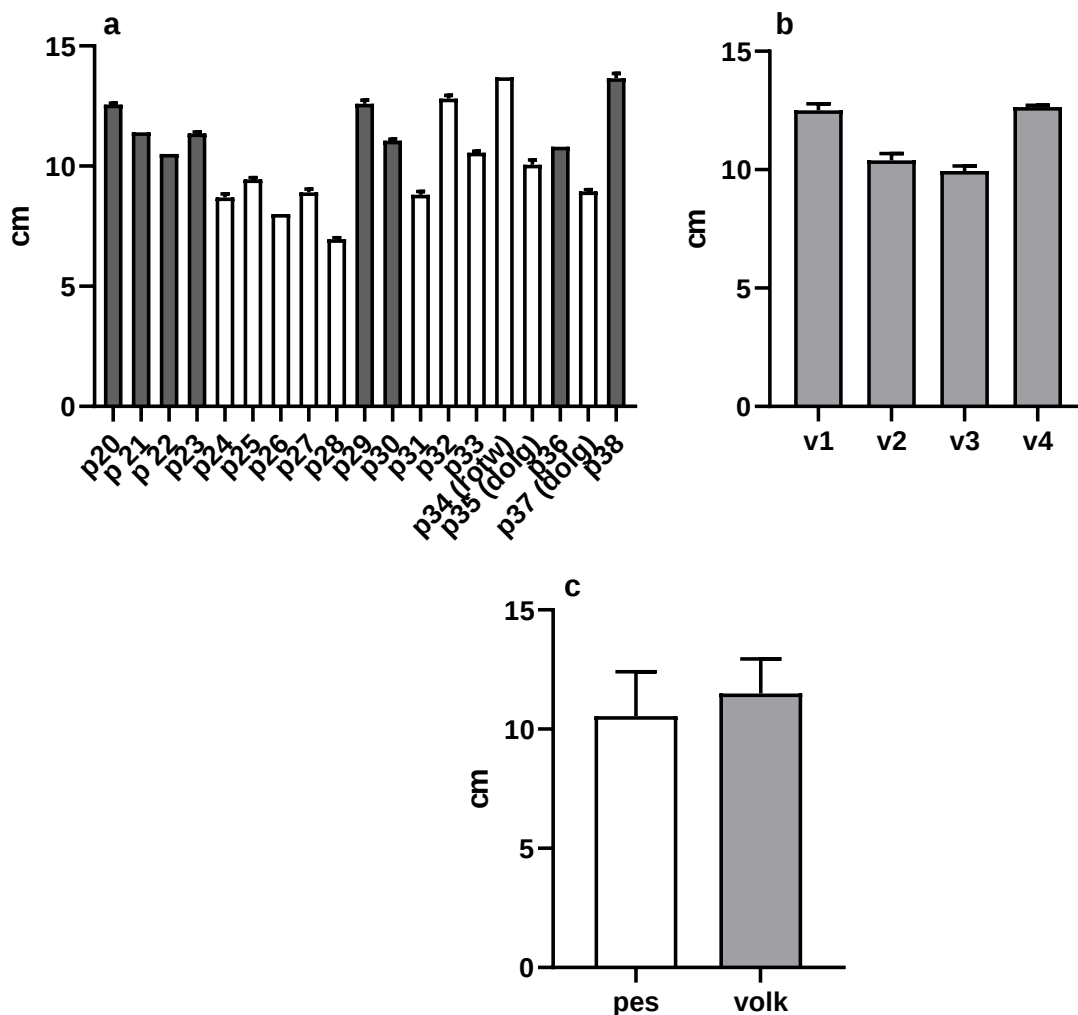


Graf 7: Dolžine nevrokranija od B do N. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 7: Neurocranium length from B to N. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.7 Zgornja dolžina nevrokranija

Zgornja dolžina nevrokranija od točke A (akrokranion) do točke F (sredinska točka čelnice), je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 10,5 cm, pri volčjih lobanjah pa 1,5 cm. Neparni Studentov t-test z dvorepo porazdelitvijo ni pokazal statistično značilnih razlik (Graf 8).

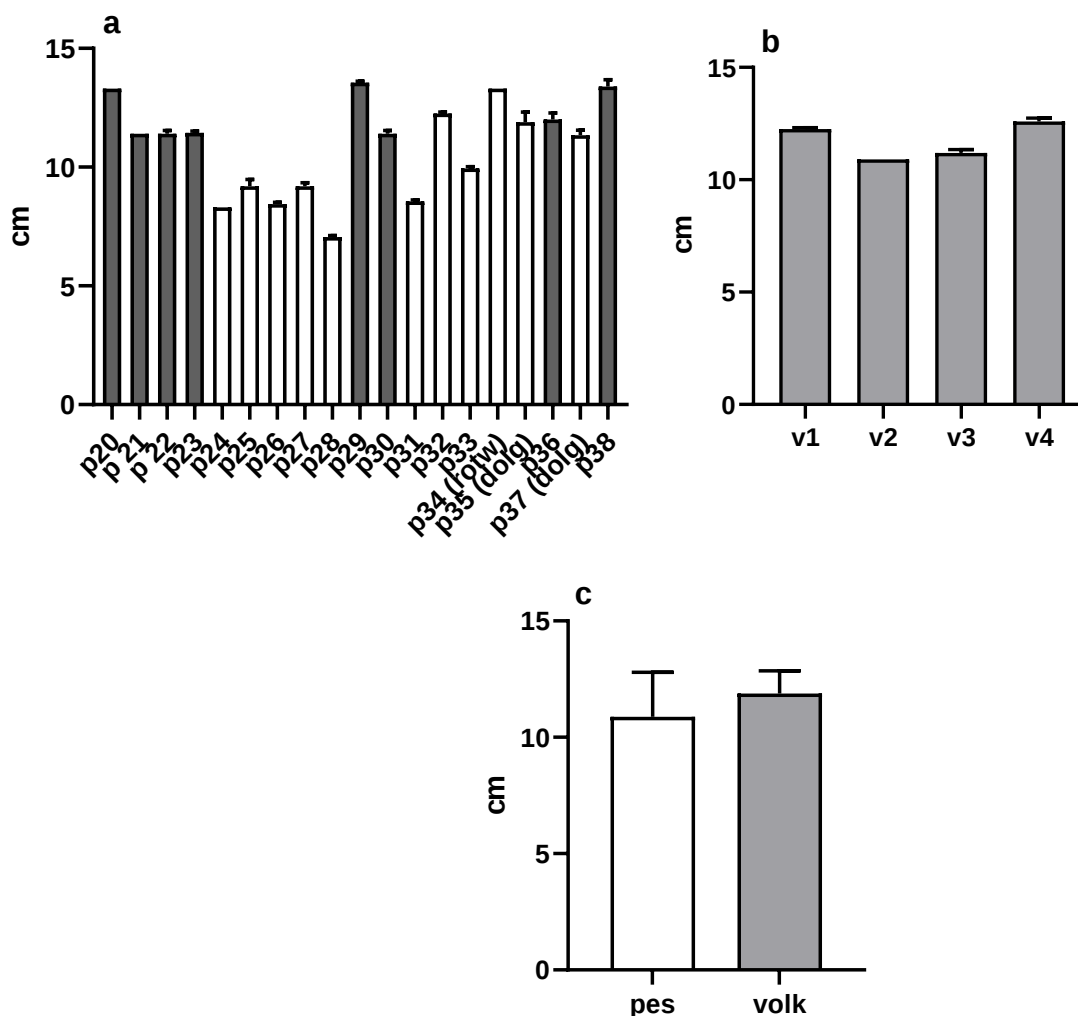


Graf 8: Zgornja dolžina nevrokranija od A do F. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 8: Upper neurocranium lenght from A to F. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.8 Dolžina viscerokranija

Bazalna dolžina viscerokranija, merjena od točke N (nazion) do P (prostion), je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 10,9 cm, pri volčjih lobanjah pa 11,8 cm. Med izmerjenimi lobanjami s pomočjo neparnega Studentovega t–testa z dvorepo porazdelitvijo nismo opazili statistično značilnih razlik (Graf 9).

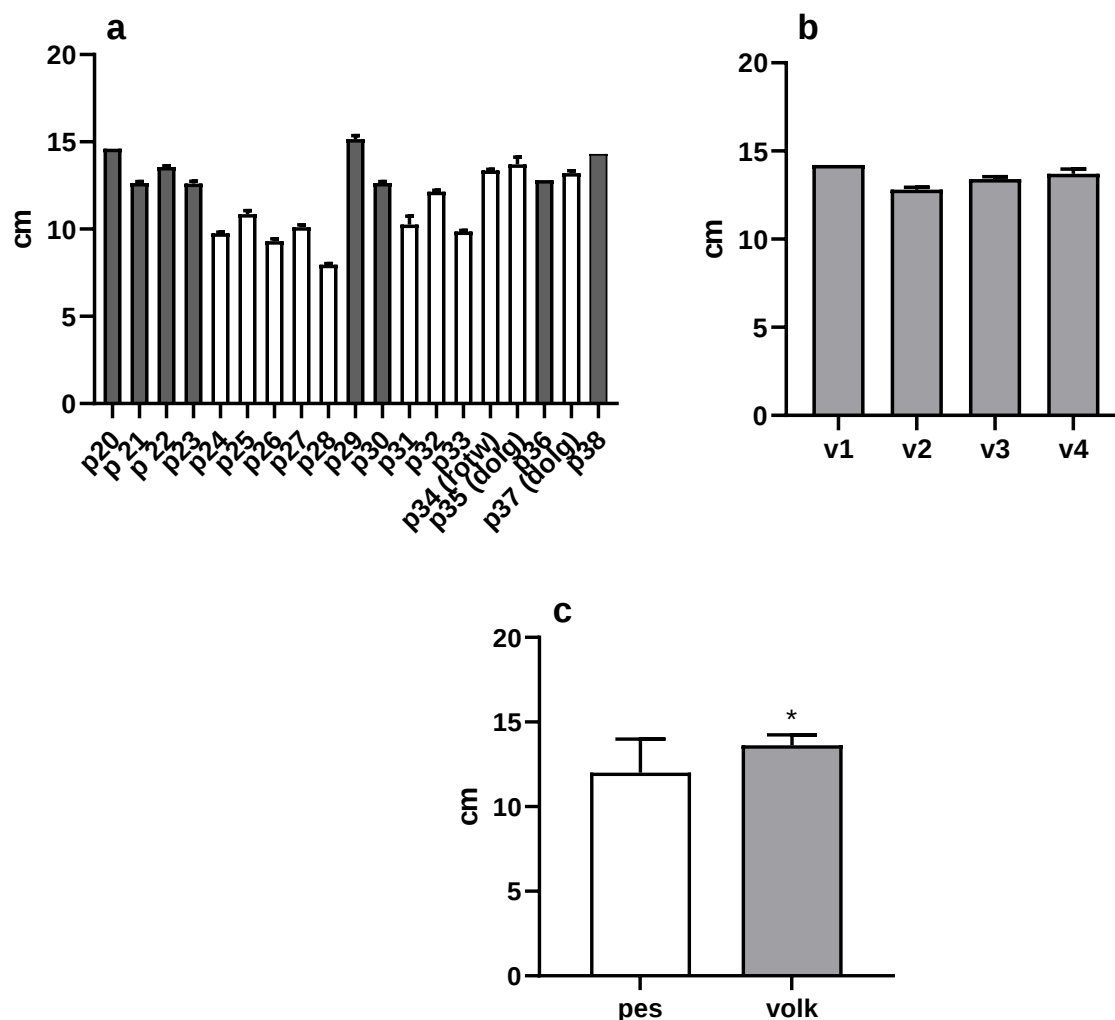


Graf 9: Dolžina viscerokranija od N do P. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem psov), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 9: Viscerocranial length from N to P. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.9 Dolžina obraznega dela lobanje

Dolžina obraznega dela lobanje, merjena od sredinske točke čelnice do prostiona (P), je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 12 cm, pri volčjih lobanjah pa 13,6 cm. Meritvi sta se tako statistično značilno razlikovali pri p vrednosti 0,0105 (* = p vrednost < 0,01) (Graf 10).

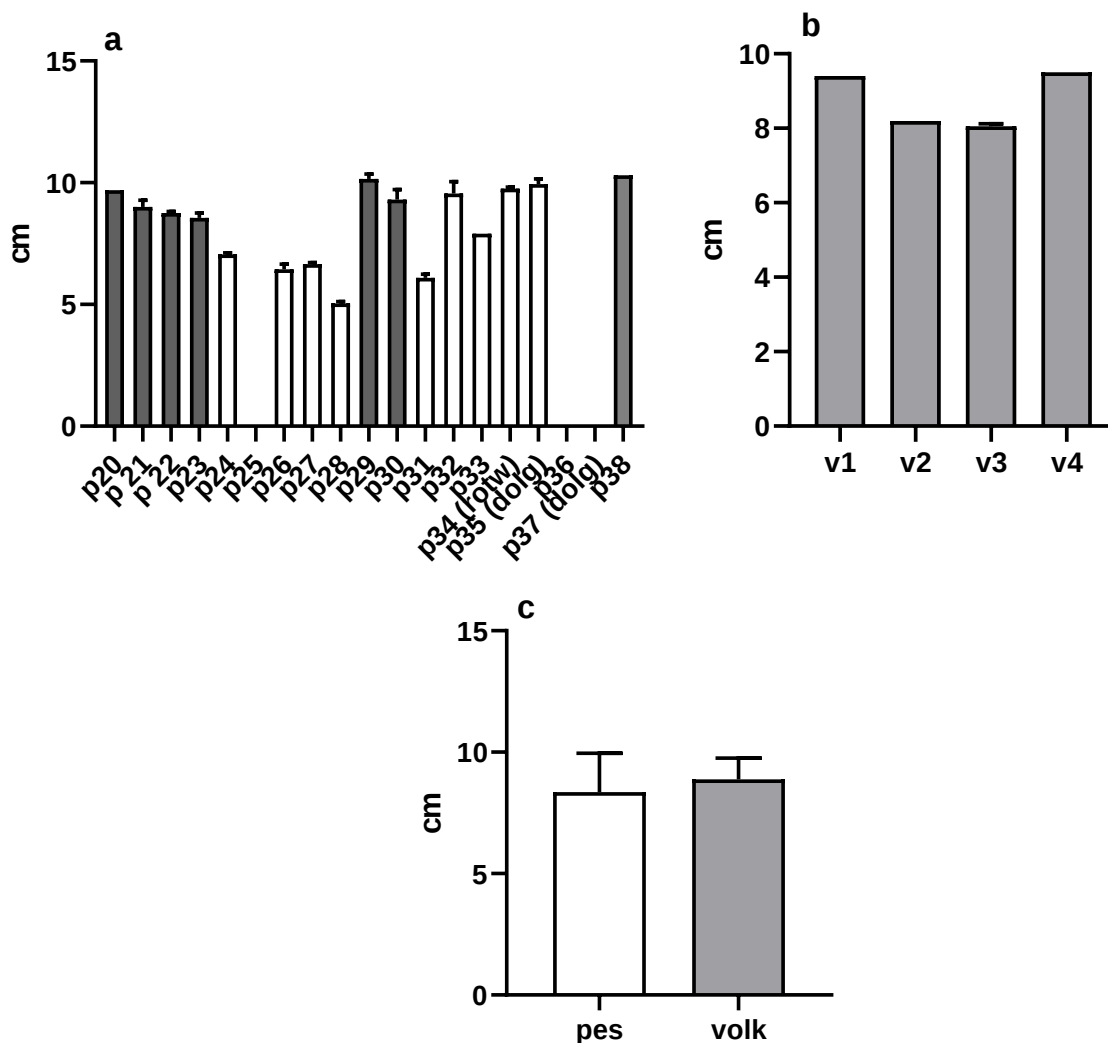


Graf 10: Dolžina obraznega dela lobanje od F do P. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem psov), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 10: Facial length from F to P. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.10 Največja dolžina vzdolž nosnih kosti

Meritev je bila opravljena na 16 pasjih lobanjah in 4 volčjih lobanjah. Razdalja od naziona (N) do riniona (R) je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 8,4 cm, pri volčjih lobanjah pa 8,8 cm. Med izmerjenimi lobanjami s pomočjo neparnega Studentovega t–testa z dvorepo porazdelitvijo nismo opazili statistično značilnih razlik (Graf 11).

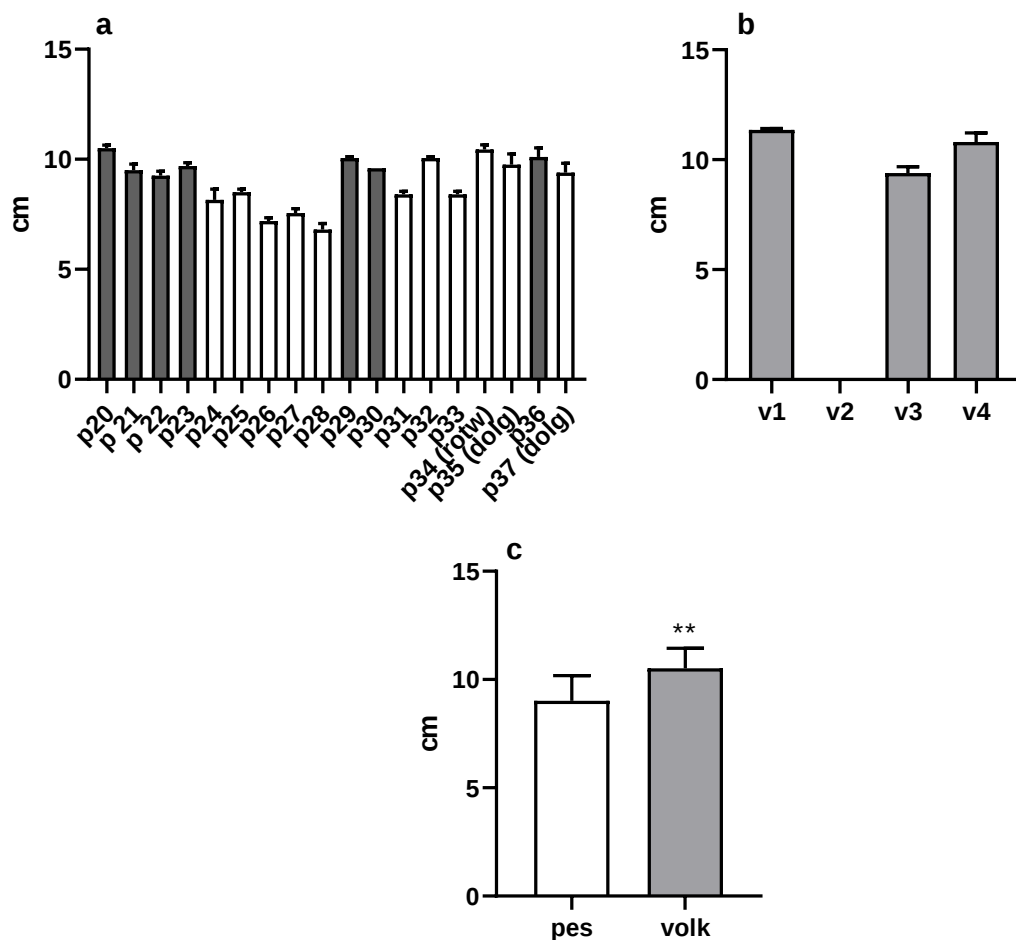


Graf 11: Največja dolžina vzdolž nosnih kosti od N do R. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem psov), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 11: Greatest length of the nasals from N to R. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.11 Dolžina možganske kletke

Merjenje dolžine možganske kletke je bilo opravljeno na 18 pasjih lobanjah in 3 volčjih lobanjah s kljunastim merilom, od velike odprtine, do sitaste plošče. Dolžina možganske kletke je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 9 cm, pri volčjih lobanjah pa 10,5 cm ter sta se tako statistično značilno razlikovali pri p vrednosti 0,0048 (** = p vrednost < 0,001) (Graf 12).

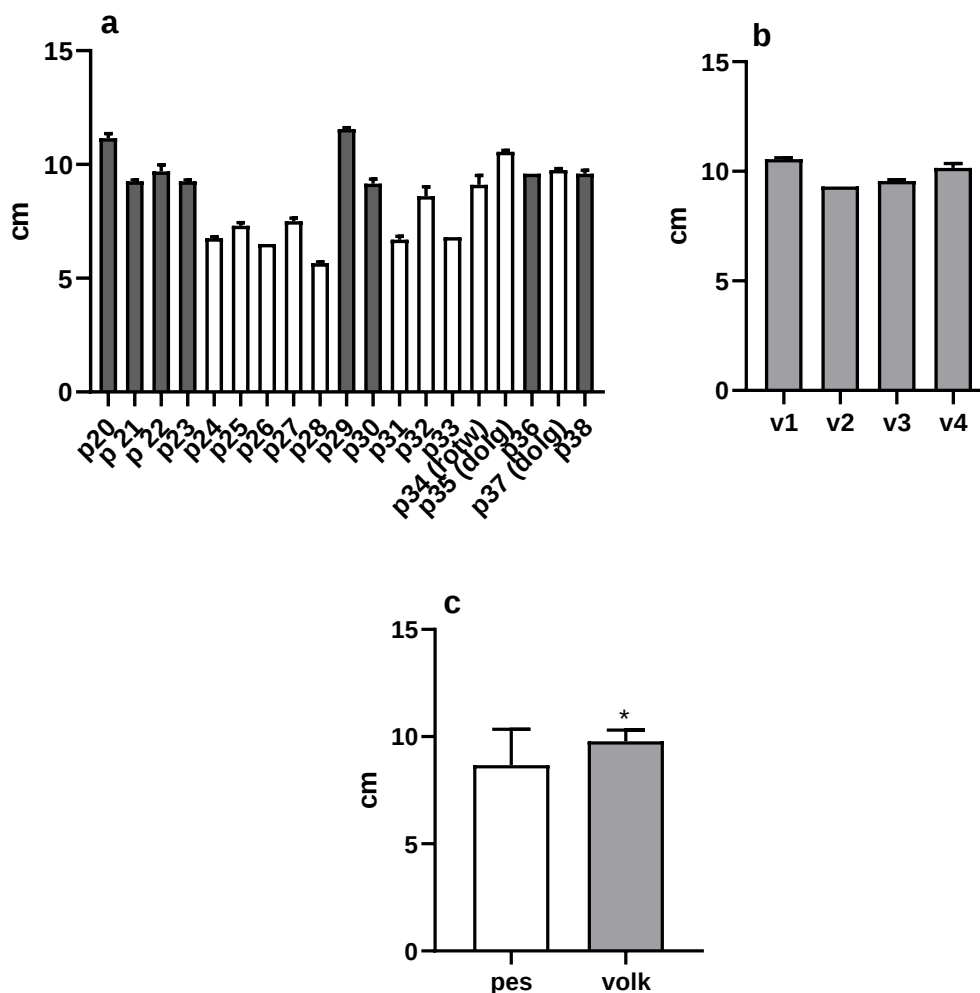


Graf 12: Dolžina možganske kletke. Meritev je mogoče izvesti le v primeru ohranjene sitaste plošče. Meritev je bila izvedena s pomočjo ožjega dela kljunastega merila, vstavljenega skozi *foramen magnum*, do konca kribriformne plošče. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem psov), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 12: Length of braincase. The measurement can only be performed in the case of a preserved cribriform plate. The measurement was performed using the narrower part of the beak scale inserted through the *foramen magnum* to the end of the cribriform plate. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.12 Dolžina »gobca«

Dolžina »gobca« od medialnega dela ustne meje orbit do prostiona (P) je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 8,7 cm, pri volčjih lobanjah pa 9,8 cm. Meritvi sta se statistično značilno razlikovali pri p vrednosti 0,03 (* = p vrednost < 0,01) (Graf 13).

