

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**  
**KATEDRA EKOLOGIE**

**KRANIÁLNÍ VARIABILITA STŘEDOEVROPSKÝCH POPULACÍ BOBRA**  
**EVROPSKÉHO**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Aleš Vorel

Autor diplomové práce: Bc. Veronika Oberreiterová

Praha 2016



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autorka práce: Bc. Veronika Oberreiterová  
Studijní program: Inženýrská ekologie  
Obor: Ochrana přírody

Vedoucí práce: Ing. Aleš Vorel, Ph.D.  
Garantující pracoviště: Katedra ekologie

Název práce:

**Kraniální variabilita středoevropských populací bobra evropského**

Název anglicky:

**Cranial variability of Centra European beaver populations**

Cíle práce:

Středoevropské populace bobra evropského vznikly z několika refugiálních populací. V současnosti jsou již dobře zdokumentovány, ovšem nejsou známy další projevy, které mohou genetickou variabilitu odrážet. Do ČR se šíří bobří z Rakouska, Bavorska a Saska. První dva zdroje jsou tvořeny potomky jedinců z několika refugií (Norsko, Francie, Polsko, Rusko), ovšem do severních Čech se šíří labští bobří z refugia u Magdeburgu. Existuje četná evidence (Lavrov 1980, Heidecke et al. 2003), že tito jedinci vykazují značné množství odlišností (Vorel & Nováková, 2007). Je vhodné tuto očekávanou evidenci potvrdit i na sbírkách katedry ekologie FŽP. Cílem práce bude vyhodnotit variabilitu kraniálních parametrů lebek bobrů evropských ze sbírek katedry ekologie. Sledován bude zejména rozdíl v základních lebečních parametrech; druhou řešenou otázkou bude, zda případná interpopulační variabilita lebečních rozměrů je promítnuta i do vnějších rozměrů uhyнутých jedinců

Metodika:

Práce se bude odrážet od následujících bodů:

1. shromáždění sbírkového materiálu
2. stanovení kraniálních parametrů
3. určení věku lebek
4. analýza věkové a populačně specifických parametrů lebek středoevropských populací bobrů
5. Analýza věkové a populačně specifických vnějších rozměrů těl středoevropských bobrů

Doporučený rozsah práce: 40-60

Klíčová slova: bobr evropský, kraniální variabilita

Doporučené zdroje informací:

1. Durka, W., Babik, W., Ducroz, J. F., Heidecke, D., Rosell, F., Samjaa, R., ... Others. (2005). Mitochondrial phylogeography of the Eurasian beaver *Castor fiber* L. *Molecular Ecology*, 14(12), 3843–3856.
2. Frahnert, S., & Heidecke, D. (1992). Kranimetrische analyse eurasischer Biber, *Castor fiber*-Erste Ergebnisse. *Semiaquatische Säugetiere*, 175–189.
3. Heidecke, D., Dolch, D., & Teubner, J. (2003). Zur Bestandsentwicklung von *Castor fiber albus*. *Denisia*, 9(2), 123–130.
4. Heidecke, D. (1984). Investigations of Ecology and Population Dynamics of the European Beaver. *Zoologische Jahrbücher Abteilung Systematik*, 111, 1–41.
5. Lavrov, L. S. (1983). Evolutionary development of the genus *Castor* and taxonomy of the contemporary beavers of Eurasia. *Acta Zoologica Fennica*, 174, 87–90.
6. Vorel, A., & Nováková, I. (2007). Genetické a taxonomické aspekty rodu *Castor* v Evropě, (v), 91–102.

Předběžný termín obhajoby: 2015/16 ZS - FŽP

Elektronicky schváleno: 5. 4. 2016  
**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**  
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 5. 4. 2016  
**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**  
Děkan

**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Alše Vorla a uvedla jsem všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne .....

.....

### **Poděkování**

Tímto bych ráda poděkovala celému týmu za poskytnutí veškerých informací a možnosti podílet se na této práci. Zejména bych chtěla poděkovat Lence Hamšíkové a Petru Chajmovi za jejich nápomocnou ruku při řešení této práce a dále bych ráda poděkovala Aleši Vorlovi za jeho ochotu a trpělivost.

V Praze .....

.....

## **Abstrakt:**

Populace bobra evropského ve střední Evropě vznikly z několika refugiálních populací. Tyto populace jsou sice v současné době dobře prozkoumané, avšak projevy, které mohou odrážet genetickou variabilitu, známy nejsou.