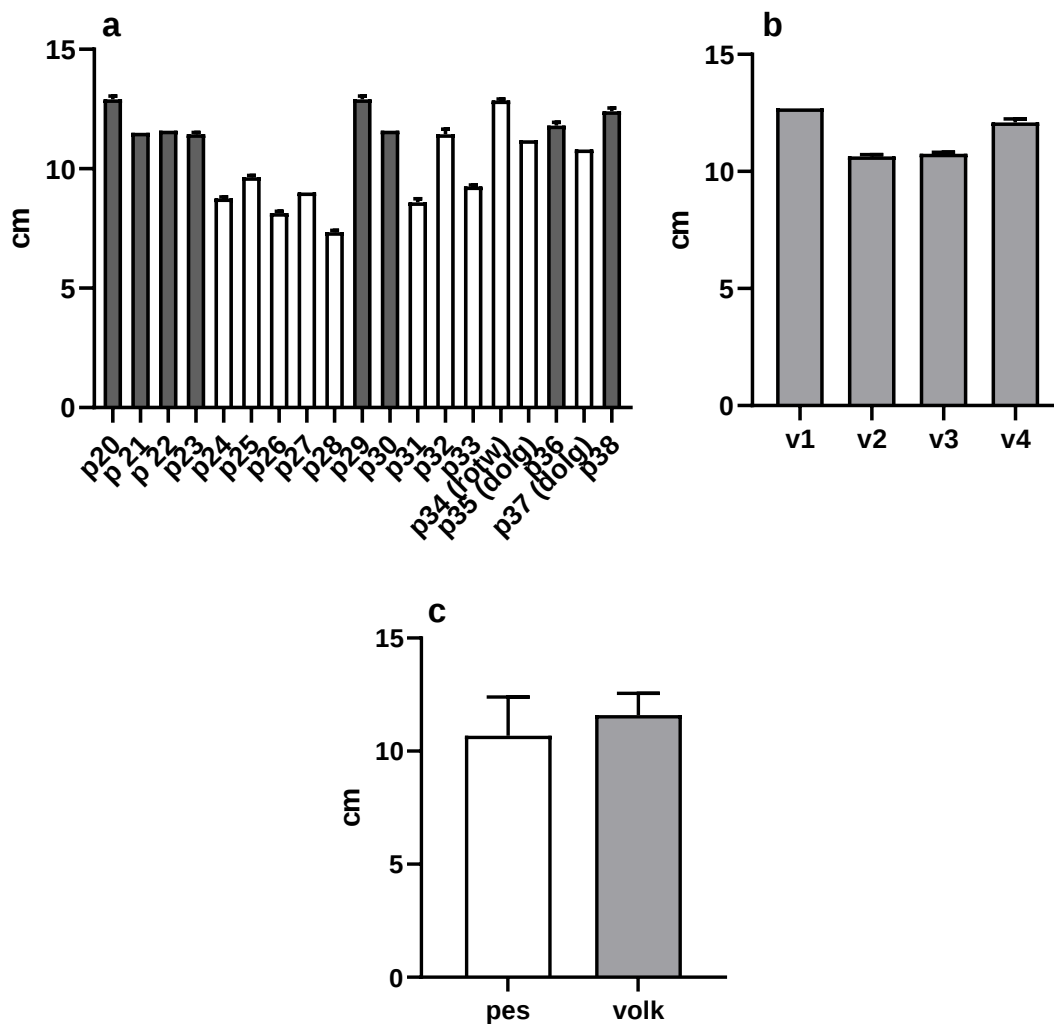


Graf 13: Dolžina »gobca«. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem psov), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 13: »Snouth« length. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.13 Medialna dolžina neba

Največja medialna dolžina neba, merjena od stafiliona (St) do prostiona (P), je bila v povprečju pri pasjih lobanjah 10,7 cm, pri volčjih lobanjah pa 11,6 cm. Med izmerjenimi lobanjami s pomočjo neparnega Studentovega t–testa z dvorepo porazdelitvijo nismo opazili statistično značilnih razlik (Graf 14).

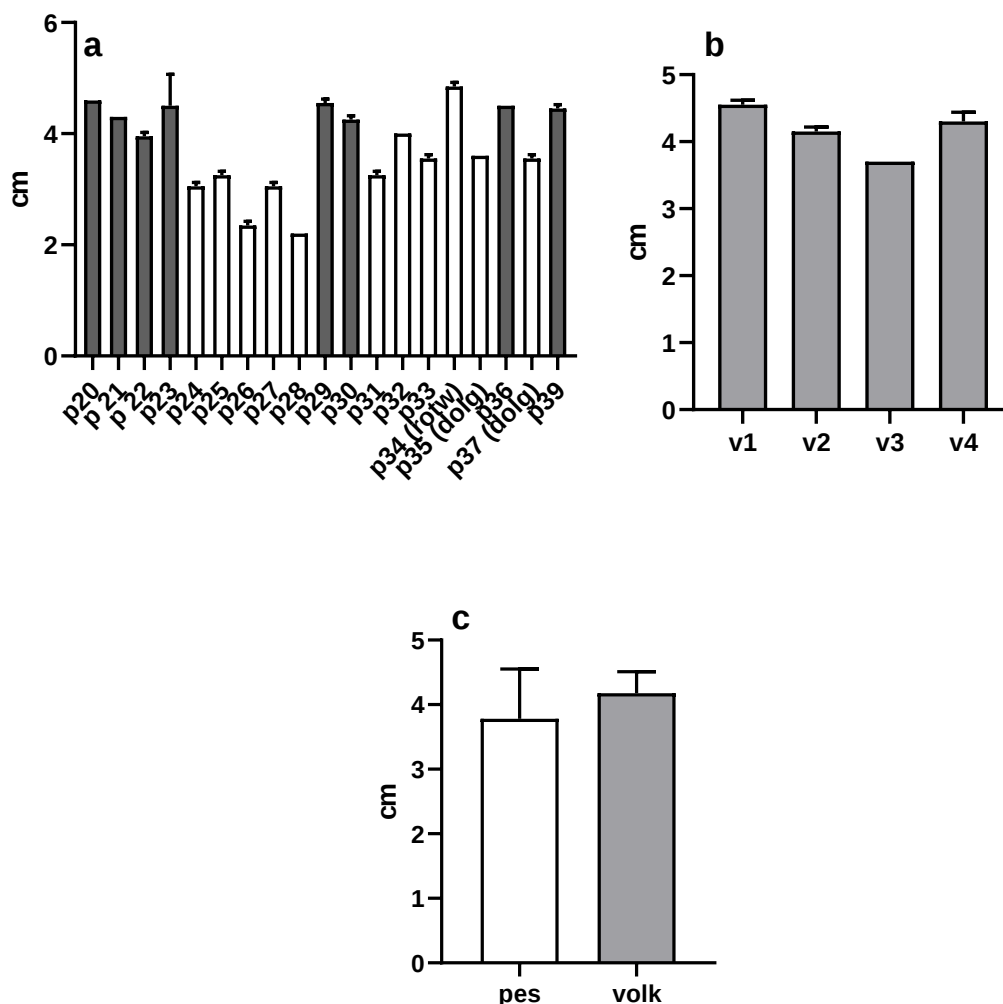


Graf 14: Medialna dolžina neba od St do P. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem psov), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 14: Medial palatal length from S to P. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.14 Horizontalni del nebnice

Dolžina horizontalnega dela nebnice, merjena od stafilionona (St) do točke P (palatinoorale), je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 3,8 cm, pri volčjih lobanjah pa 4,2 cm. Med izmerjenimi lobanjami s pomočjo neparnega Studentovega t–testa z dvorepo porazdelitvijo nismo opazili statistično značilnih razlik (Graf 15).

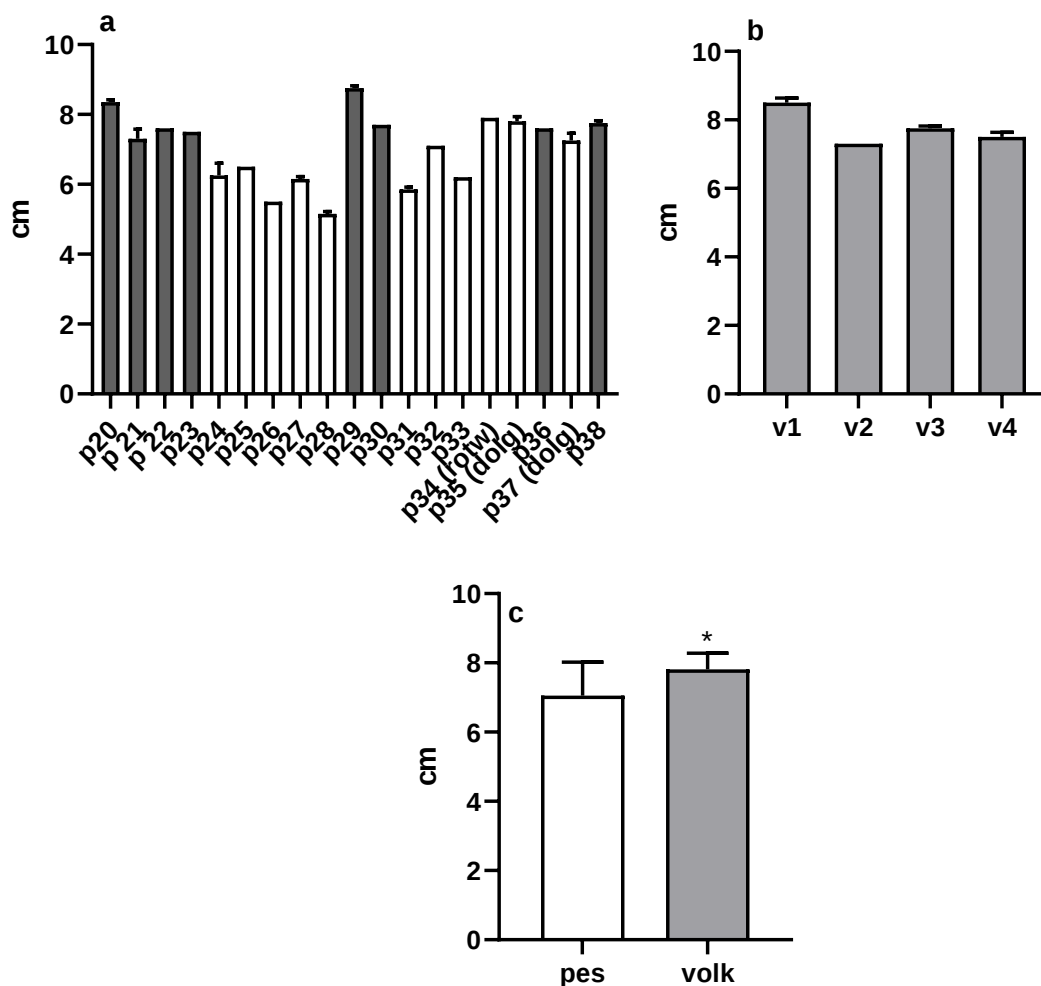


Graf 15: Horizontalni del nebice. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem psov), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 15: Length of the horizontal part of the palatine. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.15 Dolžina ličniške vrste

Skupna dolžina ličniške vrste, merjene vzdolž zobnic na lični strani, je znašala pri pasjih lobanjah 7 cm, pri volčjih lobanjah pa 7,8 cm. Razlika je statistično značilna pri p vrednosti 0,0169 (* = p vrednost < 0,01) (Graf 16).

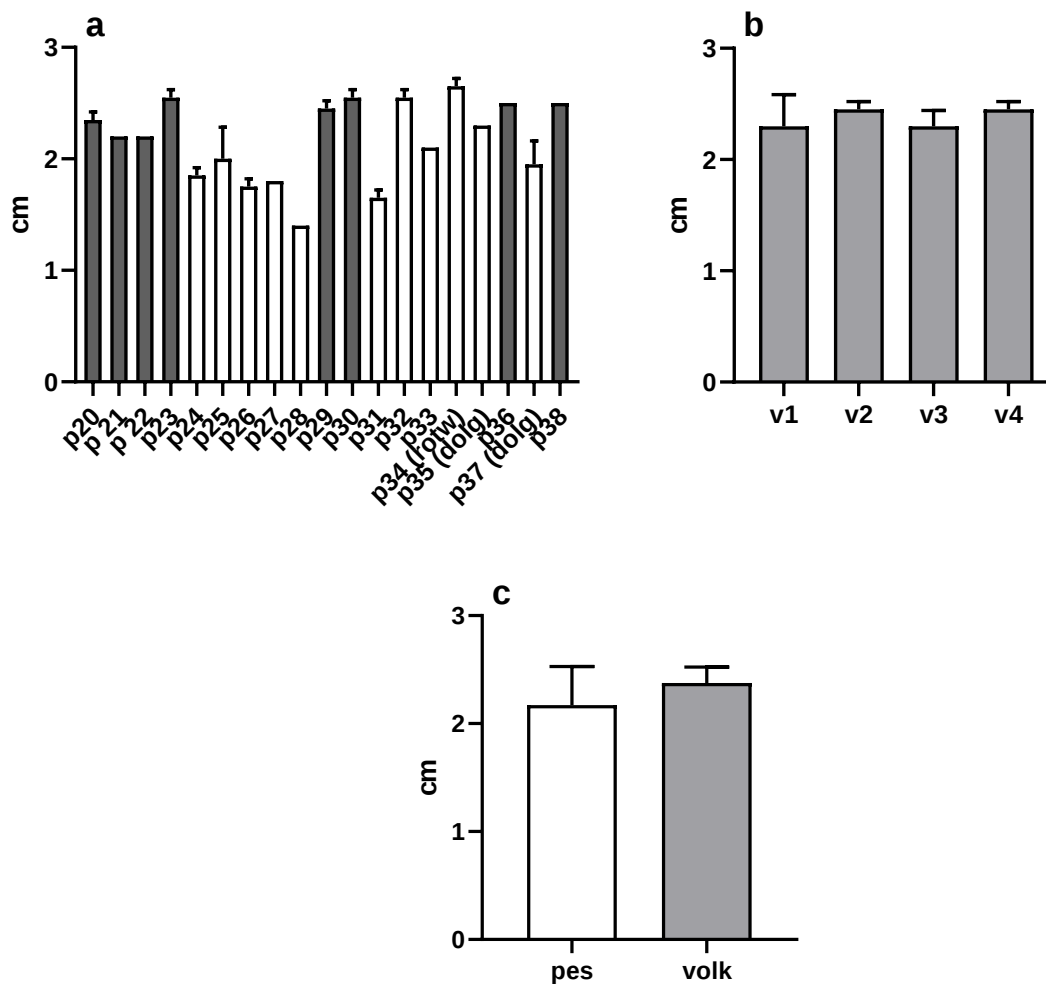


Graf 16: Skupna dolžina ličniške vrste vzdolž zobnic na lični strani. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 16: Length of the cheektooth row, measured along the alveoli on the buccal side. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dogs), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.16 Dolžina kočniške vrste

Skupna dolžina kočniške vrste, merjene vzdolž zobnic na lični strani, je bila pri pasjih lobanjah povprečno dolga 2,2 cm, pri volčjih lobanjah pa 2,4 cm. Studentov t-test z dvorepo porazdelitvijo ni pokazal statistično značilnih razlik (Graf 17).

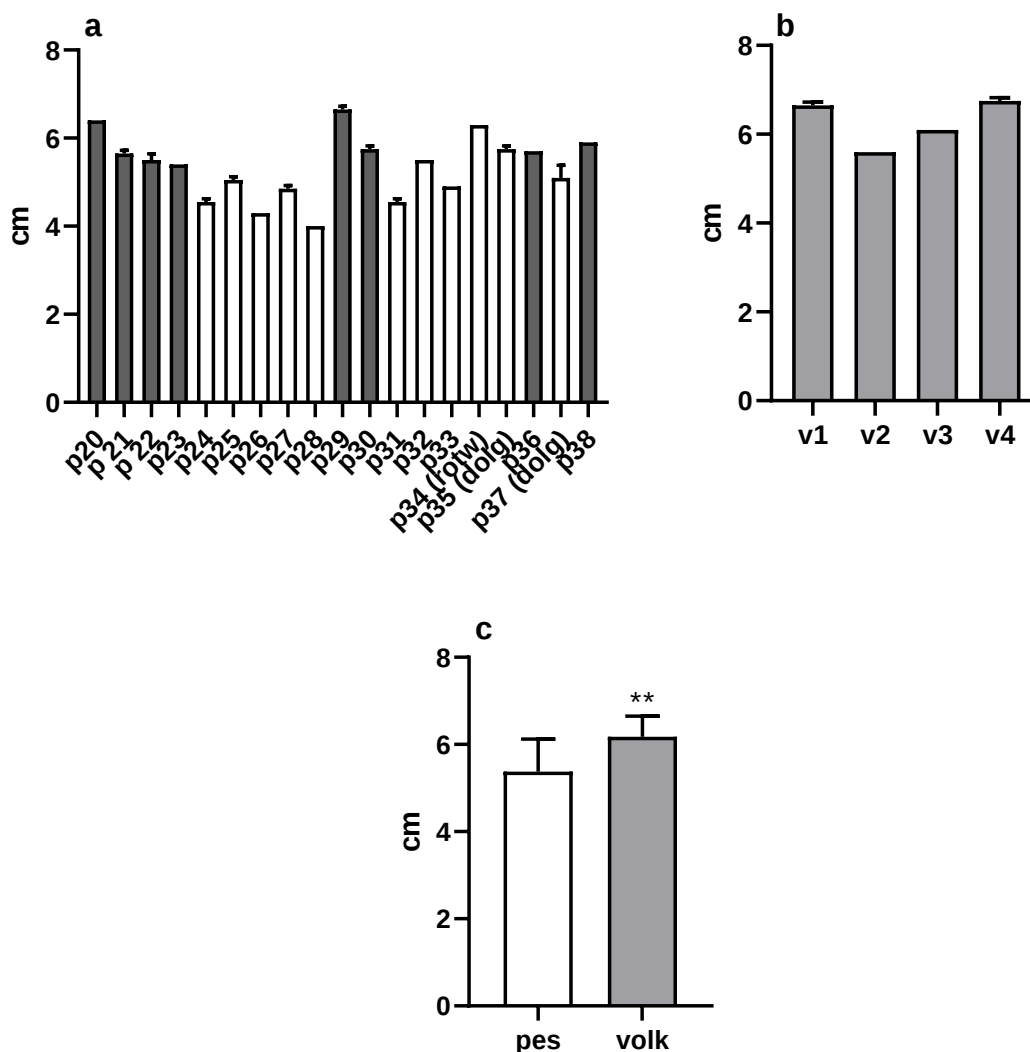


Graf 17: Skupna dolžina kočniške vrste vzdolž zobnic na lični strani. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 17: Length of the molar row, measured along the alveoli on the buccal side. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.17 Dolžina predkočniške vrste

Dolžina predkočniške vrste, merjena vzdolž zobnic na lični strani, je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 5,3 cm, pri volčjih lobanjah pa 6,1 cm. Po dolžini predkočniške vrste so se povprečne vrednosti pri pasjih in volčjih lobanjah statistično značilno razlikovale pri p vrednosti $< 0,0001$ (** = p vrednost $< 0,0060$) (Graf 18).

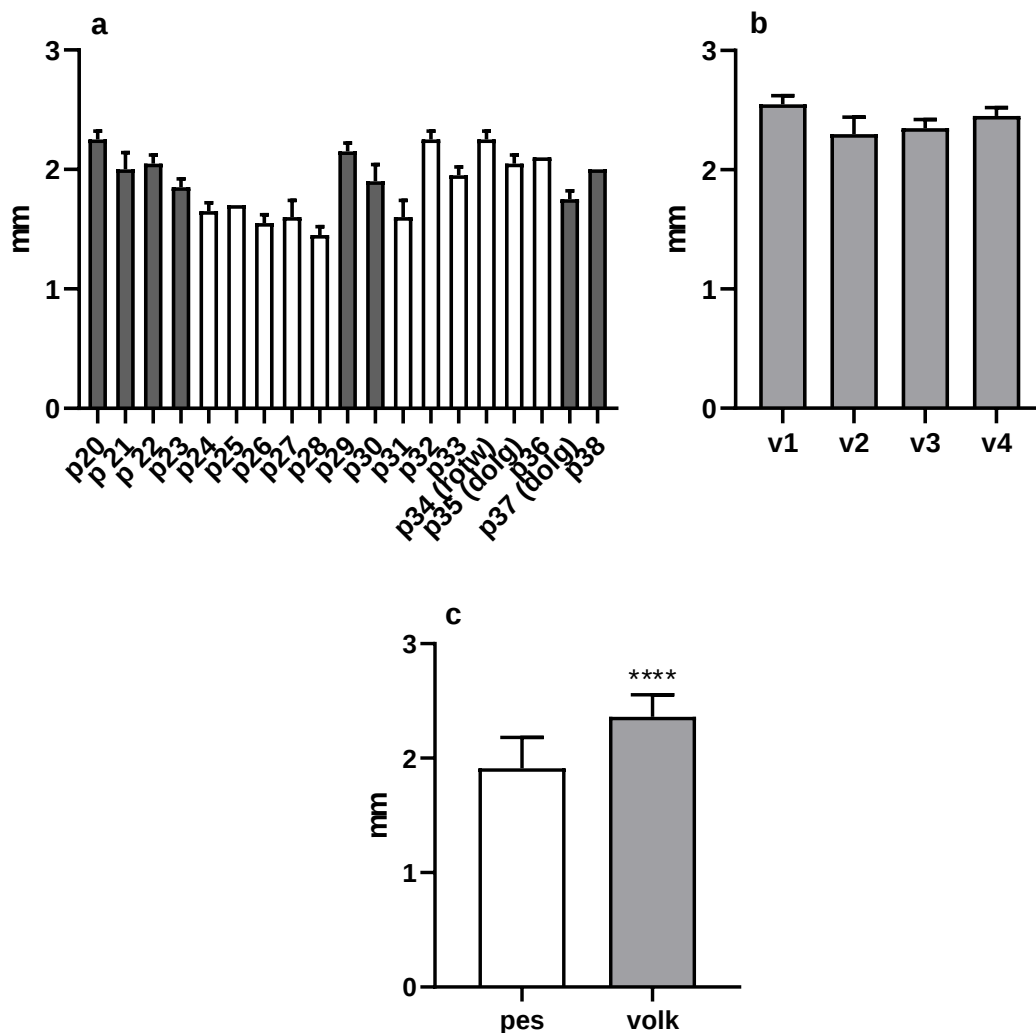


Graf 18: Dolžina predkočniške vrste, merjena vzdolž zobnic na lični strani. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocéfaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 18: Length of the premolar row, measured along the alveoli on the buccal side. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.18 Dolžina lomilcev

Merjenje dolžine lomilcev pri cingulumu je v povprečju pri pasjih lobanjah pokazalo, da so dolgi 1,9 cm, pri volčjih pa 2,4 cm. Po dolžini lomilcev so se povprečne vrednosti pri pasjih in volčjih lobanjah statistično značilno razlikovale pri p vrednosti $< 0,0001$ (**** = p vrednost $< 0,0001$) (Graf 19).

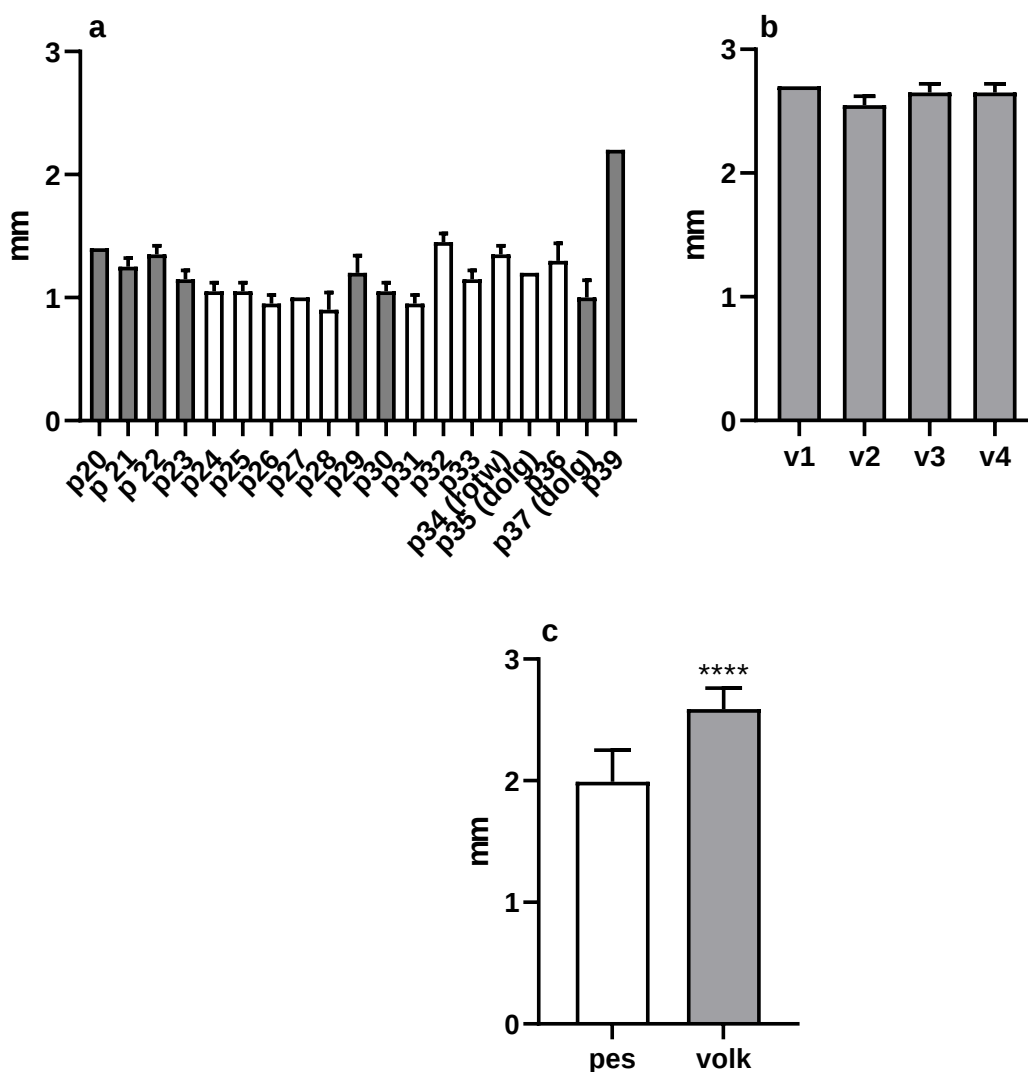


Graf 19: Dolžina lomilcev pri cingulumu. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 19: Length of the carnassials, measured at the cingulum. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.19 Dolžina lomilčeve zobnice

Dolžina lomilčeve zobnice je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 2 cm, pri volčjih lobanjah pa 2,6 cm. Razlika je statistično značilna pri p vrednosti $p < 0,0001$ (**** = p vrednost $< 0,0001$) (Graf 20).

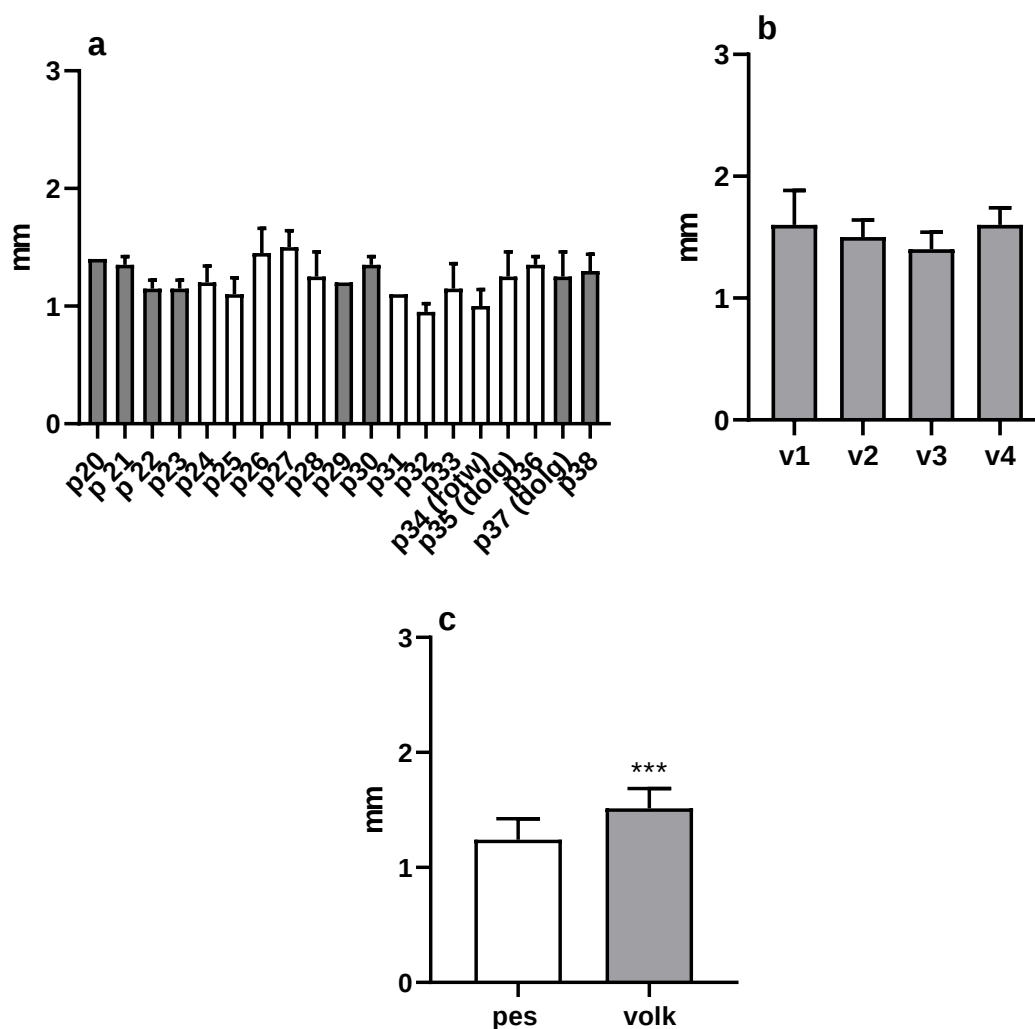


Graf 20: Dolžina lomilčeve zobnice. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 20: Length of the carnassial alveolus. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.20 Dolžina M1 pri cingulumu

Dolžina M1, merjena pri cingulumu, je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 1,2 cm, pri volčjih lobanjah pa 1,5 cm. Razlika v meritvah je statistično značilna pri p vrednosti $< 0,0001$ (***) = p vrednost $< 0,0004$) (Graf 21).

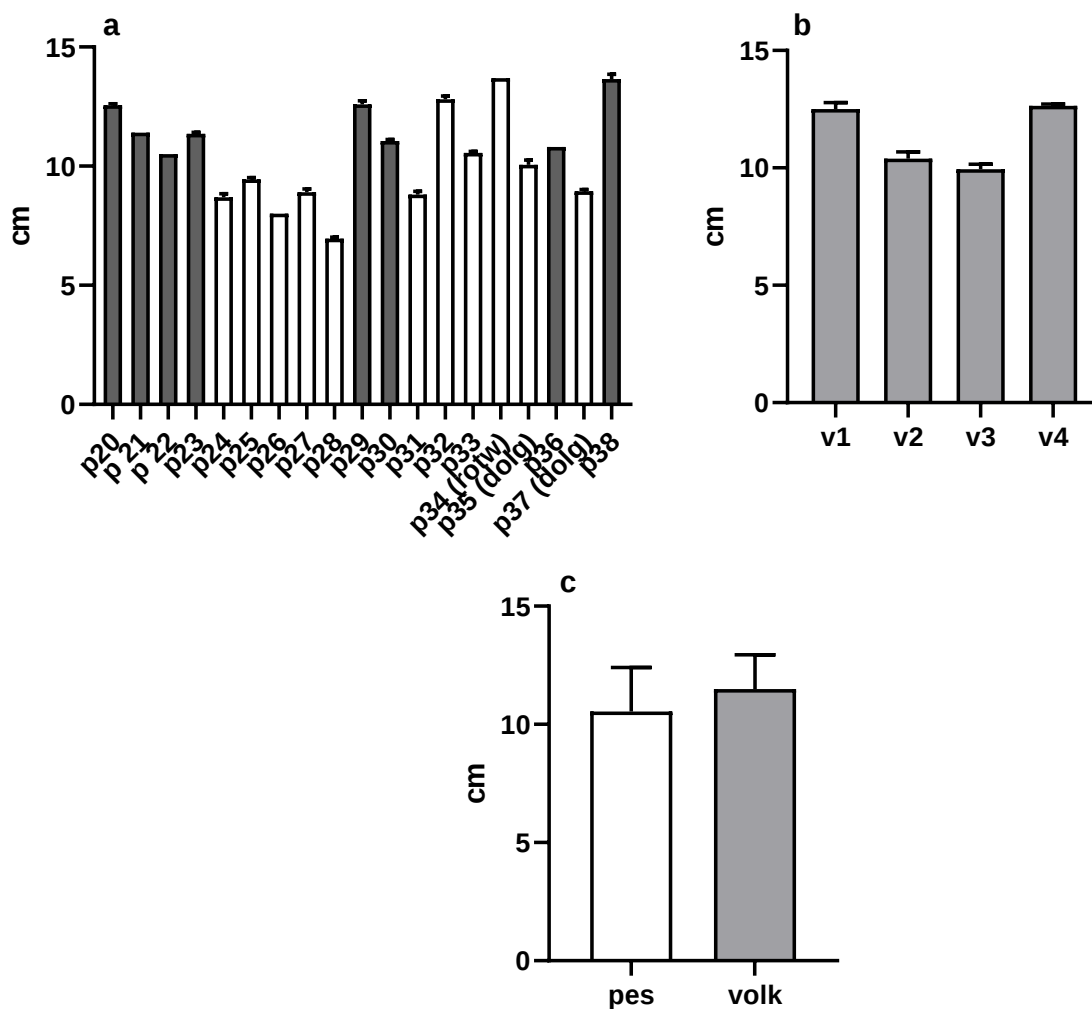


Graf 21: Dolžina M1 pri cingulumu. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 21: Length of M1 at the cingulum. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.21 Dolžina M2 pri cingulumu

Dolžina M2, merjena pri cingulumu, je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 0,82 cm, pri volčjih lobanjah pa 0,92 cm. Po dolžini M2 so se izmerjene pasje in volčje lobanje statistično značilno razlikovale pri p vrednosti 0,0466 (* = p vrednost < 0,01) (Graf 22).

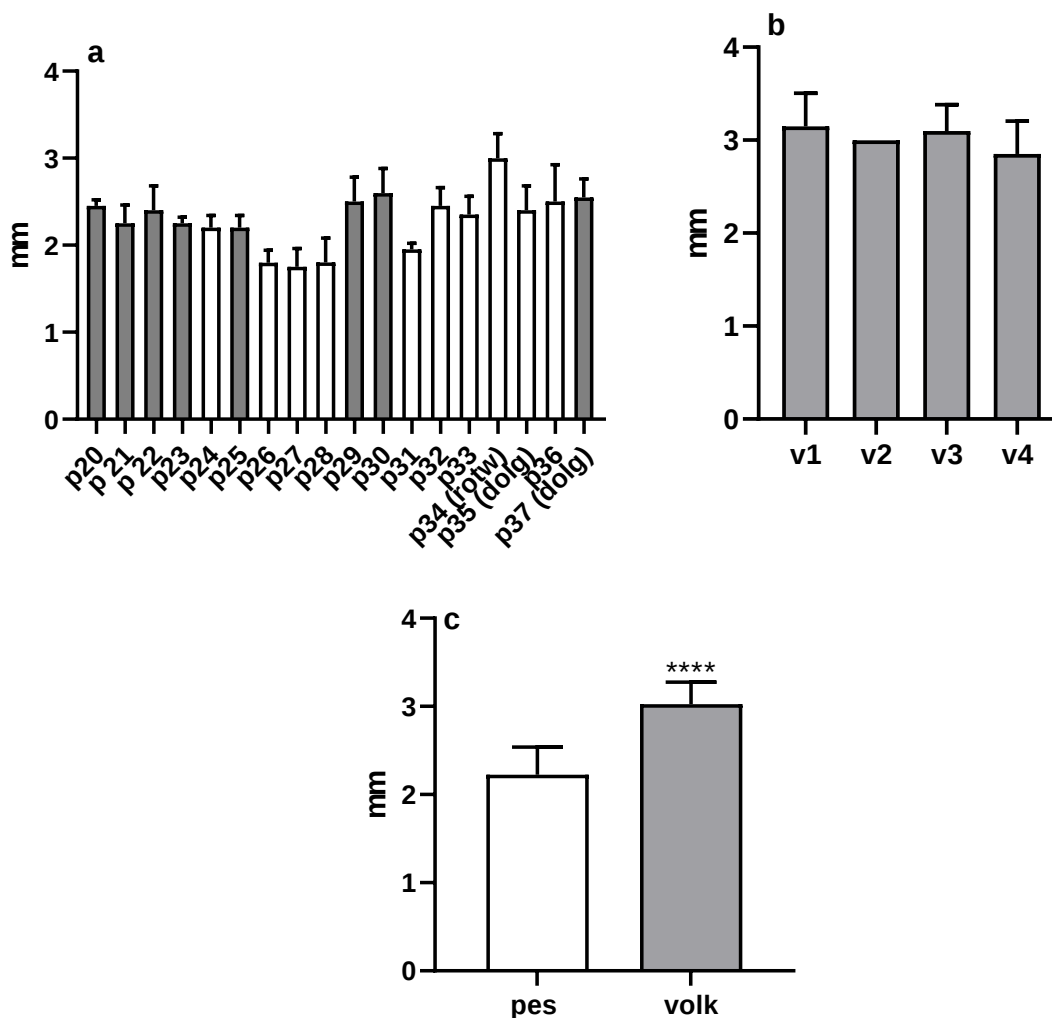


Graf 22: Dolžina M2 pri cingulumu. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 22: Length of M2 at the cingulum. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.22 Največji premer bobničnega mehurja

Največji premer bobničnega mehurja od kavdalne točke do zunanje karotidne odprtine je znašal 2,2 cm pri pasjih lobanjah, pri volčjih pa 3 cm. Izmerjene vrednosti se statistično značilno razlikujejo pri p vrednosti $< 0,0001$ (**** = p vrednost $< 0,0001$) (Graf 23).

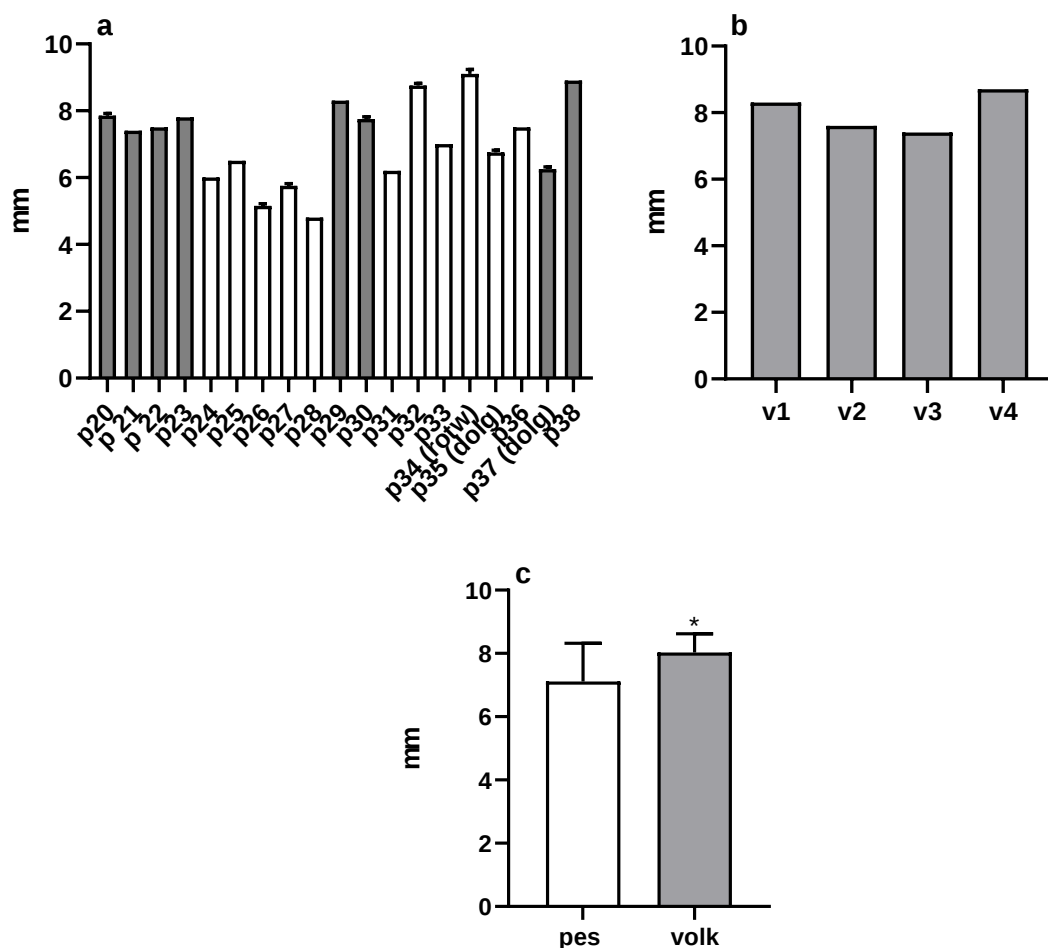


Graf 23: Največji premer bobničnega mehurja. Meritev je bila opravljena od kavdalne točke bobničnega mehurja do zunanje karotidne odprtine. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 23: Greatest diameter of the auditory bulla. The measurement was performed from the most caudal point of the bulla to the external carotid opening. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.23 Največja širina zatilničnega trikotnika

Največja širina zatilničnega trikotnika med otionoma oz. največja mastoidna širina je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 7,1 cm, pri volčjih lobanjah pa 8 cm. Po dolžini največje širine zatilničnega trikotnika so se izmerjene pasje in volčje lobanje statistično značilno razlikovale pri p vrednosti 0,001 (* = p vrednost < 0,0441) (Graf 24).

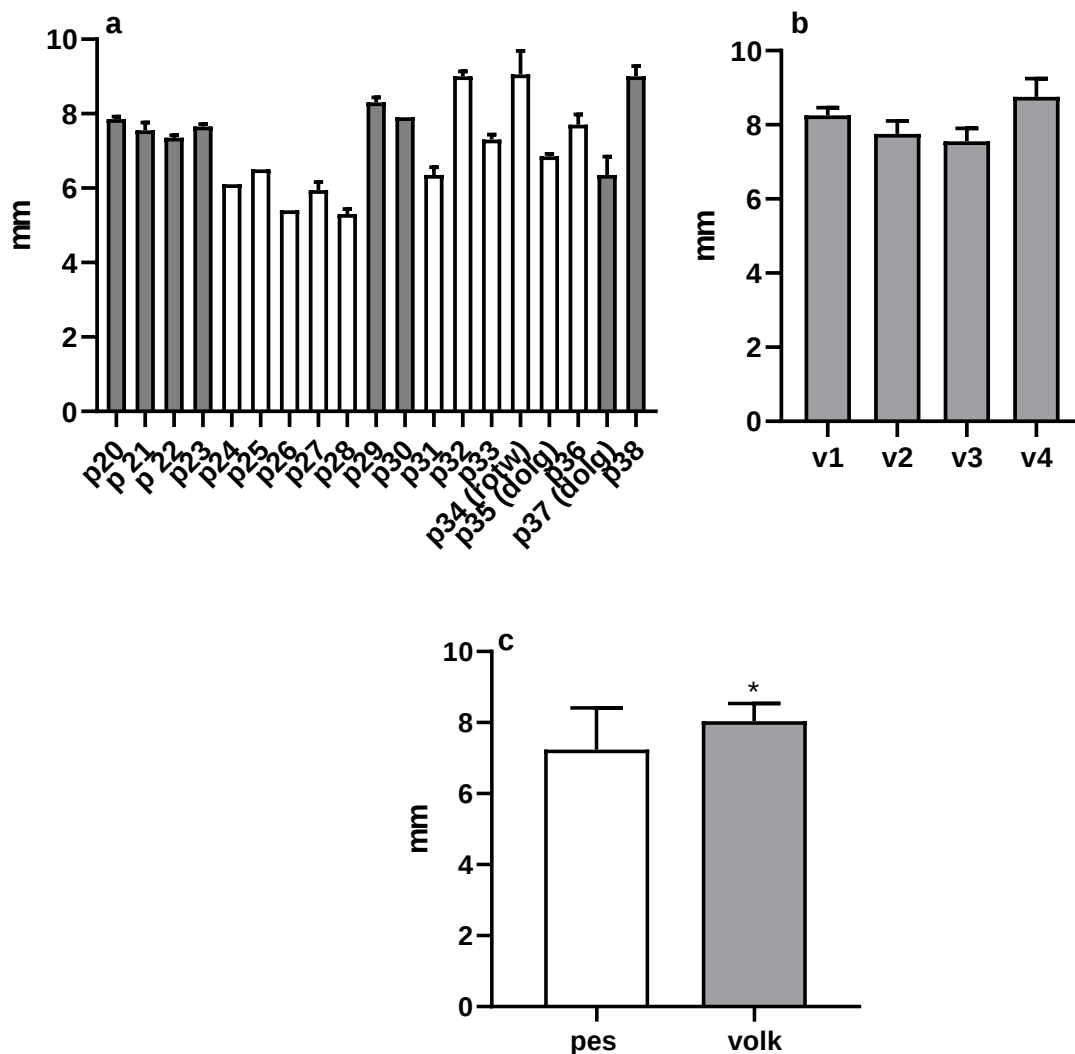


Graf 24: Največja širina zatilničnega trikotnika. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 24: Greatest mastoid breadth. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.24 Širina lobanje na višini dorzalnega dela zunanega sluhovoda

Širina lobanje na dorzalnem delu zunanega sluhovoda je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 7 cm, pri volčjih lobanjah pa 8 cm. Po dolžini širine dorzalnega dela zunanega sluhovoda so se izmerjene pasje in volčje lobanje statistično značilno razlikovale pri p vrednosti 0,0144 (* = p vrednost < 0,01) (Graf 25).

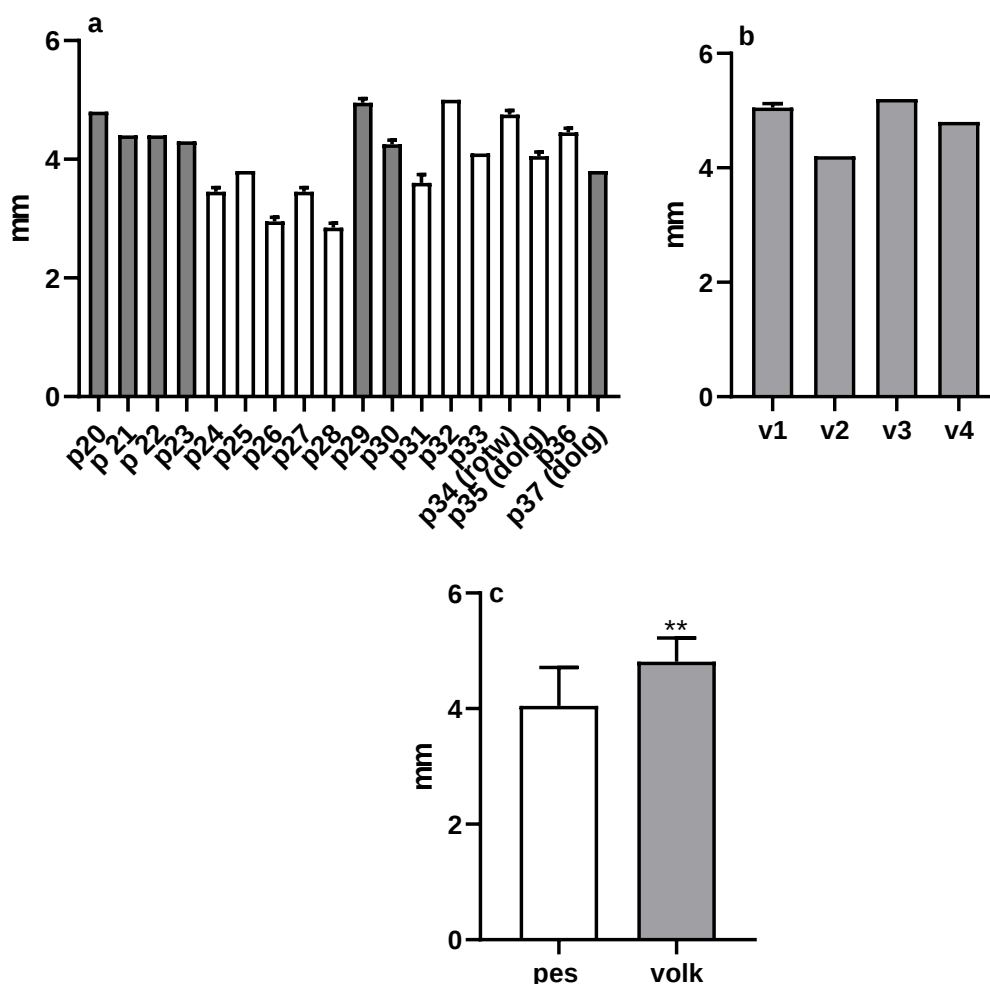


Graf 25: Širina lobanje na dorzalnem delu zunanega sluhovoda. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 25: Breadth dorsal to the external auditory meatus. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.25 Največja širina zatilničnih čvršev

Meritev največje širine zatilničnih čvršev je bila opravljena na 18 pasjih lobanjah in 4 volčjih lobanjah. Dolžina širine zatilničnih čvršev je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 4 cm, pri volčjih lobanjah pa 4,8 cm. Po širini zatilničnih čvršev so se izmerjene pasje in volčje lobanje statistično značilno razlikovale pri p vrednosti 0,0035 (** = p vrednost < 0,001) (Graf 26).

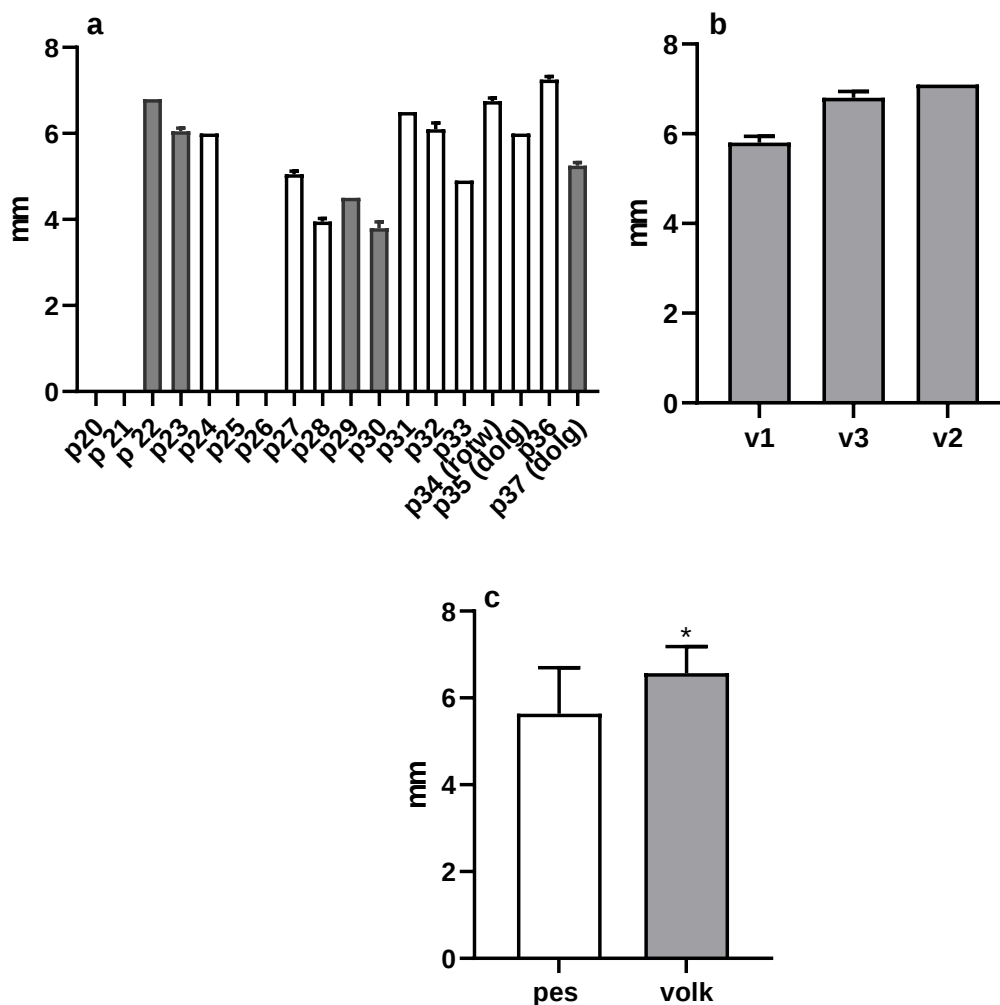


Graf 26: Največja širina zatilničnih čvršev. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 26: Greatest breadth of the occipital condyles. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.26 Največja širina na višini jugularnih podaljškov

Meritev največje širine na višini jugularnih podaljškov je bila opravljena na 14 pasjih lobanjah in 3 volčjih lobanjah. Dolžina je bila v povprečju pri pasjih lobanjah 5,3 cm, pri volčjih pa 6,5 cm. Izmerjene vrednosti se statistično značilno razlikujejo pri p vrednosti 0,044 (* = p vrednost < 0,01) (Graf 27).

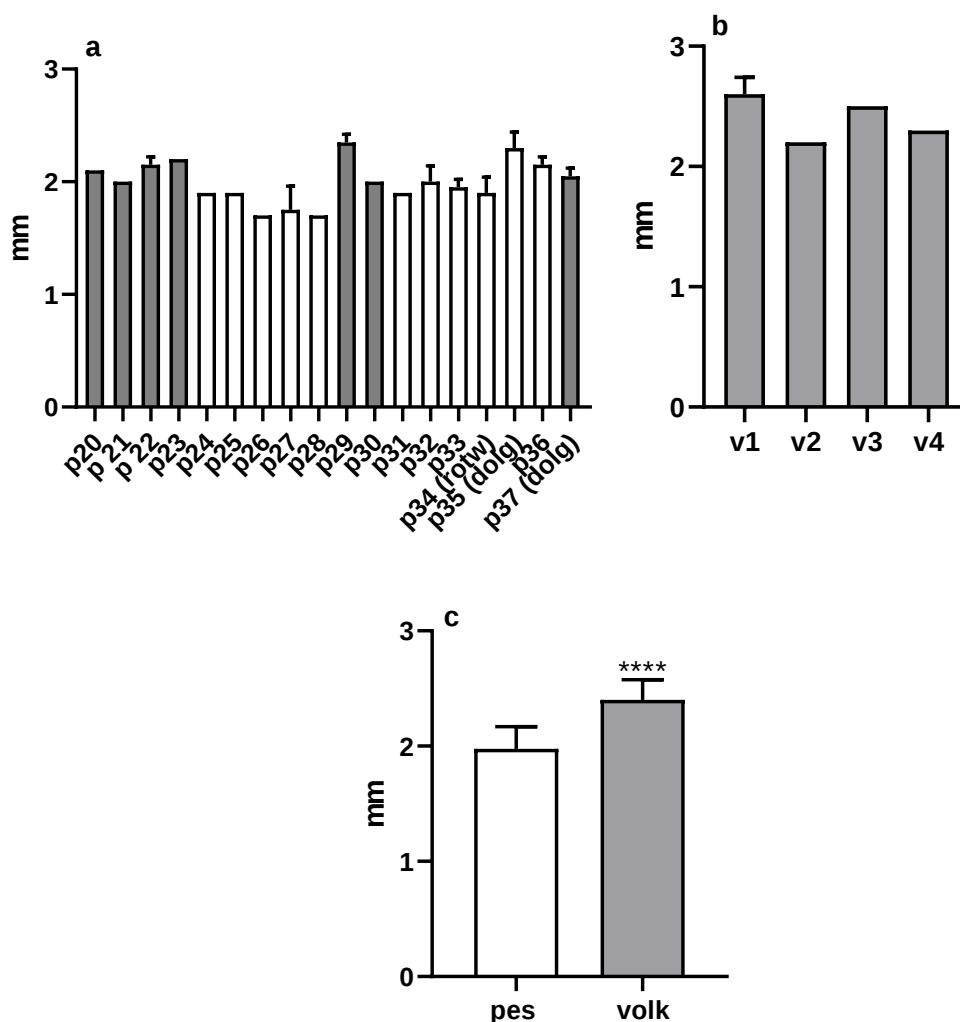


Graf 27: Največja širina na višini jugularnih podaljškov. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 27: Greatest breadth at the jugular processes. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.27 Širina velike odprtine

Meritev največje širine velike odprtine je bila opravljena na 18 pasjih lobanjah in 4 volčjih lobanjah. Največja širina velike odprtine je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 1,97 cm, pri volčjih lobanjah pa 2,4 cm. Po največji širini velike odprtine so se izmerjene pasje in volčje lobanje statistično značilno razlikovale pri p vrednosti $< 0,0001$ (**** = p vrednost $< 0,0001$) (Graf 28).

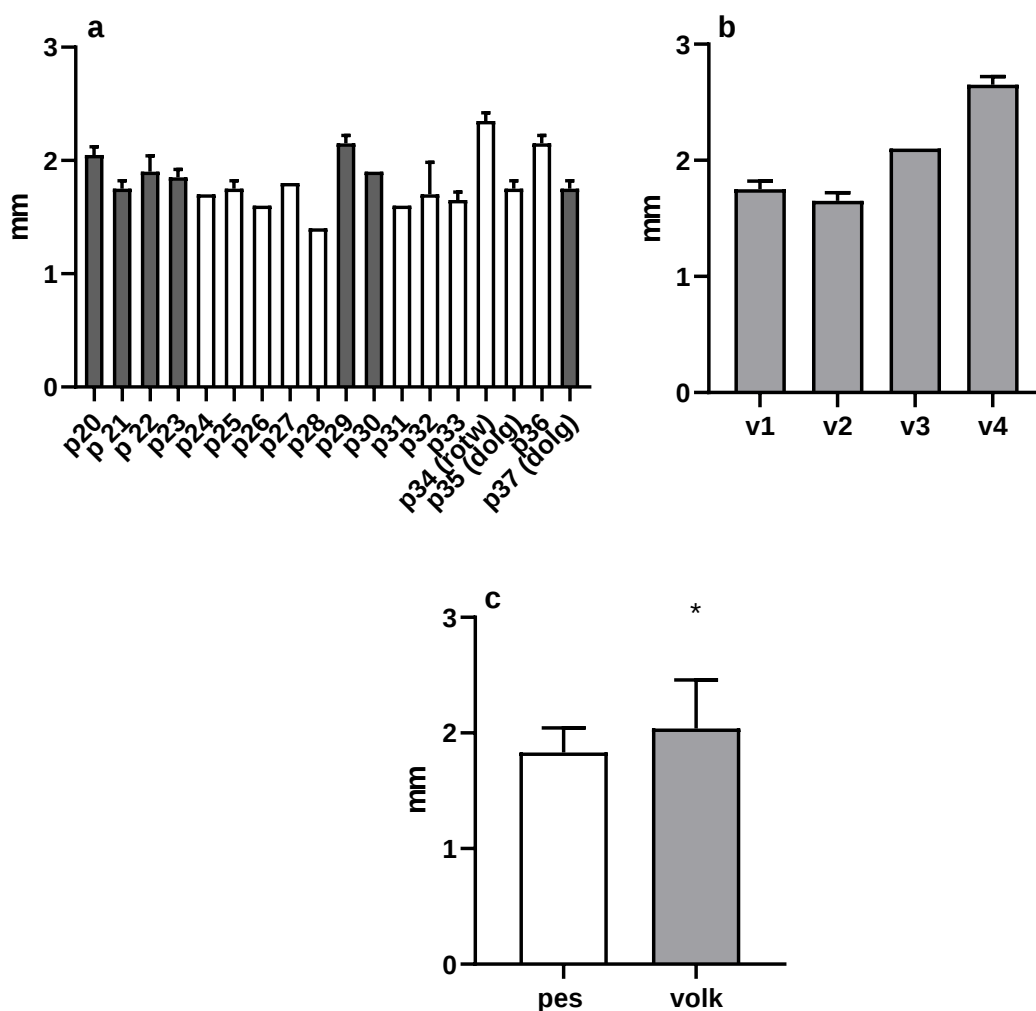


Graf 28: Največja širina velike odprtine. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 28: Greatest breadth of foramen magnum. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.28 Višina velike odprtine

Meritev največje višine velike odprtine od baziona (B) do opistiona (Op) je bila opravljena na 18 pasjih lobanjah in 4 volčjih lobanjah. Največja višina velike odprtine je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 1,8 cm, pri volčjih lobanjah pa 2 cm. Po največji višini velike odprtine (*foramen magnum*) so se izmerjene pasje in volčje lobanje statistično značilno razlikovale pri p vrednosti 0,0493 (* = p vrednost < 0,01) (Graf 29).

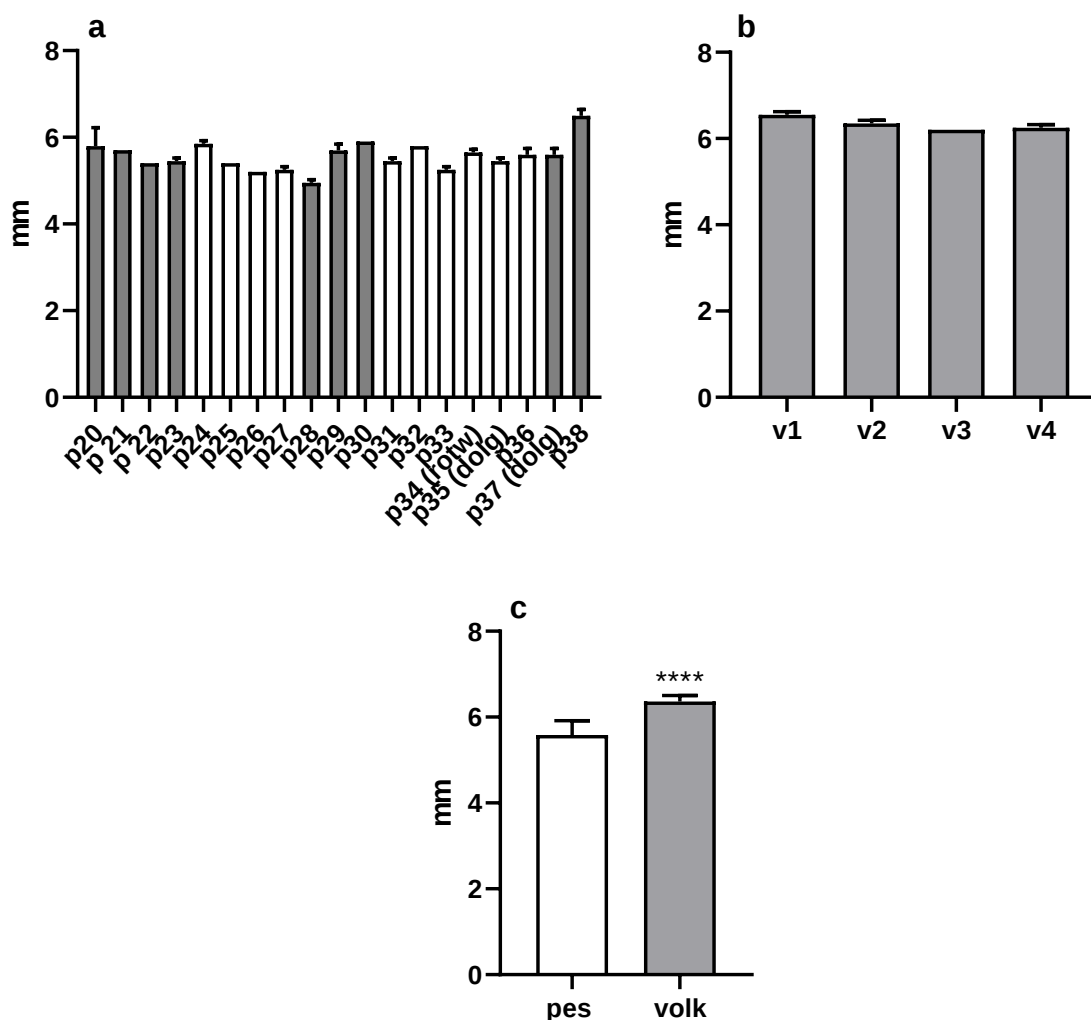


Graf 29: Višina velike odprtine. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 29: Height of the foramen magnum. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.29 Največja širina nevrokranija

Meritev največje največje širine nevrokranija med evrionoma je bila opravljena na 18 pasjih lobanjah in 4 volčjih lobanjah. Največja širina nevrokranija je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 5,6 cm, pri volčjih lobanjah pa 6,4 cm. Po največji širini nevrokranija so se izmerjene pasje in volčje lobanje statistično značilno razlikovale pri p vrednosti $< 0,0001$ (**** = p vrednost $< 0,0001$) (Graf 30).

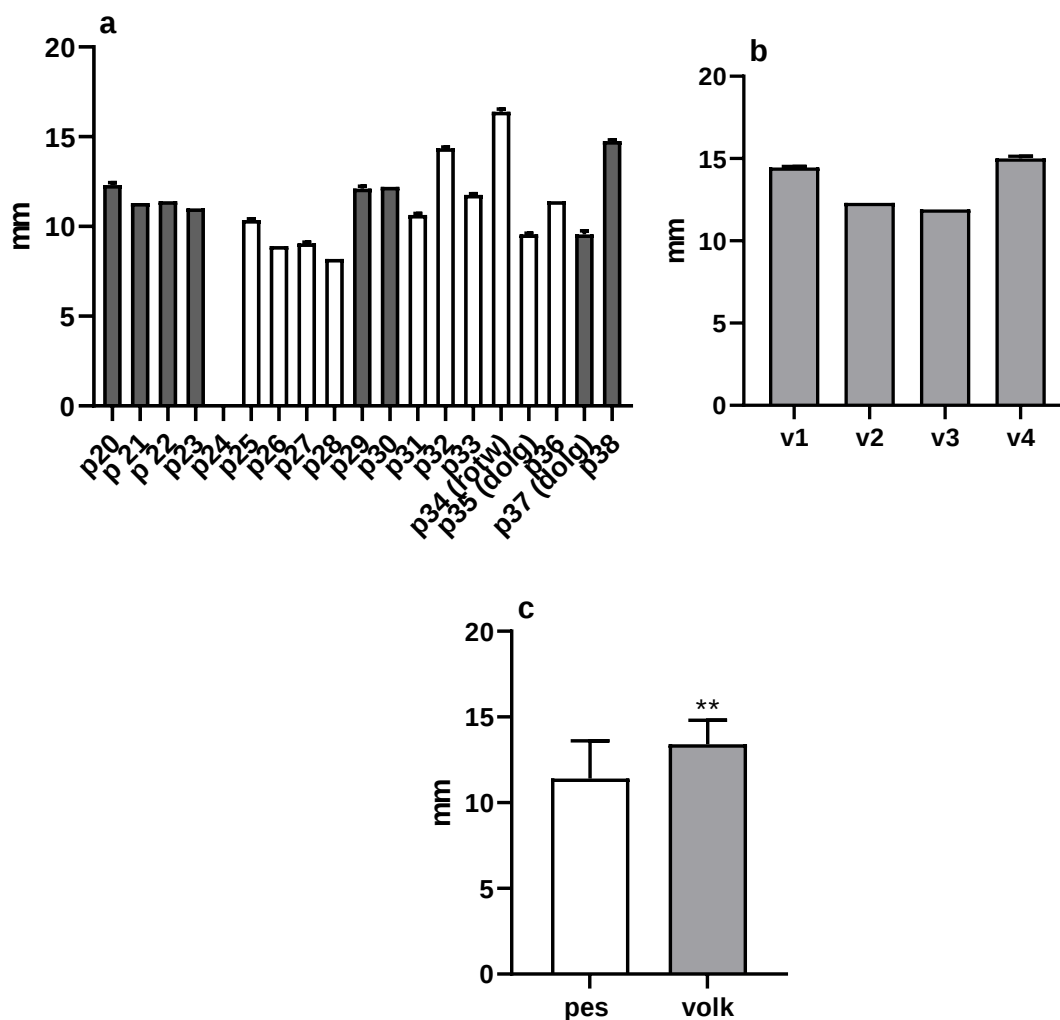


Graf 30: Največja širina nevrokranija. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 30: Greatest neurocranium breadth. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.30 Širina na ličnih lokih

Meritev največje širine lobanje na ličnih lokih (razdalja med zigionoma) je bila izvedena na 18 pasjih in 4 volčjih lobanjah. Izmerjena razdalja je znašala pri pasjih lobanjah povprečno 11 cm, pri volčjih lobanjah pa 13,4 cm. Po širini na ličnih lokih so se izmerjene pasje in volčje lobanje statistično značilno razlikovale pri p vrednosti 0,0011 (** = p vrednost < 0,001) (Graf 31).

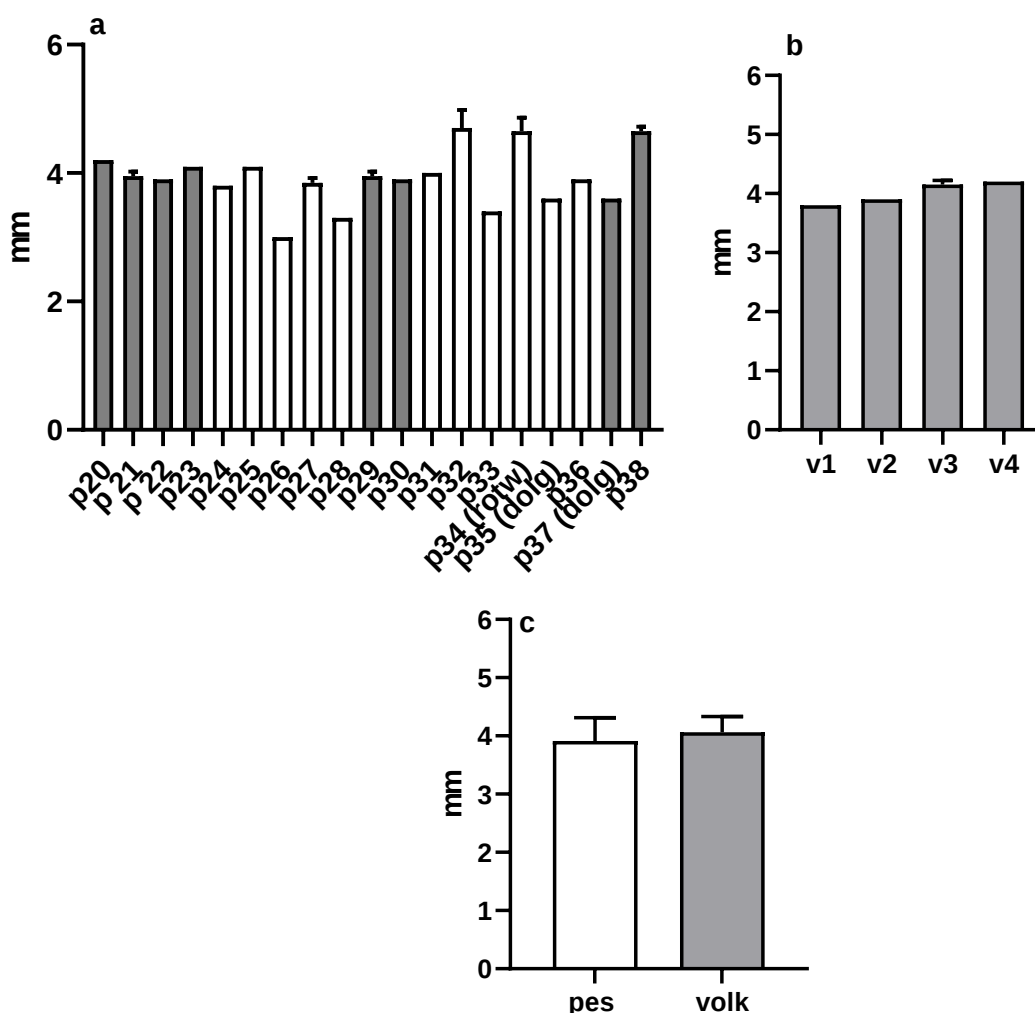


Graf 31: Širina na ličnih lokih. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 31: Zygomatic breadth. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.31 Širina zadnjega dela lobanje

Meritev širine zadnjega dela lobanje, kavdalno od supraorbitalnih podaljškov, je bila opravljena na 19 pasjih lobanjah in 4 volčjih lobanjah. Širina zadnjega dela lobanje je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 3,9 cm, pri volčjih lobanjah pa 4 cm. Med izmerjenimi lobanjami s pomočjo neparnega Studentovega t–testa z dvorepo porazdelitvijo nismo opazili statistično značilnih razlik (Graf 32).

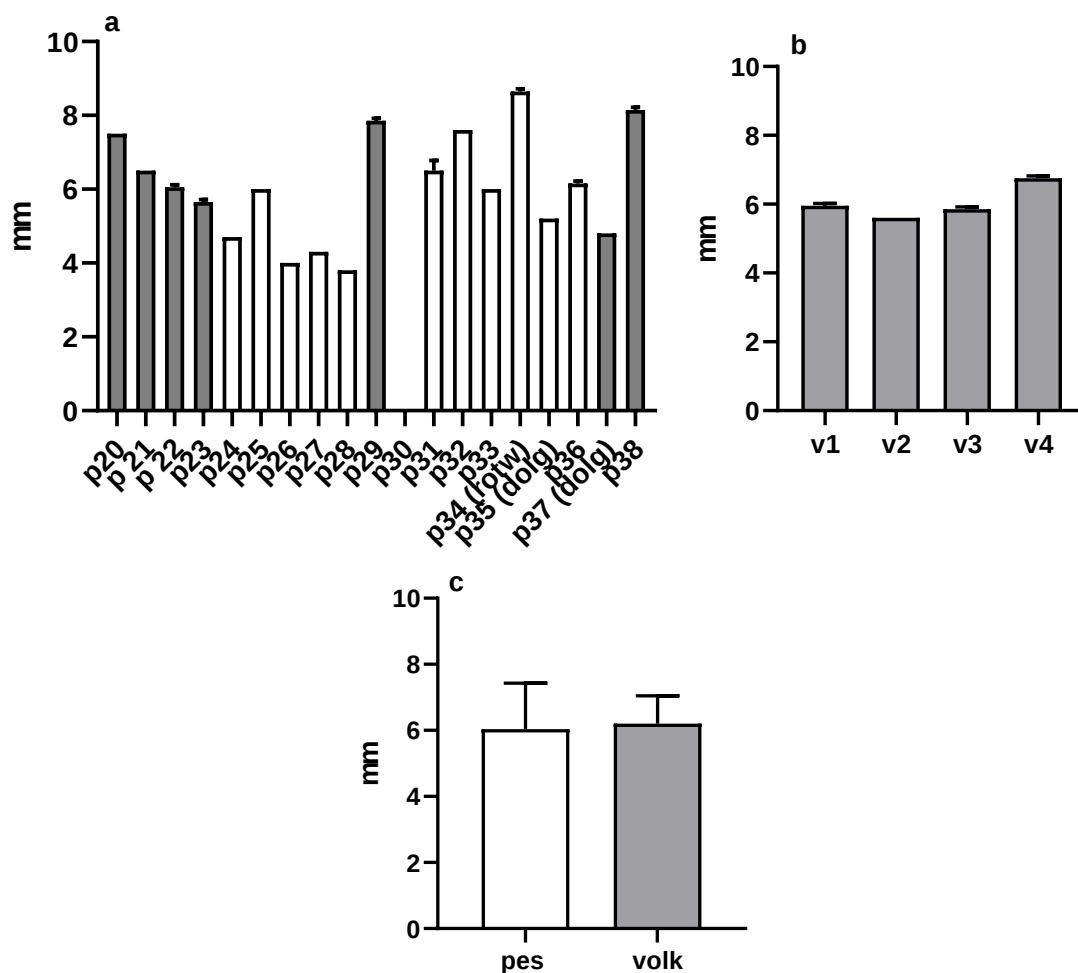


Graf 32: Širina zadnjega dela lobanje. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocéfaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 32: Least breadth of skull. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.32 Širina čelnice

Meritev širine čelnice med ektorbitalnima točkama, je bila opravljena na 18 pasjih lobanjah in 5 volčjih lobanjah. V povprečju je bila pri pasjih lobanjah dolga 5,9 cm, pri volčjih lobanjah pa 6,3 cm. Med izmerjenimi lobanjami s pomočjo neparnega Studentovega t–testa z dvorepo porazdelitvijo nismo opazili statistično značilnih razlik (Graf 33).

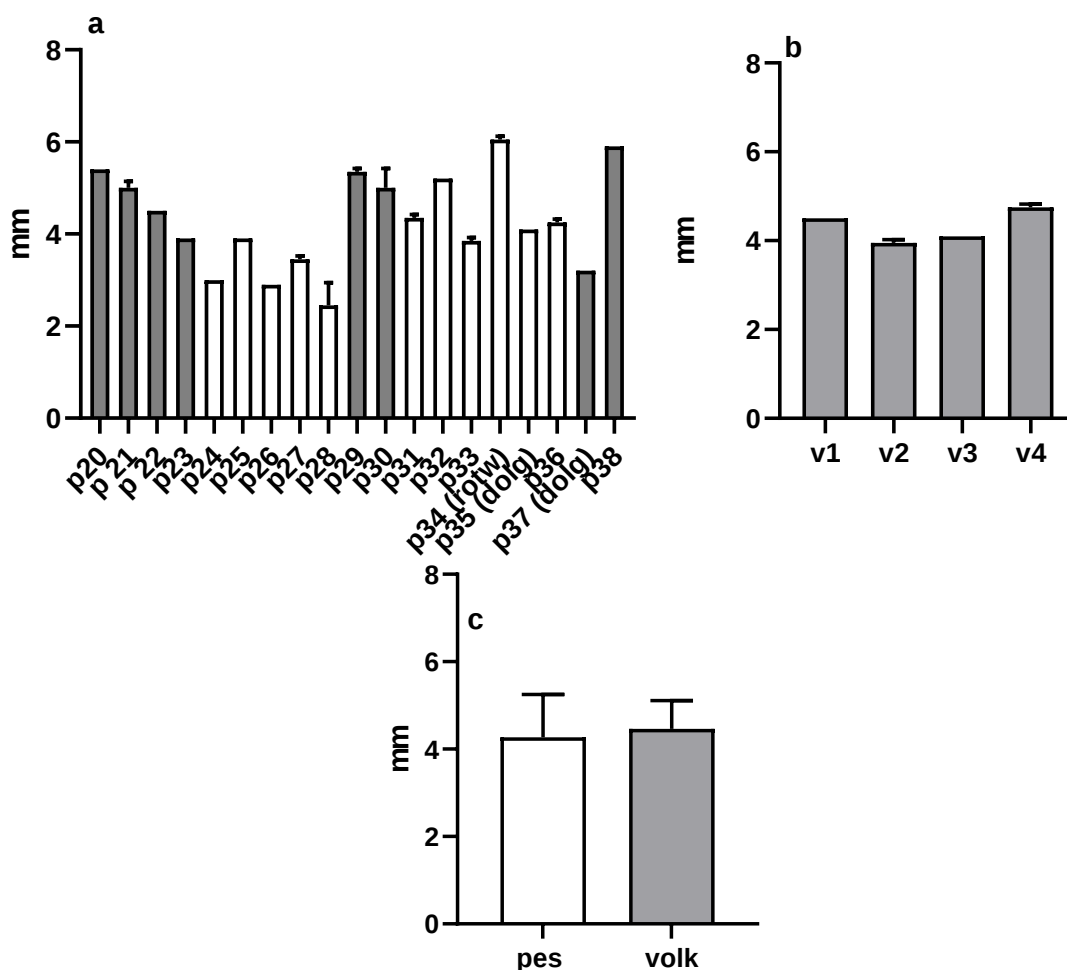


Graf 33: Širina čelnice. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocéfaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 33: Frontal breadth. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.33 Kavdalna širina med orbitama

Največja kavdalna širina med orbitama, med entorbitalnima točkama je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 4,3 cm, pri volčjih lobanjah pa 4,5 cm. Med izmerjenimi lobanjami s pomočjo neparnega Studentovega t–testa z dvorepo porazdelitvijo nismo opazili statistično značilnih razlik (Graf 34).

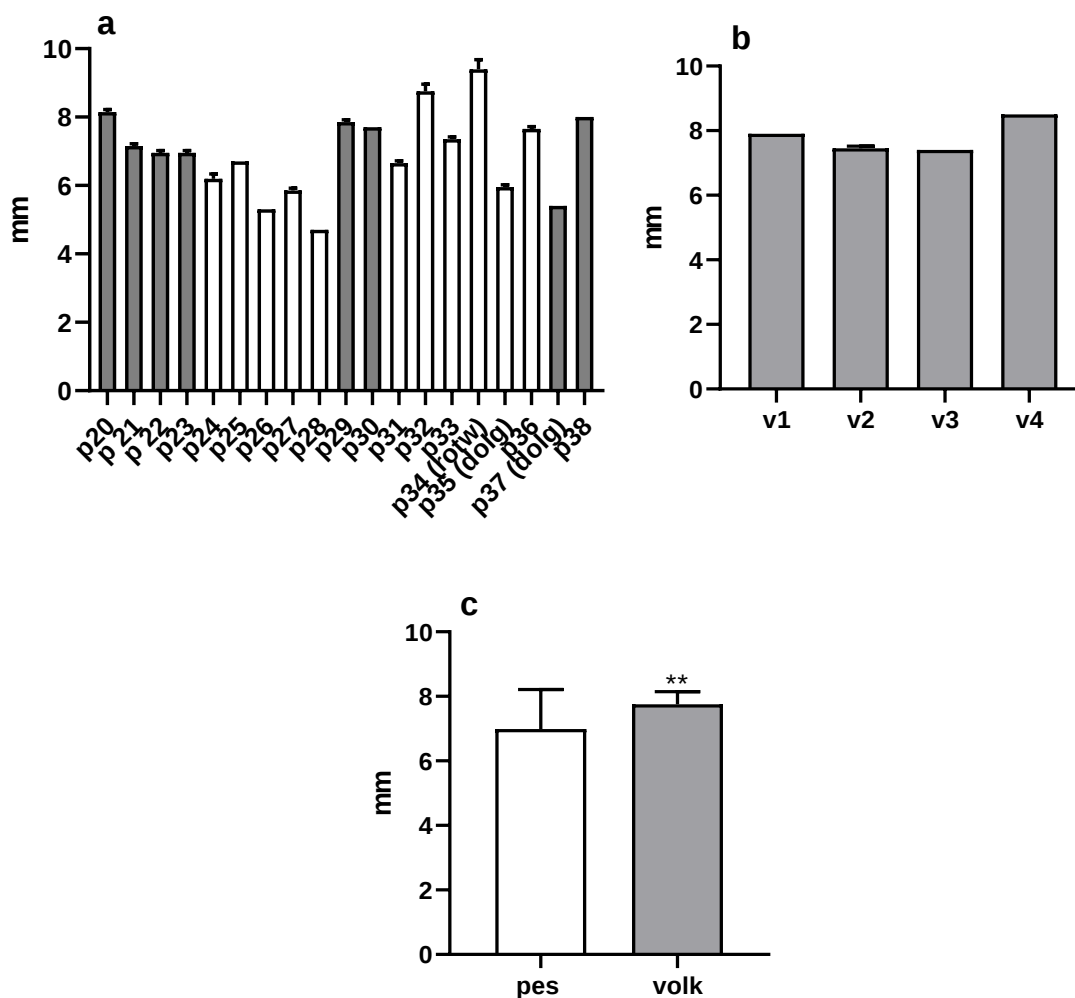


Graf 34: Kavdalna širina med orbitama. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocéfaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 34: Caudal width between the orbits. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.34 Nebna širina

Največja nebna širina med zunanjimi robovi zobnic na eni in na drugi strani je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 6,9 cm, pri volčjih lobanjah pa 7,7 cm. Pri največji nebni širini, merjeni od zunanjih robov alveol na eni in na drugi strani so se izmerjene pasje in volčje lobanje statistično značilno razlikovale pri p vrednosti 0,0254 (* = p vrednost < 0,01) (Graf 35).

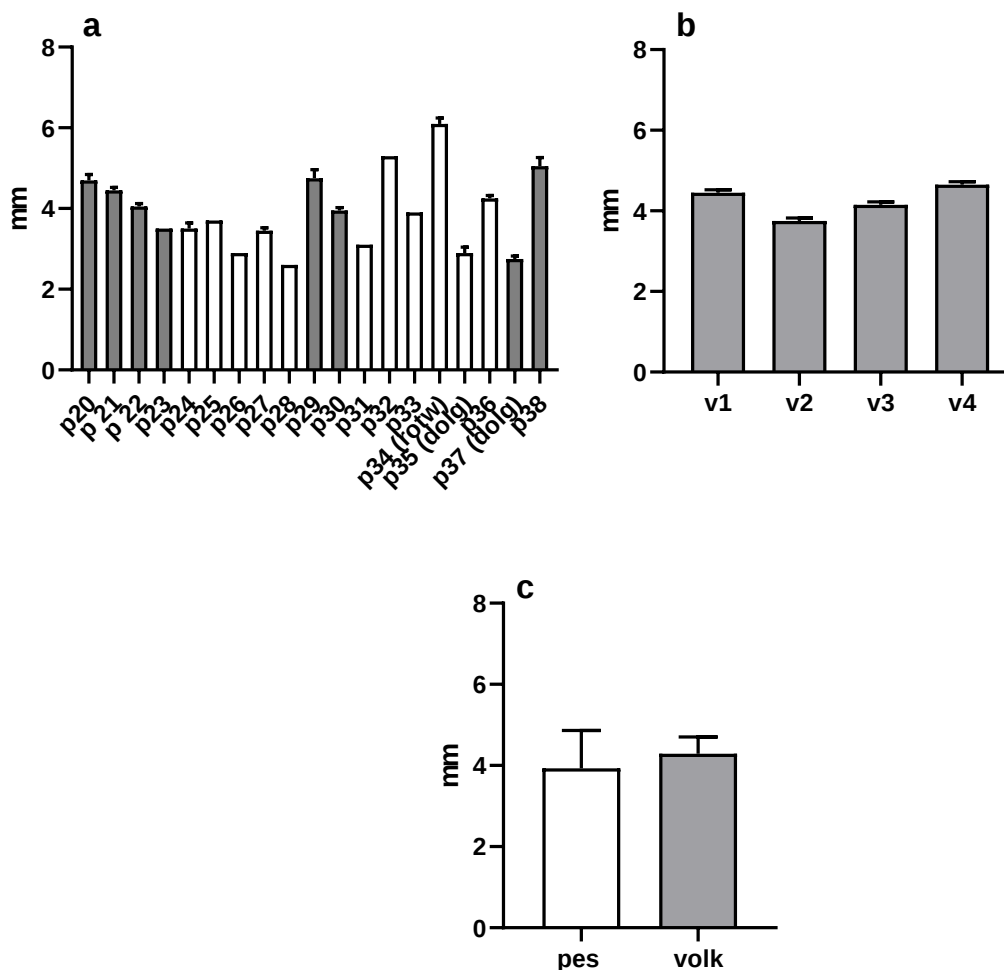


Graf 35: Nebna širina. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 35: Greatest palatal breadth. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.35 Širina neba za podočniki

Širina neba za podočniki je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 3,9 cm, pri volčjih lobanjah pa 4,3 cm. Med izmerjenimi lobanjami s pomočjo neparnega Studentovega t–testa z dvorepo porazdelitvijo nismo opazili statistično značilnih razlik (Graf 36).

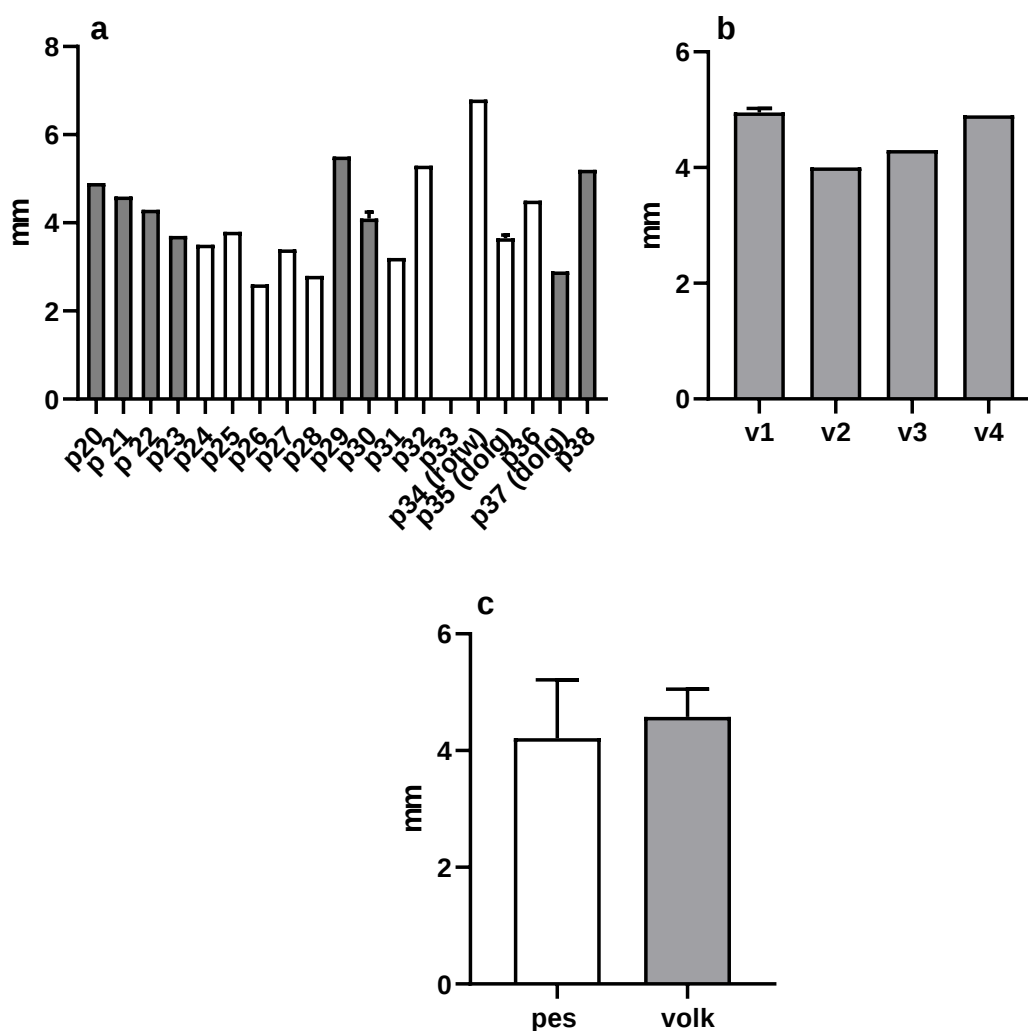


Graf 36: Nebna širina za podočniki. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 36: Least palatal breadth: measured behind the canines. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.36 Nebna širina med zobnicama podočnikov

Meritev nebne širine med zobnicama podočnikov je bila opravljena na 18 pasjih lobanjah in 4 volčjih lobanjah. Širina neba med alveoloma podočnikov je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 4,2 cm, pri volčjih lobanjah pa 4,6 cm. Med izmerjenimi lobanjami s pomočjo neparnega Studentovega t–testa z dvorepo porazdelitvijo nismo opazili statistično značilnih razlik (Graf 37).

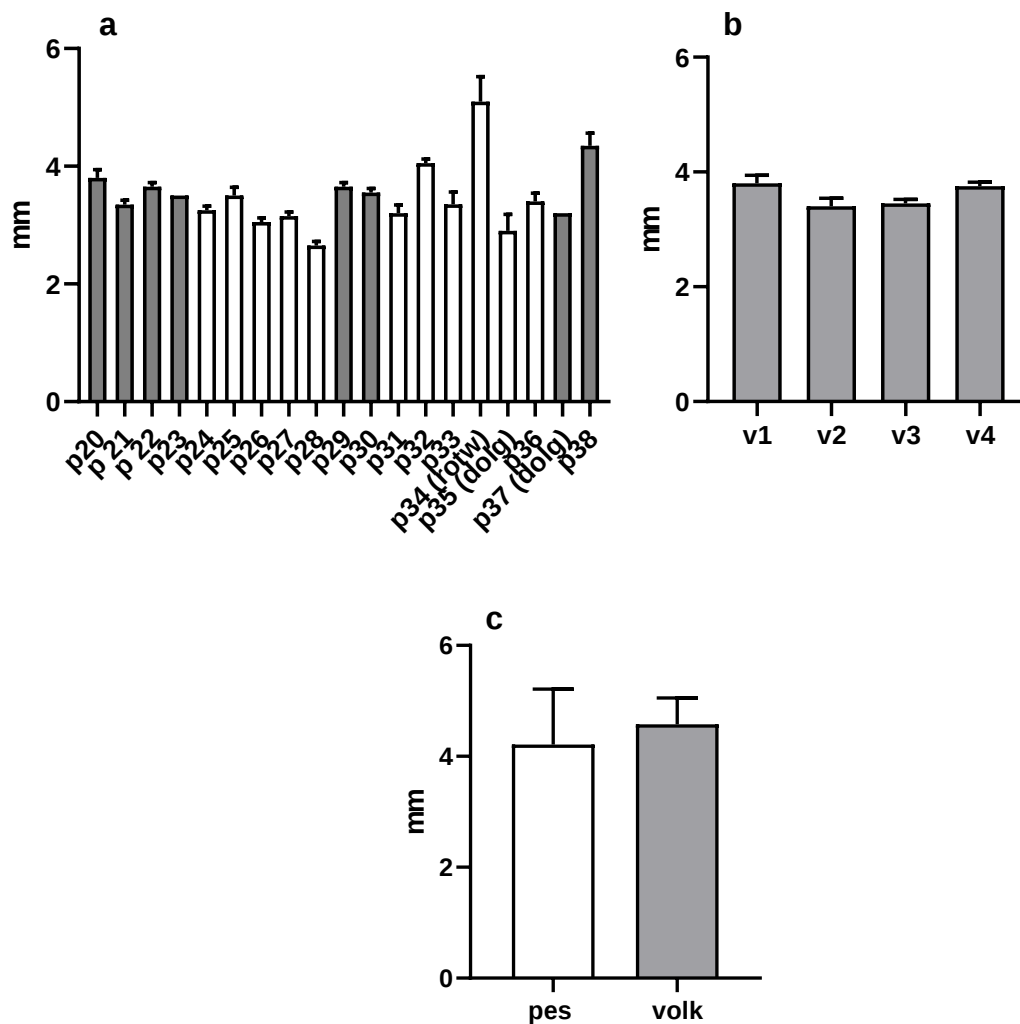


Graf 37: Nebna širina med zobnicama podočnikov. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 37: Breadth at the canine alveoli. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.37 Največja notranja višina orbite

Največja notranja višina orbite je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 3,5 cm, pri volčjih lobanjah pa 3,7 cm. Med izmerjenimi lobanjami s pomočjo neparnega Studentovega t–testa z dvorepo porazdelitvijo nismo opazili statistično značilnih razlik (Graf 38).

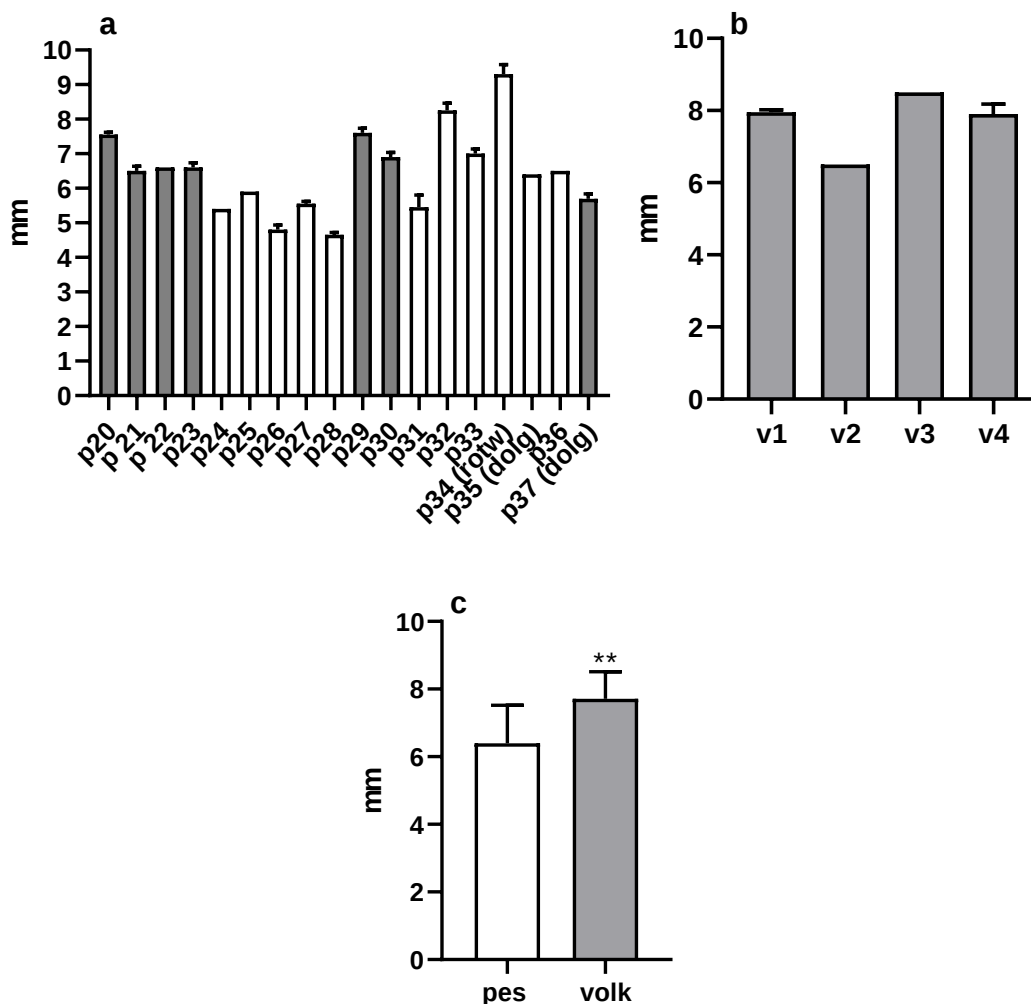


Graf 38: Največja notranja višina orbite. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 38: Greatest inner height of the orbit. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.38 Višina lobanje

Meritev višine lobanje je bila opravljena na 18 pasjih lobanjah in 4 volčjih lobanjah. Višina lobanje je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 6,4 cm, pri volčjih lobanjah pa 7,7 cm. Po višini lobanje so se izmerjene pasje in volčje lobanje statistično značilno razlikovale pri p vrednosti 0,0013 (** = p vrednost < 0,001) (Graf 39).

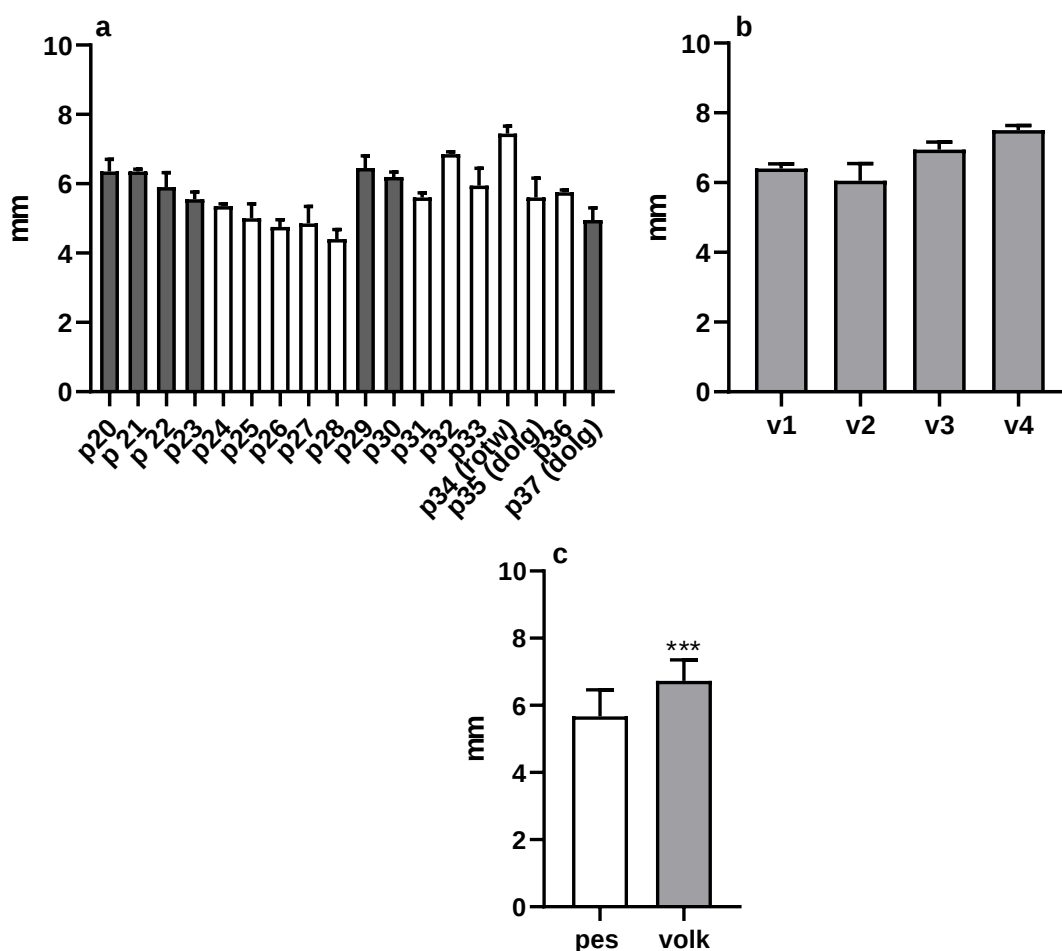


Graf 39: Višina lobanje, in sicer (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 39: Skull height. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.39 Višina lobanje brez sagitalnega grebena

Meritev višine lobanje brez sagitalnega grebena je bila opravljena na 18 pasjih lobanjah in 4 volčjih lobanjah. Višina lobanje brez sagitalnega grebena je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 5,6 cm, pri volčjih lobanjah pa 6,7 cm. Po višini lobanje brez sagitalnega grebena so se izmerjene pasje in volčje lobanje statistično značilno razlikovale pri p vrednosti 0,0004 (***) (p vrednost $< 0,002$) (Graf 40).

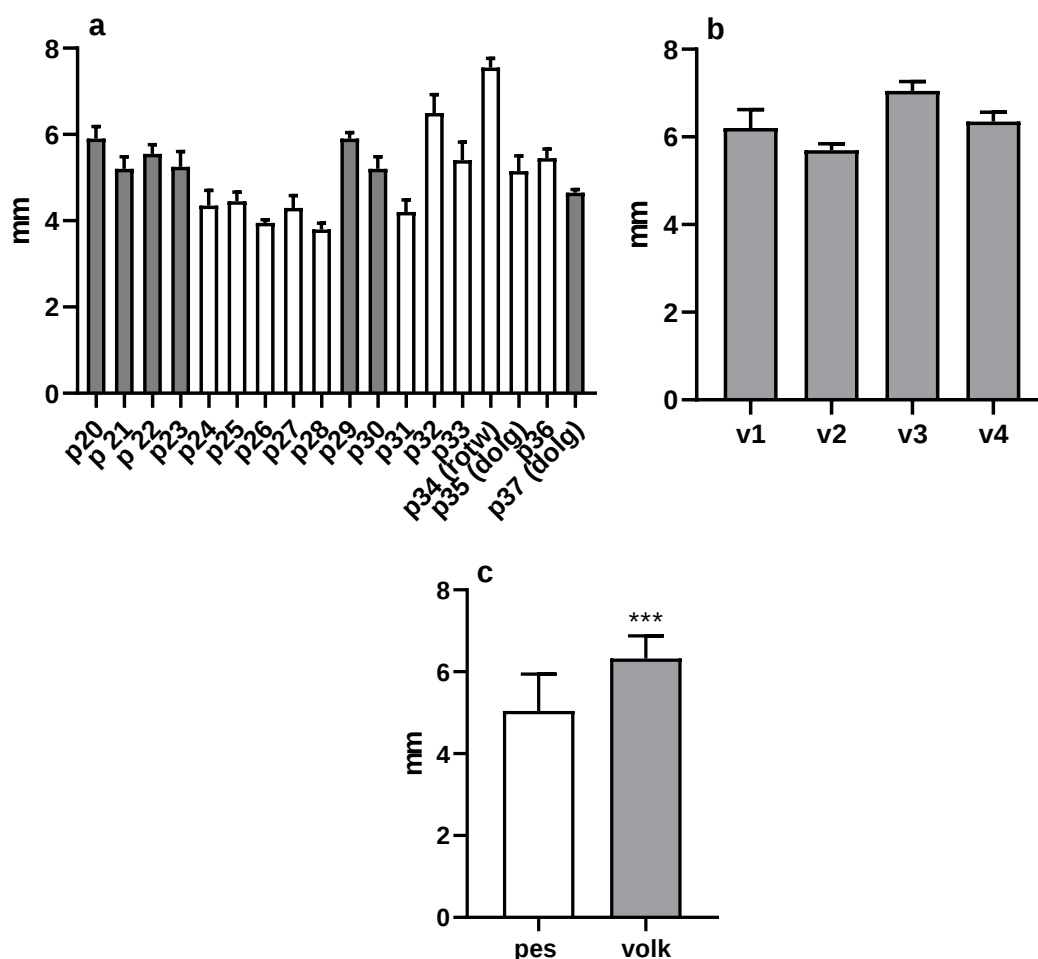


Graf 40: Višina lobanje brez sagitalnega grebena. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 40: Skull height, without sagittal crest. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.40 Višina zatilničnega trikotnika

Meritev višine zatilničnega trikotnika od akrokraniona (A) do baziona (B) je bila opravljena na 18 pasjih lobanjah in 4 volčjih lobanjah. Višina zatilničnega trikotnika je bila v povprečju pri pasjih lobanjah dolga 5,0 cm, pri volčjih lobanjah pa 6,3 cm. Po višini zatilničnega trikotnika so se izmerjene pasje in volčje lobanje statistično značilno razlikovale pri p vrednosti 0,0001 (***) = p vrednost < 0,002) (Graf 41).



Graf 41: Višina zatilničnega trikotnika. (a) lobanje psov (temno sivi stolpci – tipični predstavniki mezocefaličnih pasem), (b) lobanje volkov, (c) primerjava povprečij izmerjenih dolžin pri pasjih in volčjih lobanjah.

Graph 41: Height of the occipital triangle. (a) dog skulls (dark gray columns – typical representatives of mesocephalic dog breeds), (b) wolf skulls, (c) comparison of average measured lengths in canine and wolf skulls.

4.2.41 Odstopanje med meritvami

Meritve opravljene na pasjih in volčjih lobanjah so povzete v Tabeli 5, kjer so prikazane kot relativna odstopanja za vsak izmerjen kranimetrični parameter psa, v primerjavi z volkom.

Več parametrov relativnih dolžin lobanj volkov je bilo 5–10 % daljših od pasjih lobanj, kot npr. bazokranialna os, merjena od baziona do sinsfeniona (8,35 %), dolžina možganske kletke, merjena (6,93 %), največja širina na višini jugularnih podaljškov (6,38 %) ter višina lobanje brez sagitalnega grebena (*crista sagitalis*) (6,81 %), medtem ko so 4 meritve pokazale 5–10 % nižje vrednosti od lobanj psov, in sicer največja dolžina vzdolž nosnih kosti od naziona do riniona (5,77 %), dolžina horizontalnega dela nebnice od stafiona do palatinoralne točke (5,08 %), širina čelnice med ektorbitalnima točkama (9,11 %) ter kavdalna širina med orbitama med entorbitalnima točkama (9,77 %).

Več parametrov relativne dolžine lobanje, kot so dolžina lomilcev (merjeno pri cingulumu) (17,56 %), dolžina lomilčeve zobnice (alveole) (26,75 %), dolžina M1 (merjeno pri cingulumu) (16,35 %), največji premer bobničnega mehurja, merjeno od najbolj aboralnega dela mehurja do zunanje karotidne odprtine (26,98 %), največja širina velike odprtine (13,67 %), največja širina nevrokranija (11,42 %), širina na ličnih lokih (13,89 %), višina lobanje (6,81 %) ter višina zatilničnega trikotnika, merjenega med točkama akrokranion – bazion (14,58 %) je pokazala 10–30 % odstopanja med meritvami lobanj volkov od meritev, ki smo jih izmerili pri pasjih lobanjah.

Večina meritev relativnih dolžin lobanje, kot so kondilobazalna dolžina, merjena od kavdalne meje zatilničnih kondilov do prostiona (3,01 %), bazalna dolžina, merjena od baziona do prostiona (3,63 %), dolžina nevrokranija, merjena od baziona do naziona (3,97 %), dolžina obraznega dela lobanje (0,91 %), največja širina zatilničnega trikotnika med otionoma (3,04 %) ter širina lobanje na višini dorzalnega dela zunanjega sluhovoda (0,74 %) so pokazali samo 2 – 5 odstotna odstopanja v pozitivno smer. To pomeni, da so bili izmerjeni parametri pri volku večji kot pri psu.

Po drugi strani pa so parametri kot so bazofacialna os, merjena od sinsfeniona do prostiona (1,23 %), zgornja dolžina nevrokranija od akrokraniona do sredinske točke čelnice (1,23 %), dolžina viscerokranija od naziona do prostiona (3,19 %), dolžina »gobca« od medialnega dela ustne meje orbit do prostiona (1,10 %), medialna dolžina neba od stafiona do prostiona (3,90

%), skupna dolžina ličniške vrste, merjene vzdolž zobnic na lični strani (1,47 %), skupna dolžina kočniške vrste, merjene vzdolž zobnic na lični strani (1,49 %), dolžina M2 merjena pri cingulumu (2,64 %) ter višina velike odprtine od basiona do opistiona (4,66 %) pokazala 2–5 odstotna odstopanja v negativno smer, kar pomeni, da so bili izmerjeni parametri pri volku manjši kot pri psu.

Tabela 5: Velikostni dimorfizem med lobanjami psa in volka.

Table 5: Size-based dimorphism between dog and wolf skulls.

	Pes	Volk	Volk (n)	Relativni velikostni dimorfizem	(%)
1	23,83	23,94	23,83		0,00
2	22,26	23,04	22,93		3,01
3	20,93	21,79	21,69		3,63
4	5,57	6,07	6,04		8,35
5	15,21	15,10	15,03		-1,23
6	12,06	12,60	12,54		3,97
7	11,46	11,38	11,32		-1,23
8	12,07	11,74	11,68		-3,19
9	13,43	13,61	13,55		0,91
10	9,29	8,79	8,75		-5,77
11	9,79	10,52	10,47		6,93
12	9,95	9,89	9,84		-1,10
13	11,96	11,55	11,50		-3,90
14	4,38	4,18	4,16		-5,08
15	7,84	7,76	7,72		-1,47
16	2,40	2,38	2,36		-1,49
17	5,82	6,28	6,25		7,39
18	2,04	2,41	2,40		17,56
19	2,07	2,64	2,63		26,75
20	1,30	1,53	1,52		16,35
21	0,96	0,94	0,93		-2,64
22	2,42	3,09	3,07		26,98
23	7,73	8,00	7,96		3,04
24	7,75	8,07	8,03		3,63
25	4,51	4,82	4,79		6,38
26	6,29	6,45	6,42		2,08
27	2,13	2,43	2,42		13,67
28	1,91	1,83	1,82		-4,66
29	5,66	6,34	6,31		11,42
30	11,72	13,41	13,35		13,89
31	3,99	4,01	3,99		0,09
32	6,62	6,04	6,01		-9,11
33	4,77	4,33	4,31		-9,77
34	7,49	7,81	7,78		3,89
35	4,24	4,25	4,23		-0,12
36	4,52	4,54	4,52		-0,05
37	3,56	3,60	3,58		0,74
38	6,89	7,66	7,62		10,60
39	6,08	6,52	6,49		6,81
40	5,49	6,32	6,29		14,58

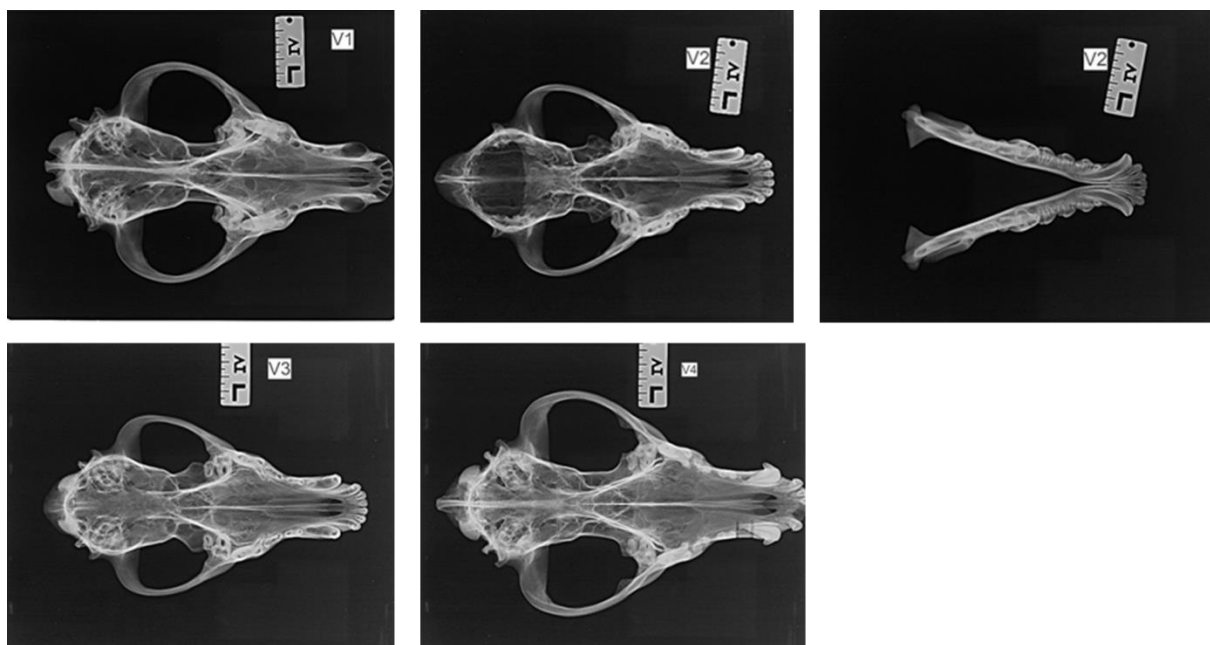
1 celotna dolžina lobanje, 2 kondilobazalna dolžina, 3 bazalna dolžina, 4 bazokranialna os, 5 bazofacialna os, 6 dolžina nevrokranija, 7 zgornja dolžina nevrokranija, 8 dolžina viscerokranija, 9 dolžina obraznega dela lobanje, 10 največja dolžina vzdolž nosnih kosti, 11 dolžina možganske kletke, 12 dolžina gobca, 13 medialna dolžina neba, 14 dolžina horizontalnega dela nebnice, 15 skupna dolžina ličniške vrste, 16 skupna dolžina kočniške vrste, 17 dolžina predkočniške vrste, 18 dolžina lomilcev, 19 dolžina lomilčeve zobnice, 20 dolžina M1, 21 dolžina M2, 22 največji premer bobničnega mehurja, 23 največja širina zatilničnega trikotnika, 24 širina lobanje na višini dorzalnega dela zunanjega sluhovoda, 25 največja širina zatilničnih čvršev, 26 največja širina na višini jugularnih podaljškov, 27 največja širina velike odprtine, 28 višina velike odprtine, 29 največja širina nevrokranija, 30 širina na ličnih lokih, 31 širina zadnjega dela lobanje, kavdalno od supraorbitalnih podaljškov, 32 širina čelnice, 33 kavdalna širina med orbitama, 34 največja nebna širina, 35 nebna širina za podočniki, 36 nebna širina med zobnicama podočnikov, 37 največja notranja višina orbite, 38 višina lobanje, 39 višina lobanje brez sagitalnega grebena, 40 višina zatilničnega trikotnika

4.3. RENTGENSKE SLIKE TER PRIMERJAVA MERITEV NA POSNETKIH Z MERITVAMI LOBANJ

Volčje in pasje lobanje smo rentgensko slikali v ventralni projekciji pri istih nastavitvah. Slikali smo 4 volčje lobanje (v1–v4) ter eno spodnjo čeljustnico (Slika 21) in 15 pasjih lobanj (p21–p33) (Slika 22).

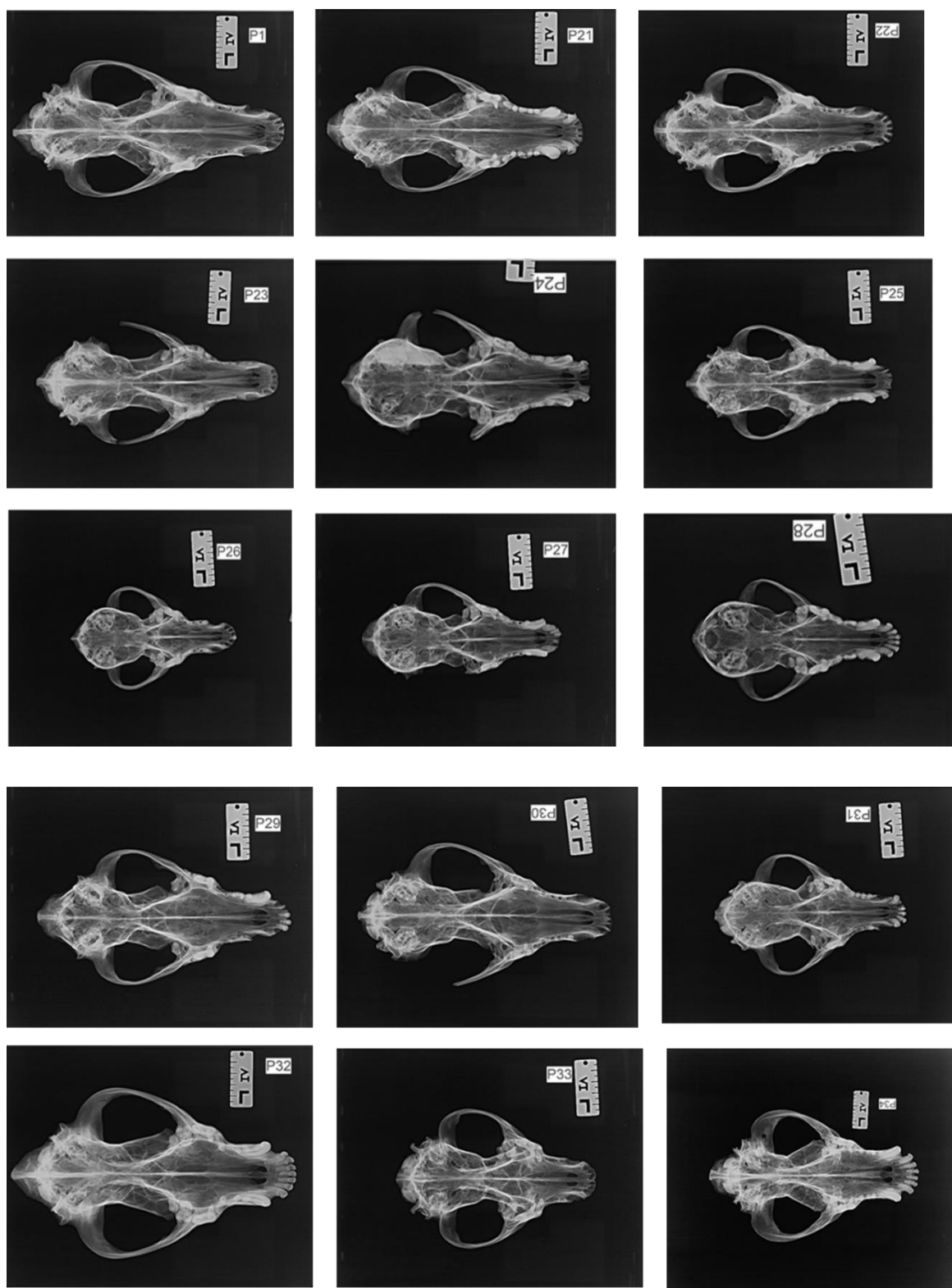
Na rentgenskih posnetkih je omogoče opazovati morfološke značilnosti in opraviti nekatere meritve. Izvedljivost posameznih meritev je odvisna od projekcije. Slikanje smo opravili v skladu s standardi rentgenskega slikanja. Vsaka lobanja je bila nameščena na podlago na isti način, pod istimi pogoji, z enakim odklikom od podlage in enako naravnostjo lobanje glede na središčno os.

Na ventralnih projekcijah ni mogoče opazovati morfoloških značilnosti, kot so morfologija orbitalnega kota, oblika telesa sprednje zagozdnice ter ocenjevati aerorinhije. Mogoče bi bilo izmeriti parametre, ki so bili izmerjeni na ventralnem delu lobanje (Slika 9), in nekatere parametre z dorzalnega dela lobanje (Slika 8), odvisno od izbranih merilnih točk.



Slika 21: Ventralni rentgenski posnetki lobanj volkov.

Figure 21: Ventral x-ray projection of wolf skulls.



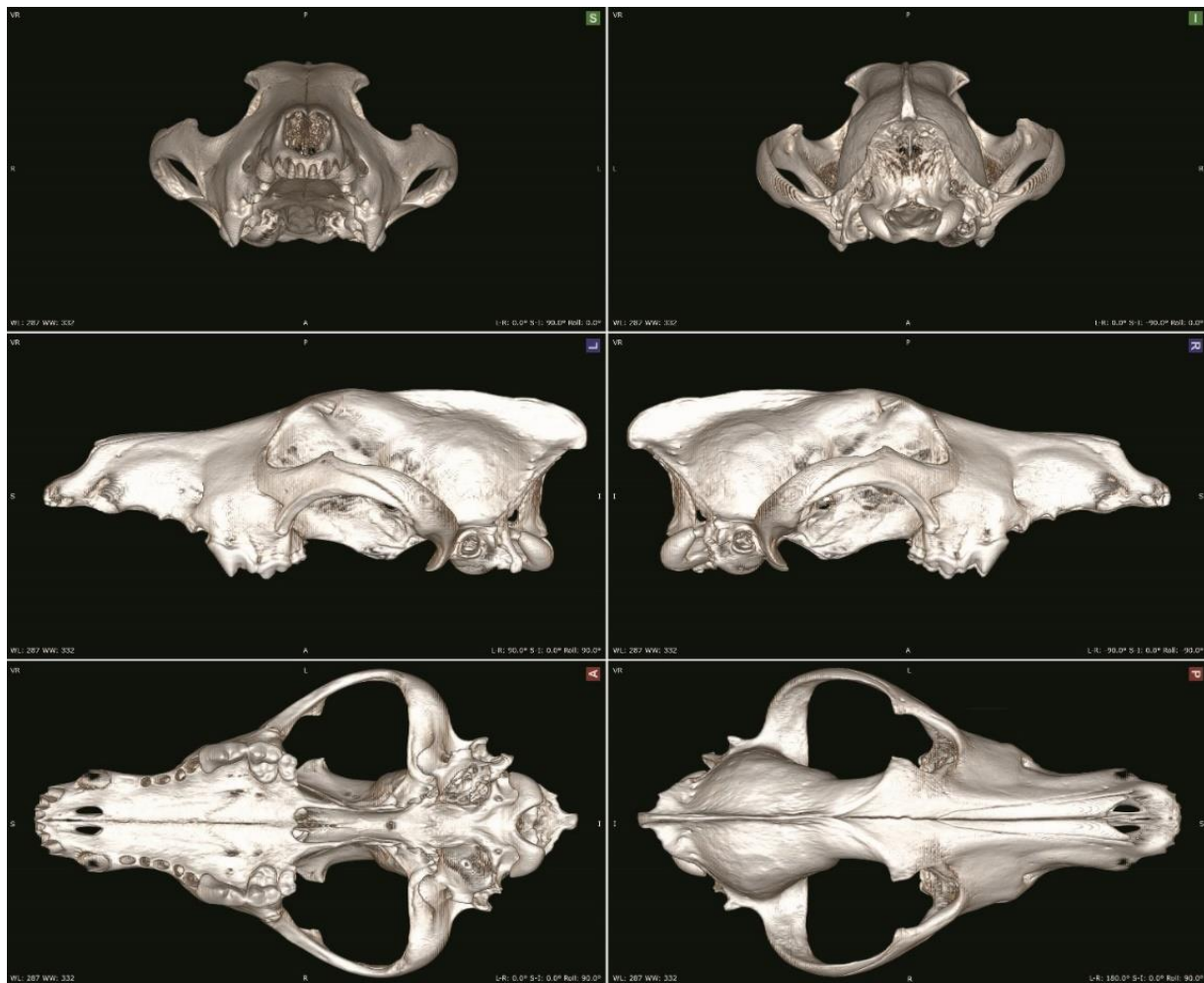
Slika 22: Ventralni rentgenski posnetki lobanj psov.

Figure 22: Ventral x-ray projection of dog skulls.

4.4. RAČUNALNIŠKA TOMOGRAFIJA TER PRIMERJAVA MERITEV NA POSNETKIH Z MERITVAMI LOBANJ

Lobanje smo slikali s pomočjo metode računalniške tomografije (CT) pri istih nastavitvah. Slikali smo 4 volčje lobanje (v1–v4) in 15 pasjih lobanj (p21–p33). Iz posameznih posnetkov CT smo z ustreznim računalniškim programom (Radiant DICOM viewer) pripravili animirani 3D posnetek, ki ga lahko opazujemo v različnih pogledih (Sliki 23 in 24). Na ta način lahko vrednotimo večino morfoloških značilnosti lobanj in hkrati lahko, odvisno od pogleda, opravimo tudi vse meritve.

Na slikah 3D projekcij CT lahko primerjamo in izmerimo morfologijo očničnega kota, ocenjujemo lahko aerorinhijo in opazujemo morfološke strukture, kot npr. obliko telesa sprednje zagozdnice. Mogoče bi bilo tudi izmeriti večino opisanih parametrov, ki so prikazani na Slikah 8–11. V literaturi so že opisane meritve tudi na 3D slikah, animiranih iz posnetkov CT, vendar ker se meritve opravljene neposredno na lobanjah bistveno ne razlikujejo od meritev na 3D slikah, je takšen tehnološko sicer sodobnejši način merjenja za zdaj še manj v uporabi.



Slika 23: 3D CT prikaz vzorčne lobanje volka v različnih pogledih (kranialni, kavdalni, levi stranski, desni stranski, ventralni in dorzalni)

Figure 23: 3D CT view of the wolf's sample skull in different projections (cranial, caudal, left lateral, right lateral, ventral and dorsal).



Slika 24: 3D CT prikaz vzorčne lobanje psa v različnih pogledih (kranialni, kavdalni, levi stranski, desni stranski, ventralni in dorzalni).

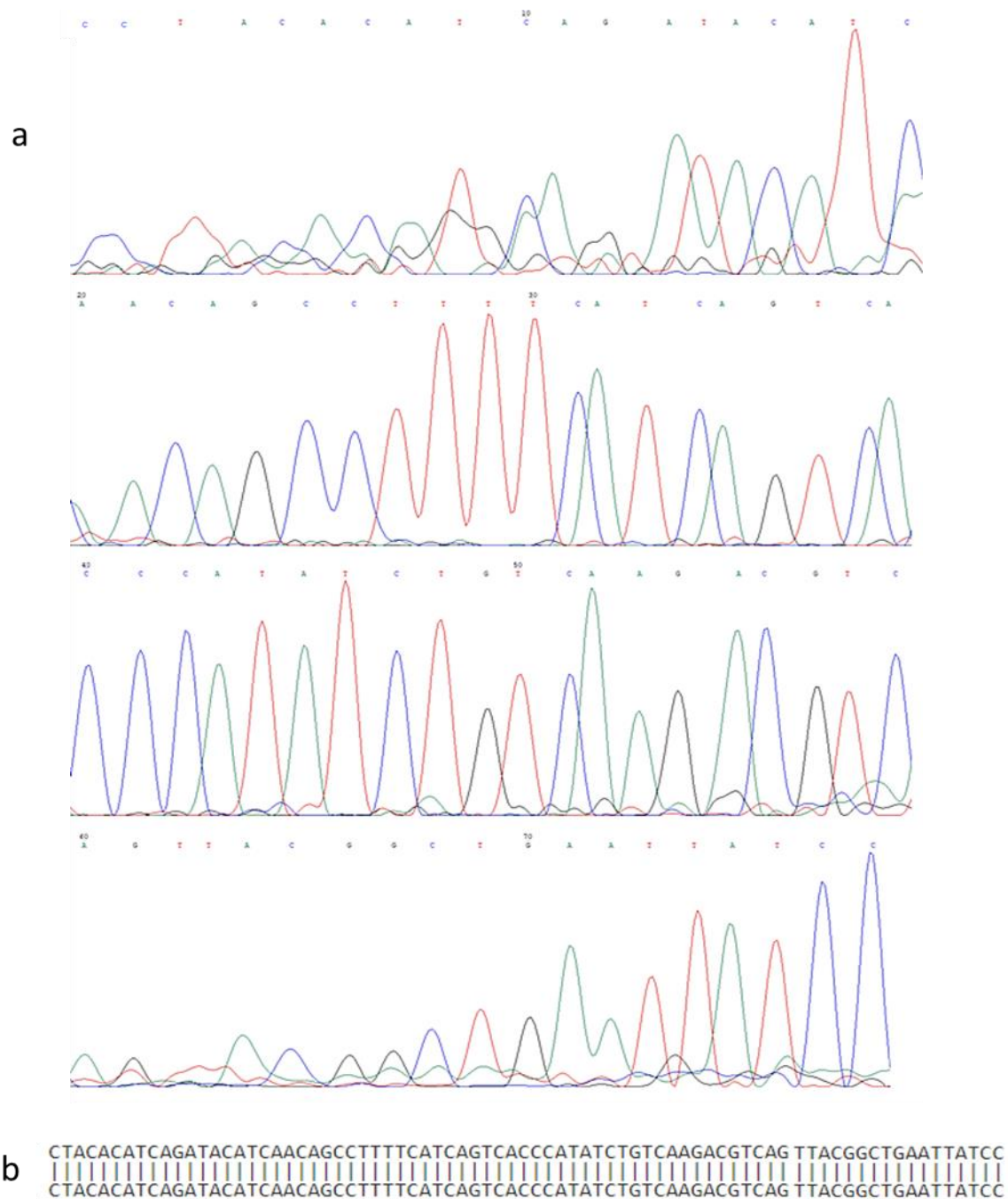
Figure 24: 3D CT view of the dog's sample skull in different projections (cranial, caudal, left lateral, right lateral, ventral and dorsal).

4.5 REZULTATI SPECIACIACIJE LOBANJ

Na vzorcih DNA, izoliranih iz zob smo s sekvenčno reakcijo preverjali pripadnost vrsti. Pri tem smo najprej z reakcijo PCR pomnožili DNA odsek gena *CYTb1* (gen za citokrom b), tako na referenčnem vzorcu volčje DNA, kot na vzorcu DNA izoliranem iz zoba najdene lobanje. Nato smo s sekvenčno reakcijo potrdili vrstno specifične polimorfizme.

4.5.1 Vrstno specifični polimorfizem znotraj odseka gena *CYTb1* iz referenčnega izolata DNA volčje lobanje

Iz primerjeve kromatograma sekvenčne reakcije (Slika 25a) s podatki iz genske banke je razvidno, da se 78 baznih parov dolgo nukleotidno zaporedje znotraj odseka gena *CYTb1* 100 % ujema z nukleotidnim zaporedjem, ki je značilno za različne podvrste *Canis lupus* (Slika 25b).

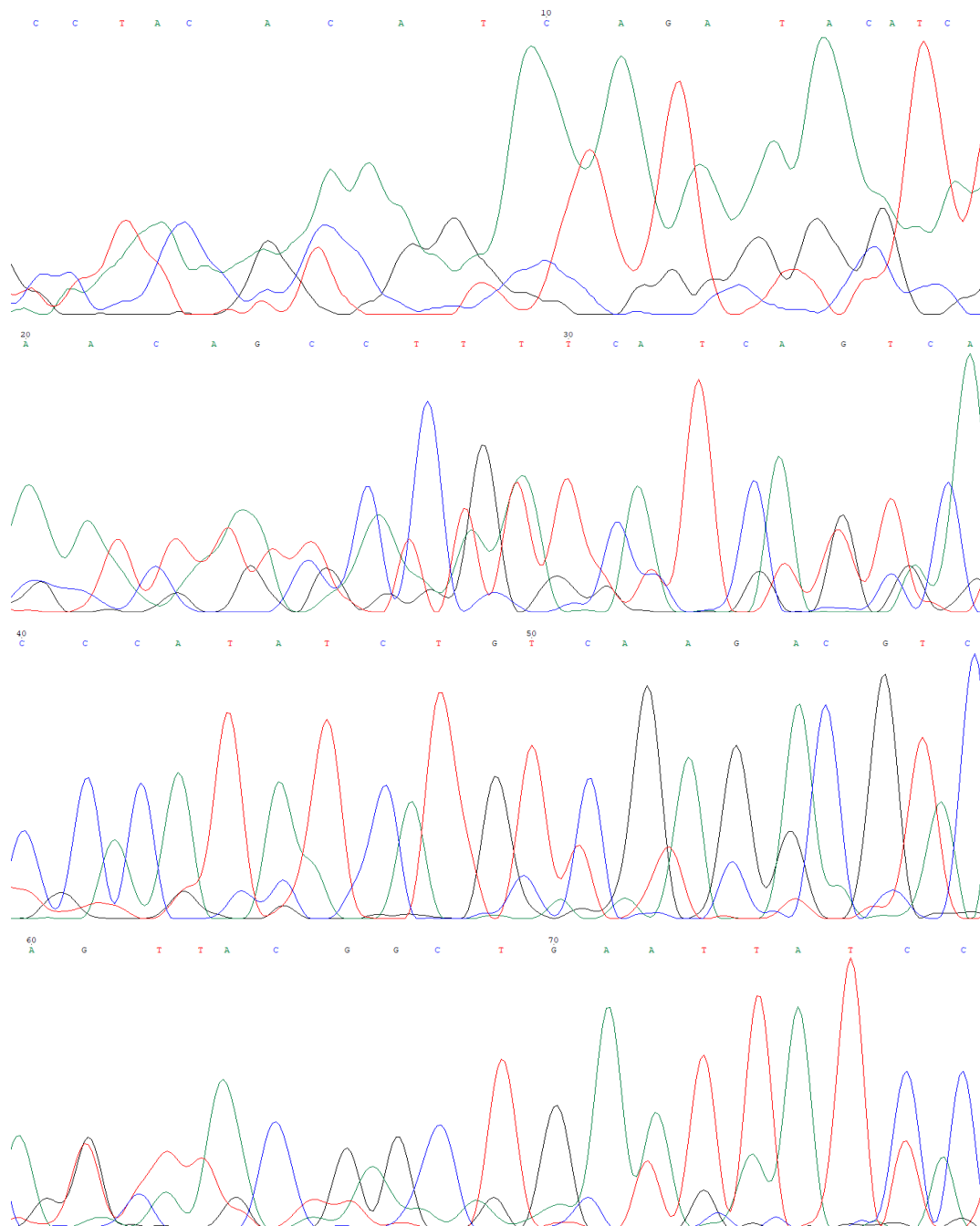


Slika 25: Referenčni kromatogram in ujemanje nukleotidnega zaporedja. (a) Referenčni kromatogram dolžine 78 bp dolgega pomnoženega odseka volčjega gena *CYTb1*, (b) prikazano je 100 % ujemanje nukleotidnega zaporedja pomnoženega odseka volčjega gena *CYTb1* s podatki iz genske banke, ki se pojavljajo pri različnih podvrstah vrste *Canis lupus*.

Figure 25: Reference chromatogram and nucleotide sequence alignment. (a) Reference chromatogram of the wolf gene segment *CYTb1* (length 78 bp), (b) 100% alignment of the nucleotide sequence with the data from the gene bank, that appear in different subspecies of *Canis lupus*.

4.5.2 Vrsto specifični polimorfizem znotraj odseka gena *CYTb1* iz izolata najdene lobanje DNA

Nukleotidno zaporedje iz kromatograma sekvenčne reakcije pomnoženega odseka gena *CYTb1* se prav tako ujema s podatki podatki iz genske baze (Slika 26).



Slika 26: Kromatogram odseka gena *CYTb1* (dolžine 78 bp) iz DNA izolata najdene lobanje.

Figure 26: Chromatogram of a 78 bp segment of the *CYTb1* gene from a DNA isolate of a discovered skull.

5 RAZPRAVA

Najpomembnejše morfološke in morfometrijske lastnosti, ki se uporabljajo za razlikovanje lobanj, so rast lobanje, dolžina in širina gobca, dolžina podočnikov, velikost očničnih kotov, oblika presfenoidalne kosti, aerorinhija in različne druge morfološke in morfometrične značilnosti (Benecke, 1987; Clutton-Brock, 1962; Degerbøl, 1961; Lapini in sod., 2010; Frost in sod., 2003). V raziskovalni nalogi smo se osredotočili na več različnih načinov morfološkega določanja vrstne specifičnosti lobanj, opravili smo tudi več kot 40 meritev in skušali genetsko določiti vrstno specifičnost lobanj, predvsem najdene lobanje.

Za razlikovanje med lobanjami obeh podvrst smo najprej izmerili velikost očničnega (orbitalnega) kota na lobanjah. Pri volčjih lobanjah so bili izmerjeni očnični koti manjši, v razponu od 38° – 48° , kot kot pri pasjih, kjer smo izmerili kote v razponu od 50° – 66° . Očnični kot so predvsem na arheoloških najdbah volkov preučevali številni avtorji. Razlike v primerjavi z izmerjenimi vrednostmi pri psih so povezovali z domestifikacijo in načinom prehranjevanja. V starejših študijah poročajo, da je orbitalni kot pri psih 49° – 55° in volkovih 39° – 46° , kasneje pa so ugotovili, da prihaja med volčjimi lobanjami ter sodobnimi pasjimi tudi do 50–odstotnega prekrivanja v razponu očničnih kotov (Janssens in sod., 2016). Prekrivanja lahko delno pripisujemo različnim metodologijam proučevanja, sicer pa so vrednosti predvsem odvisne od raznolikosti pasem psov ali podvrst volkov. Zelo pomembno je tudi primerjati velikost očničnih kotov na obeh straneh lobanje. Stopnja simetrije namreč odraža potencial posameznega osebka, njegovo obvladovanje okolja, kar se kaže v usmerjeni rasti ter je ob dedni dispoziciji predvsem povezana z okoljskim stresom in dednostjo (Van Dongen, 2006). Višja stopnja simetrije je bila opazna pri dominantnejših osebkih, višje v hierarhiji, ki so bi bili tudi spolno bolj privlačni in posledično imeli več potomcev (De Coster in sod., 2013). Prav tako v splošnem mlade pasme, ki so se še nedavno razvijale, kažejo izrazitejšo asimetrijo kot dolgo obstoječe, ki skozi daljše obdobje vseskozi pridobivajo večjo razvojno stabilnost (Janssens in sod., 2016). Meritev očničnih kotov nam lahko služi za orientacijo, ne pa kot popolno orodje za določevanje podvrste, zato je potrebno opraviti še druge meritve in opazovanja morfoloških značilnosti.

Očnične kote smo opazovali tudi na slikah, posnetih s pomočjo računalniške tomografije, kjer smo jih lahko tudi izmerili. Neposredne meritve ne odstopajo bistveno od meritev na CT posnetkih. V literaturi so opisane meritve tudi na 3D projekcijah, računalniško animiranih CT posnetkov, vendar ker so v teh primerih prav tako neposredno opravljene meritve primerljive

z meritvami na 3D projekcijah, je sicer sodobnejši, a precej dražji način merjenja in zato splošno manj v uporabi.

Razlike v orientaciji obraznega skeleta glede na lobanjsko bazo so v sklopu razvojnih, funkcionalnih, in evlucijskih mehanizmov opazovali najprej pri primatih (Frost in sod., 2003). Študije so nato razširili še na volkove, posebej na populacije, iz različnih območij (Milenkovič in sod., 2010). Pri dinarsko-balkanskih volkovih so opazili dorzalno fleksijo obraza, aerorinhijo, pri kateri so podočniki dvignjeni nad podlago, za razliko od karpatskih populacij, za katere je značilna ventralna fleksija obraza, klinorinhija (Milenkovič in sod., 2010). To je ena izmed značilnosti, ki pomagajo pri ugotavljanju porekla volkov oz. razlikovanju volkov z različnih geografskih področji. Opazovanje orientacije obraznega skeleta oz. obrazne fleksije in merjenje kotov, t. i. geometrijska morfometrija, ki obravnava in beleži predvsem določene geometrijske značilnosti lobanje, bi lahko predstavlja potencialno dodatni kriterij razlikovanja lobanj, saj so v literaturi pogostejše navajani zgolj tradicionalni morfometrični podatki izmerjenih razdalj ali kotov. Raziskovanje aerorinhije, ki jo je mogoče ocenjevati tudi na slikah, pa je manj pogosto. Opis aerorinhije je v literaturi nekoliko bolje opisan pri brahocefaličnih pasmah psov (Geiger, 2016). V naši študiji smo opazili večjo stopnjo aerorinhije pri lobanjah volkov, kot pri psih. Glede na najdbe lobanj in vpletenih volkov bi volčje lobanje pripadale skupini dinarsko–balkanskih volkov. Za natančnejše podatke bi bilo treba natančno definirati kot med obraznim in možganskim delom. Ob drugačni postavitvi lobanj pri rentgenskem slikanju, bi si lahko pomagali tudi z rentgenskimi posnetki, predvsem pa s 3D slikovnimi rekonstrukcijami. Za natančnejše študije bi bilo treba povečati vzorčno število lobanj, za preučevanje aerorinhije predvsem takih z ohranjenimi podočniki. Aerorinhija naj bi bila povezana z načinom prehranjevanja in prilagajanja svojemu habitatu. Razlike v morfologiji lobanj obstajajo že med prostoživečimi volkovi, pa tudi s pasjimi lobanjami, saj so se slednji še bolj ekstremno prilagodili na drugačen način prehranjevanja.

V literaturi so pri najdenih lobanjah opisovali tudi obliko telesa sprednje zagozdnice (*corpus os presphenoidale*) (Lapini in sod., 2010). Pri volčjih lobanjah je telo sprednje zagozdnice opisano z dvema simetričnima stranskima razširitvama, ki spominjata na na moljevi ali večšini krili. Za pasjo sprednjo zagozdnico pa je značilno tanjše, lanceti ali črki Y podobno telo. Omenjeni obliki sprednjih zagozdnic smo opazili tudi pri naših študijah, kar je bilo v pomoč pri ločevanju lobanj. Opisana značilnost je posebnost, ki jo poznajo tudi lovci. V literaturi smo opis opazili samo v enem članku (Lapini in sod., 2010). Ne služi kot edini parameter za

ločevanjem med pasjo in volčjo lobanjo, marveč kot eden od opisnih parametrov, poleg še ostalih tudi morfometričnih parametrov (Lapini in sod., 2010). Vse spremembe na lobanjah opisujejo in povezujejo s procesom domestifikacije, kar najverjetneje velja tudi za obliko telesa sprednje zagozdnice, vendar konkretne potrditve v literaturi nismo našli. Morfološka raznolikost in posledična variabilnost morfometričnih podatkov je izrazitejša pri udomačenih živalih, ki so vključene v procese načrtne selekcije in kjer je hitrost evolucijskih sprememb umetno pospešena. Pri divjih živalih evolucijske spremembe nastajajo počasneje, zgolj po naravni poti, kar se odraža v manjši morfološki variabilnosti osebkov (Geiger, 2018).

Morfometrične razlike med podvrstama smo prikazali tudi kot relativna odstopanja izmerjenih vrednosti pri volku v primerjavi z izmerjenimi vrednostmi pri psu (Tabela 5). Največja odstopanja smo opazili pri meritvah lomilcev (merjeno pri cingulumu), dolžini njihovih zobnic, širini M1 (merjeno pri cingulumu). Opažene razlike so v skladu s podatki v literaturi (Gonzales in sod., 2020), ki opredeljuje splošne morfološke značilnosti zobovja iberskega volka glede zobne formule in strukture zob, ki služijo kot dodatna forezinčna orodja, ki skupaj z drugimi dokazi na mestu napada služijo za ugotavljanje izvora ugrizov na napadenih pašnih živalih ter so v pomoč pri interpretaciji dogodkov. V študiji (Toledo Gonzales in sod., 2020) so uporabili tudi rentgenske slike zob, da bi pridobili dodatne forenzične podatke o ugrizih pri pašnih živalih. Na naših rentgenskih posnetkih to ni najboljše razvidno. V prihodnosti pa bi bilo smiselno slikati predkočnike in kočnike na volčjih in pasjih lobanjah s pomočjo zobnega rentgena in primerjati ali bi s pomočjo tako pridobljenih rentgenskih slik lahko ugotavljali razlike v zobovju in zobnicah med pasjo in volčjimi podvrstami. Naše rentgenske slike so bile narejene v ventralni projekciji, kjer so vidne le nekatere karakteristike zob, kar je premalo za natančnejše primerjave razlik med pasjimi in volčjimi zobmi.

Izrazite razlike so bile opazne pri premeru bobničnega mehurja. Po naših meritvah je ta pri volku v povprečju skoraj 27 % večji, kar kaže na izrazito pomembnost sluha pri prostoživečih podvrstah volkov. Tudi višina zatilničnega trikotnika ugotovljena pri volku, ki je bila v naši študiji za 17% višja pri volku v primerjavi s psom, je primerljiva s podatki iz literature (Curth, 2017; Pitulko, 2017).

Nekoliko manjša odstopanja so bila zaznana pri meritvah dolžine bazokranialne osi, pri meritvah največje širine velike odprtine, pri največji širini možganske kletke, zadnji širini med orbitama, višini lobanje, kot tudi višini brez sagitalnega grebena. Podatki v literaturi kažejo na podoben trend (Curth in sod., 2017; Pitulko in Kasparov, 2017).

Manjša odstopanja pa smo opazili pri kondilobazalni dolžini, bazalni dolžini lobanje, dolžini nevrokranija, dolžini viscerokranija, dolžini možganske kletke, skupni dolžini premolarne vrste, največji širini zatilničnega trikotnika, širini dorzalnega dela zunanega sluhovoda, največji širini zatilničnih čvršev, višini velike odprtine, največji nebni širini ter največji notranji višini orbite. Vrednosti teh izmer so bile pri volčjih lobanjah v povprečju sicer nekoliko višje kot pri pasjih, vendar menimo, da nam te vrednosti, predvsem zaradi večje stopnje prekrivanja z meritvami pri pasjih lobanjah, lahko pri identifikaciji oz. speciaciji služijo le kot pomožne vrednosti. Nasprotno pa so bile bazofacialna razdalja, največja dolžina nosnih kosti, dolžina gobca, medialna dolžina neba, dolžina ličniške vrste, ter dolžina kočniške vrste izmerjene pri volčjih lobanjah, krajše kot pri pasjih lobanjah, kar je primerljivo z ugotovitvami Lapinija (Lapini in sod., 2010) in kasneje Greigerja (Greiger in sod., 2017).

V okviru raziskovalne naloge smo želeli potrditi, da smo najdeni lobanji, pravilno vrstno opredelili. Pri tem smo najprej z reakcijo PCR pomnoževali ustrezen odsek gena na katerem so vrstno specifični nukleotidni polimorfizmi. Žal pa pri sekvenčni reakciji nismo dobili pričakovanega rezultata. Pomnoženi segmenti so bili v našem primeru namreč dolgi le približno 80 bp, kar predstavlja relativno kratke odseke. Podatki primerjave rezultatov sekvenčne reakcije s podatki iz genske baze kažejo, da je ta pomnoženi odsek znotraj vrste *Canis lupus* ohranjen in ne vsebuje polimorfizmov s katerimi bi lahko razlikovali med podvrstami, torej med volkom in psom. Menimo, da bi bilo smiselno pomnoževati daljše odseke ustreznih genov, dolge vsaj med 250 oz. 600 bp. Domnevamo, da bi na takih dolgih nukleotidnih zaporedjih verjetneje ugotovili morebitne polimorfizme uporabne za ločevanje med volčjimi in pasjimi podvrstami. Seveda bi zato potrebovali vzorčno DNA ustrezne kvalitete, ki ni bila podvržena prekomernim procesom razgradnje zaradi izpostavljenosti ekstremnim klimatskim razmeram v najdišču. Za določanje vrste živali z daljšim odsekom gena *CYTb1* bi potrebovali vzorčno verigo DNA dolžine vsaj 250 bp, pri odseku gena *COI*, ki ga potencialno tudi lahko uporabimo za določitev vrst oz. podvrst pa dolžino DNA odsekov v velikosti vsaj 600 bp. Pri takih preiskavah je smiselno uporabiti nekoliko večje količine materiala, v kar pa nismo želeli posegati saj so bile najdene lobanje last zasebnih zbirk.

6 SKLEPI

V večini literature je mogoče najti enega ali nekoliko različnih načinov določanja razlik med pasjimi in volčjimi lobanjami, ki se močno osredotočajo samo na proučevani segment, ne navajajo pa ostalih možnih parametrov, ki so bodisi morfološke ali morfometrične narave, s katerimi bi bilo mogoče oceniti, ali gre za lobanjo psa ali volka. Vsaka od predlaganih metodologij ima svoje omejitve ter prekrivanja med volkovi in psi, zato je za zanesljivejšo identifikacijo lobanj potrebno uporabiti čim več različnih metodologij. Najbolj natančno opredelitev specifikacijo vrste omogoči analiza DNA, ob ustrezno izbranih nukleotidnih začetnikih.

V raziskovalni nalogi je prikazanih več različnih metodologij, ki skupaj omogočijo natančnejšo identifikacijo in speciacijo pasjih in volčjih lobanj.

7 POVZETEK

V procesu domestikacije se je razvilo več pasem psov, določene se od volkov močno razlikujejo, pri nekaterih pa so prisotne le manjše razlike v morfoloških in morfometričnih lastnostih. Lobanje volka in mezocefaličnih pasem ni enostavno ločevati, zato je pomembno poznavanje različnih morfoloških in morfometričnih parametrov, ki nam pri tem pomagajo. S spremljanjem in merjenjem le enega oz. nekaj parametrov namreč težko natančneje opredelimo poreklo lobanje. V literaturi so opisani nekateri posamezni parametri, ki so bodisi arheološko ali evolucijsko naravnani ali pa se osredotočajo le na določene dele lobanje, manj pa je celostnih obravnav za namene forenzičnega določanja.

Namen našega raziskovanja je bil zbrati različne metodologije določanja in ločevanja lobanje volka od lobanje psa in s tem prispevati k celostnemu pogledu na evolucijsko nastale razlike med lobanjami volka in mezocefaličnih pasem psov, ki nam lahko pomagajo pri determinacijskih študijah ter forenzičnih preiskavah.

V raziskavi smo preverjali naslednje hipoteze:

- med lobanjo volka in psa obstajajo znatne razlike,
- za natančnejšo determinacijo je potrebno morfološko ovrednotiti značilnosti vzorčnih lobanj ter ključne meritve statistično analizirati,
- s sekvenčno analizo DNA lahko potrdimo zanesljivost determinacije vrste.

Raziskava je potekala v dveh delih, kjer smo ocenjevali morfološke in morfometrične razlike med pasjimi in volčjimi lobanjami in pri tem uporabili 18 pasjih in 4 volčje lobanje. Uporabili smo različne morfološke parametre (morfologija očničnega kota, oblika telesa sprednje zagozdnice in aerorinhija) ter več kot 40 morfometričnih meritev, od katerih smo nekatere spremljali tudi na rentgenskih posnetkih in 3D CT tehniki. Želeli smo tudi genetsko določiti vrsto pri dveh najdenih lobanjah.

Rezultati so pokazali največje razlike med volčjimi in pasjimi lobanjami pri meritvah dolžine lomilcev (merjeno pri cingulumu), njihovih zobnic (alveol), širine M1 (pri cingulumu), največjega premera bobničnega mehurja ter meritve višine zatilničnega trikotnika. Nekoliko manj očitne razlike so bile opazne pri meritvah bazokranialne osi, največje širine velike odprtine, največje širine možganske kletke, zadnje širine med orbitami, višine lobanje ter višine lobanje brez sagitalnega grebena ter dolžine horizontalnega dela nebnice in širine zadnjega dela

lobanje. Opazovanje morfoloških značilnosti je pokazalo razlike med volčjimi in pasjimi lobanjami, vendar je pomembno ob morfoloških značilnostih upoštevati še morfometrične razlike.

Z rezultati naše raziskave smo potrdili prvi dve hipotezi, za potrditev tretje hipoteze pa bi bilo potrebno opraviti še dodatne preiskave.

8 ZAHVALE

Največja in najpomembnejša zahvala gre mentorici izr. prof. dr. Valentini Kubale in somentorju doc. dr. Matjažu Uršiču. Brez njunega znanja, svetovanja, usmerjanja in tudi spodbujanja te raziskovalne naloge ne bi bilo. Njuna požrtvovalnost se je izkazala kot ključna za izvedbo naloge.

K večji natančnosti meritev je pripomogla študentka Maja Vidmar, ki je izvedla vse meritve in tako pripomogla k zmanjševanju napake. Prav tako pa je sodelovala pri pregledu literature, ki se nanaša na postavitev merjenih točk ter predhodno izvednih meritev v dostopnih člankih. Zahvaljujem se ji za vso pomoč in opravljeno delo.

Zahvalila bi se Inštitutu za predklinične vede, Enoti za anatomijo, histologijo z embriologijo in citologijo, ki so nam omogočili realizacijo naše naloge.

Raziskovalna naloga je potekala v okviru raziskovalne skupine P4-0053, ki se ji zahvaljujem za financiranje, še posebej njeni vodji prof. dr. Milki Vrecl Fazarinc.

Zahvalila bi se tudi asist. Esteri Pogorevc in Roku Korljanu iz Klinike za male živali za izvedbo RTG slik in CT posnetkov lobanj. Nina Arlič (Eva Klevska) je pomagala pri profesionalnem slikanju lobanj, za kar se ji zahvaljujem.

Brez zadostnega števila lobanj ne bi šlo, za kar se zahvaljujem Branku Travnkarju, ki sem mu hvaležna tudi za vso tehnično pomoč. Zahvala gre tudi Anji Lepoša za lobanjo, ki jo je nesebično posodila za namene izdelave naloge.

Doc. dr. Marko Cotman je zaslužen za pomoč pri drobitvi zobkov za določanje DNA, ter izvedbo postopka za določanje DNA pri različnih živalskih vrstah.

Za pomoč pri urejanju literature in vso ostalo pomoč iz knjižnice se zahvaljujem Stanki Ujc.

Za lektoriranje slovenskega jezika se zahvaljujem prof. Nadi Mulej, za lektoriranje angleškega jezika pa prof. dr. Catrin S. Rutland iz Veterinarske fakultete v Nottinghamu, Velika Britanija.

9 LITERATURA

1. Adams DC, Rohlf FJ, Slice DE. Geometric morphometrics: ten years of progress following 'revolution'. Ital J Zool 2004; 71 (1): 5–16.
doi: [10.1080/11250000409356545](https://doi.org/10.1080/11250000409356545)
2. Ameen C, Hulme-Beaman A, Evin A, et. al. A landmark-based approach for assessing the reliability of mandibular tooth crowding as a marker of dog domestication. J Archaeol Sci 2017; 85: 41–50. doi: [10.1016/j.jas.2017.06.014](https://doi.org/10.1016/j.jas.2017.06.014)
3. Animal network team. Six important differences between dogs and wolves (online). <https://animals.net/six-important-differences-between-dogs-and-wolves/> (15. 5. 2022).
4. Arcus M, Ingst LF, Aher Z, Zaher H. Application of landmark morphometrics to skulls representing the orders of living mammals. Hystrix Ital J Mammal 2000; 11:27–47. doi: [10.4404/hystrix-11.1-4135](https://doi.org/10.4404/hystrix-11.1-4135)
5. Benecke N. Studies on early dog remains from Northern Europe. J Archaeol Sci 1987; 14:31–49. doi: [10.1016/S0305-4403\(87\)80004-3](https://doi.org/10.1016/S0305-4403(87)80004-3)
6. Boitani L. Action plan for the conservation of wolves in Europe (*Canis lupus*) (online). Strasbourg: Council of Europe, 2000: 84 str. http://www.cap-loup.fr/wp-content/uploads/loup_plan_action_Europe_Boitani-2000.pdf (25. 5. 2021).
7. Boitani L. *Canis lupus*. IUCN Red List of Threatened Species 2018; eT3746A144226239.
<https://www.iucnredlist.org/fr/search/map?taxonomies=100428&searchType=species> (2. julij 2021).
8. Clutton-Brock J. Near Eastern canids and the affinities of the Natufian dogs. Z Tierzucht Zuchtungsbiol 1962; 76:326–33.
doi: [10.1111/j.1439-0388.1961.tb01213.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1961.tb01213.x)
9. Curth S. Modularity and integration in the skull of *canis lupus* (Linnaeus 1758): a geometric morphometrics study on domestic dogs and wolves. Jena: Faculty of Biology and Pharmacy of the Friedrich Schiller University Jena, 2018. Doctoral Thesis.
10. Curth S, Fischer MS, Kupczik K. Patterns of integration in the canine skull: an inside view into the relationship of the skull modules of domestic dogs and wolves. Zoology 2017, 12: 1–9. doi: [10.1016/j.zool.2017.06.002](https://doi.org/10.1016/j.zool.2017.06.002)

11. Curth S, Fischer MS, Kupczik K. Can skull predict the shape of the temporomandibular joint? A study using geometric morphometrics on the skulls of wolves and domestic dogs. *Ann Anat* 2017; 214: 53–62. doi: [10.1016/j.aanat.2017.08.003](https://doi.org/10.1016/j.aanat.2017.08.003)
12. Čujec T. Stališča rejcev drobnice do volka (*Canis lupus*). Nova gorica: Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za znanosti o okolju, 2014. Diplomaska naloga.
13. De Coster G, Van Dongen S, Malaki P et al. Fluctuating asymmetry and environmental stress: understanding the role of trait history. *PLoS One* 2013; 8: e57966. (8 str) doi: doi.org/10.1371/journal.pone.0057966
14. Degerbøl M Der Hund, das älteste Haustier Danemarks. *Z Tierzucht Zuchtungsbiol* 1961; 76:334–41. doi: [10.1111/j.1439-0388.1961.tb01214.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1961.tb01214.x)
15. Drake AG, Klingenberg CP. Large-scale diversification of skull shape in domestic dogs: disparity and modularity. *Am Nat* 2010; 175: 289–301. doi: [10.1086/650372](https://doi.org/10.1086/650372)
16. Fazarinc G, Lovšin Barle E, Štrbenc M, Uršič M. Anatomija domačih sesalcev. Osteologija in artrologija, Ljubljana : Veterinarska fakulteta, 2007.
17. Frost SR, Marcus LF, Bookstein FL, Reddy DP, Delson E. Cranial allometry, phylogeography, and systematics of large-bodied papionins (primates: *Cercopithecinae*) inferred from geometric morphometric analysis of landmark data. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol* 2003; 275:1048–72. doi: [10.1002/ar.a.10112](https://doi.org/10.1002/ar.a.10112)
18. Gácsi M, Gyori B, Miklósi A, et al. Species-specific differences and similarities in the behavior of hand-raised dog and wolf pups in social situations with humans. *Dev Psychobiol* 2005; 47: 111–22. doi: [10.1002/dev.20082](https://doi.org/10.1002/dev.20082)
19. Galateanu G, Hidebrandt TB, Göritz F, Löhle K, Krone O. Evolution and domestication: skeletal morphological differences between wolf (*Canis lupus*) and dog (*Canis familiaris*) revealed by computed tomography. In: 16th international veterinary radiology association, meeting & EVDI Annual meeting. Bursa: Veterinary radiology association, 2012. doi: [10.1016/j.anbehav.2016.09.023](https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2016.09.023)
20. Geiger M, Sánchez-Villagra MS, Gascho D, Mainini C, Zollikofer CPE. Neomorphosis and heterochrony of skull shape in dog domestication. *Sci Rep* 2017; 7: e13443 (9 str.) doi: [10.1038/s41598-017-12582-2](https://doi.org/10.1038/s41598-017-12582-2)
21. Geiger M, Sánchez-Villagra MR. Similar rates of morphological evolution in domesticated and wild pigs and dogs. *Front Zool* 2018;15–23. doi: [0.1186/s12983-018-0265-x](https://doi.org/10.1186/s12983-018-0265-x)

22. Geiger M, Haussman S. Cranial suture closure in domestic dog breeds and its relationships to skull morphology. *Anat Rec* 2016; 299:412–20. doi: [10.1002/ar.23313](https://doi.org/10.1002/ar.23313)
23. Germonpréa M, Sablinb MV, Stevens RE, et al. Show more fossil dogs and wolves from palaeolithic sites in Belgium, the Ukraine and Russia: osteomtry, ancient DNA and stable isotopes. *J Archeol Sci* 2009; 36(2): 473–90. doi: [10.1016/j.jas.2008.09.033](https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.09.033)
24. Greiger M., Haussman S. Cranial suture closure in dog breeds and its relationships to skull morphology. *Anat Rec* 2016; 299(4): 412–20. doi: [10.1002/ar.2331](https://doi.org/10.1002/ar.2331)
25. Gurbuz I, Aytek IA, Demiraslan Y, Onar V. Geometric morphometric analysis of cranium of wolf (*Canis lupus*) and germans dog (*Canis lupus familiaris*). *Kafkas Üni Vet Fak Derg* 2020; 6(4): 525–32. doi: [10.9775/kvfd.2019.23841](https://doi.org/10.9775/kvfd.2019.23841)
26. Hall NJ, Lord K, Arnold AM, Wynne CDL, Udell MAR. Assessment of attachment behaviour to human caregivers in wolf pups (*Canis lupus lupus*). *Behav Process* 2015; 110; 15–21. doi: [10.1016/j.beproc.2014.11.00](https://doi.org/10.1016/j.beproc.2014.11.00)
27. Hindrikson M, Remm J, Pilot M, et al. Wolf population genetics in Europe: a systematic review, meta-analysis and suggestions for conservation and management. *Biol Rev* 2017; 92: 1601–29. doi: [10.1111/brv.12298](https://doi.org/10.1111/brv.12298)
28. Humane society international. European Grey Wolf 2021 (*Canis Lupus*) (online). <https://www.hsi.org/wp-content/uploads/2021/06/European-grey-wolf-factsheet.pdf> (2. julij 2021).
29. Janssens L, Spanoghe I, Miller R, Van Dongen S. Can orbital angle morphology distinguish dogs from wolves. *Zoomorphology*. 2016;135: 149–58. doi: [10.1007/s00435-015-0294-3](https://doi.org/10.1007/s00435-015-0294-3)
30. Janssens DH, Wu SJ, Sarthy JF, et al. Automated in situ chromatin profiling efficiently resolves cell types and gene regulatory programs. *Epigenetics Chromatin* 2018; 11: 74 (14 strani). doi:[0.1186/s13072-018-0243-8](https://doi.org/0.1186/s13072-018-0243-8)
31. Jamarski klub Novo mesto. Obisk Mihovške jame, 2019. <http://www.jknm.si/si/?id=534&l=2019> (25. 5. 2021).
32. Jerina K, Krofel M, Jančar T. Pregled učinkov odstrela volkov v Sloveniji in presoja skladnosti odstrela z določili Habitatne direktive. *Varstvo narave* 2014; 27: 51–71. https://zrsvn-varstvonarave.si/wpcontent/uploads/2019/07/Jerina_Krofel_Jancar_3717.pdf(2. julij 2021).

33. Keane M, Paul E, Sturrock CJ, et al. Computed tomography in veterinary medicine: currently published and tomorrow's vision. Ahmet Mesrur Halefoglu (ed) In: Halefoglu AM, ed. Computed Tomography – Advanced Applications. Rijeka; Intech, 2017. (Chapter 1)
34. Klenovšek T. Priročnik za uporabo geometrijske morfometrije v biologiji. Maribor: Fakulteta za naravoslovje in matematiko, 2014.
35. Kryštufek B, Brancelj A, Krže B, Čop J. Volk. In: Zveri II, medvedi, psi, mačke. Ljubljana, Lovska zveza Slovenije, 1988.
36. Lapini L, Brugnoli A, Krofel M, Kranz A, Molinari P. A grey wolf (*Canis lupus linnaeus*, 1758) from Fiemme Valley (*mammalia, canidae*; North-eastern Italy) 2010; Boll Mus St Nat Venezia 2010; 61: 117–29.
37. Leskovic B, Pičulin I, eds. Divjad in lovstvo. Ljubljana: Lovska zveza Slovenije, 2012. (Poglavje 3)
38. Logue H. Wolf vs. Dog: What's the difference? (online) Olympia (WA): A place fortover, 2022.
39. Macdonald D, ed. In: Velika enciklopedija sesalci. Ljubljana: Mladinska knjiga, 1996; 58. (Poglavje 5)
40. Marcus LF, Corti M, Loy A, eds. In: Advances in Morphometrics. NATO ASI Series A. Vol. 284. New York: Springer, 1996. (Chapter 3).
41. Mavec M. Razvoj metode za ugotavljanje križancev med volkom in psom v dinarski populaciji volka. Ljubljana: Biotehnična fakulteta, 2016. Magistrska naloga.
42. Mayer A, Driessen A, Neupert W, Lill R. Purified and protein-loaded mitochondrial outer membrane vesicles for functional analysis of preprotein transport. Methods Enzymol 1995; 260:252–63. doi: [10.1016/0076-6879\(95\)60143-0](https://doi.org/10.1016/0076-6879(95)60143-0)
43. Mech LD. *Canis lupus*. Nebraska: University of Nebraska-Lincoln, 1974. <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1362&context=usgsnpwrc> (5. 10. 2021)
44. Meomartino L, Greco A, Giancamilo MD, Brunetti A, Gnudi G. Imaging techniques in veterinary medicine. Part I: radiography and ultrasonography. EJROpen 2021; 8; e100382 (12 str.) doi: [10.1016/j.ejro.2021.100382](https://doi.org/10.1016/j.ejro.2021.100382)
45. Milenković M, Jojič V, Ipetič S, Blagojevič J, Tatovič S, Vujosevič M. Skull variation in Dinaric–Balkan and Carpathian gray wolf populations revealed by geometric morphometric approaches. J Mammol 2010; 912: 376–86.

46. Ministrstvo za okolje in prostor. Smernica za dokazovanje pogojev za odvzem volka iz narave z odstrelom (online). Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, 2020.
https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Narava/Velike-zveri/smernica_dokazovanje_pogojev_odvzem_volka.pdf (15. 5. 2022)
47. Morey D. The early evolution of the domestic dog. *Am Sci* 1994; 82(4): 336–47.
48. Nikel R. The anatomy of the domestic animals. Vol. 1. Berlin. Verlag Paul Parey 1986; 139–44.
49. Okarm H, Buchalczyk T. Craniometrical characteristics of wolves *Canis lupus* from Poland. *Acta Theriol* 1993; 38(3): 253–62.
50. PetMD. 8 Differences Between dogs and wolves. Danie Beach: PetMD, 2018.
<https://www.petmd.com/8-differences-between-dogs-and-wolves> (2.5. 2022).
51. Pitulko VV, Kasparov AK. Archaeological dogs from the Early Holocene Zhokhov site in the Eastern Siberian Arctic. *J Archaeol Sci Rep* 2017;13: 491–515.
52. Popesko P. Anatomski atlas domačih živalin. Zagreb: Jugoslavenska medicinska naklada, 1990.
53. Popesko P. Atlas of topographical anatomy of the domestic animals. 2nd Ed. London: Saunders, 1978.
54. Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam. Ur List RS. 2002; 12 (82):št. 82/02: 8893 (24. 9. 2002).
55. Pravilnik o dopolnitvah Pravilnika o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam. Ur List RS 2010; 20(42): 5990.
56. Rizk OT. Insight into the genetic basis of craniofacial morphological variation in the domestic dog, *Canis familiaris*. Berkley, University of California, 2012.
<https://escholarship.org/uc/item/3hw582pm> (19. 9. 2021).
57. Schoenebeck JJ, Ostrander EA. The genetics of canine skull shape variation. *Genetics* 2013; 193(2): 317–25.
58. SLOWOLF. Akcijski načrt za upravljanje populacije volka (*Canis lupus*) v Sloveniji za obdobje 2013–2017. Ljubljana, Slo Wolf, 2013. https://www.volkovi.si/wp-content/uploads/2014/10/akcijski_nacrt_upravljanja_volk_2013_2017.pdf (13.6. 2021).
59. Žurga ŽM, Pavičević M. Volkovi v Sloveniji: raziskovalna naloga. Maribor: OŠ Franceta Prešerna, 2011.

60. Toledo González V, Ortega Ojeda F, Fonseca GM et al. A morphological and morphometric dental analysis as a forensic tool to identify the Iberian Wolf (*Canis Lupus Signatus*). *Animals* (Basel). 2020; 10(6): 975 (20 str.). doi: [10.3390/ani10060975](https://doi.org/10.3390/ani10060975)
61. Trouwborst A. Wolves not welcome? Zoning for large carnivore conservation and management under the Bern Convention and EU Habitats Directive. *Reev Eur Comp Int Environ L*. 2018; 27 (3):306–19. doi: [10.1111/reel.12249](https://doi.org/10.1111/reel.12249)
62. Uredba o zavarovanju ogroženih živalskih vrst. *Ur List RS* 1993, 3(57); 2851 (14.10.1999)
63. Uredba o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah. *Ur List RS* 2004; 14(46): 5963 (30. 4. 2004)
64. Dongen SV. Fluctuating asymmetry and developmental instability in evolutionary biology: past, present and future. *J Evol Biol* 2006; 19:1727–43. doi: [10.1111/j.1420-9101.2006.01175.x](https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2006.01175.x)
65. von den Driesch A. A guide to the measurement of animal bones from archeological sites. Massachusetts: Peabody Museum Press, 1978.
66. Bartol M, Boljte M, Černe R et al. Spremljanje varstvenega stanja volkov v Sloveniji v letih 2017/2020: končno poročilo za sezono 2019/2020. (online) Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, 2020.
http://www.natura2000.si/fileadmin/user_upload/knjiznica/raziskave/Spremljanje_varstvenega_stanja_volkov_v_Sloveniji_v_letih_2017-20_koncno_ver2_LR.pdf
(15.3.2022)
67. Zupanič Pajnič I, Debska M, Gornjak Pogorelc B, et al. Highly efficient automated extraction of DNA from old and contemporary skeletal remains. *J Forensic Leg Med* 2016; 37:78–86. doi: [10.1016/j.jflm.2015.11.001](https://doi.org/10.1016/j.jflm.2015.11.001)