V České republice jsou bobři, kteří se šíří ze Saska, z Magdeburského refugia, a další populace, které jsou tvořeny bobry z Rakouska a Bavorska, čili jde o potomky jedinců pocházejících z refugií v Polsku, Rusku, Norsku a Francie. Existuje mnoho náznaků o tom, že jedinci ze severních Čech (jedinci labské populace) vykazují značné množství odlišností.

Cílem této práce bylo přesné stanovení věku uhynulých jedinců bobra evropského ze sbírky katedry ekologie FŽP. Nejpřesnějším odhadem věku je uzavírání bazálního otvoru kořene zubu a součet cementových vrstev molárů, avšak tato metoda je časově a technicky náročná a proto se tato práce snažila o nalezení jiného spolehlivého kritéria k určení stáří uhynulých jedinců ve formě intervalů konkrétních charakteristik pro jednotlivé věkové třídy (juvenil, subadult, adult). Pomocí statistické analýzy jsem dospěla k závěru, že nejvhodnějším kraniálním rozměrem pro determinaci věku jedinců je délkový rozměr LCB (kondyobazální délka lebky) a LAZ (zygomatická šířka lebky). Nejvhodnější metristickou charakteristikou pro odhad věku vyšla váha.

**Klíčová slova:** bobr evropský, kraniální variabilita

Abstract:

European beaver population in Central Europe originated from several refugial populations. Although these populations are currently well-researched, but the manifestations that may reflect genetic variability, are not known.

In the Czech Republic there are beavers who spread from Saxony, from Magdeburg refugia, and other stocks that are created by beavers from Austria and Bavaria, or are the offspring of individuals coming from refuges in Poland, Russia, Norway and France. There are many indications that individuals from northern Bohemia (Elbe individuals of the population) have a considerable amount of differences.

The aim of this study was to determine the exact age of mortalities beaver from the collection of the Department of Ecology FES. The most accurate estimate of the age is the closing of the basal opening of the tooth root and the sum of cement layers molars, but this method is time-consuming and technically challenging and therefore the work of trying to find another reliable criterion to determine the age of mortalities in the form of intervals of specific characteristics for each age class (juvenil, subadult, adult). Using statistical analysis, I conclude that the most cranial size determination for individuals age the length dimension is LCB (condyobasal length of the skull) and LAZ (zygomatic width of the skull). The most appropriate metric characteristic to estimate the age appeared weight.

Keywords: Beaver, cranial variability

## Obsah

1. ÚVOD .....	8
2. CÍLE .....	11
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE .....	12
3.1. CHARAKTERISTIKA DRUHU .....	12
3.1.1. HISTORICKE ROZDĚLENÍ RODU <i>CASTOR</i> .....	12
3.1.2. <i>CASTOR FIBER</i> .....	12
3.1.3. <i>CASTOR FIBER X CASTOR CANADENSIS</i> .....	13
3.1.4. ROD <i>CASTOR</i> V EVROPĚ .....	14
3.1.5. <i>CASTOR FIBER ALBICUS</i> .....	14
3.1.6. STRUKTURA RELIKTNÍCH POPULACÍ <i>C. FIBER</i> .....	15
3.1.7. AUTOCHTONNÍ POPULACE V RUSKU .....	16
3.1.8. PROBLÉMY SMÍŠENÝCH POPULACÍ .....	16
3.2. METODY URČOVÁNÍ VĚKOVÉ STRUKTURY.....	17
3.2.1. VĚKOVÉ KATEGORIE DLE AUTORŮ.....	17
3.2.2. URČENÍ VĚKOVÝCH KATEGORIÍ U ŽIVÝCH JEDINCŮ.....	17
HMOTNOST .....	18
MORFOLOGICKÉ VLASTNOSTI .....	18
3.2.3. URČENÍ VĚKOVÝCH KATEGORIÍ U MRTVÝCH JEDINCŮ .....	18
KRANIÁLNÍ CHARAKTERISTIKY .....	23
3.2.4. ANALÝZA STAŘÍ DLE VÝVOJE ZUBŮ .....	26
STANOVENÍ STÁŘÍ U JEDINCŮ DO DVOU LET .....	26
STANOVENÍ STÁŘÍ U JEDINCŮ STARŠÍCH 3 LET .....	27
3.5. URČENÍ VĚKOVÝCH KATEGORIÍ .....	28
4. MATERIÁLY A METODIKA .....	33
4.1. SBĚR METRISTICKÝCH CHARAKTERISTIK.....	33
4.2. KRANIÁLNÍ CHARAKTERISTIKY .....	33
4.3. DENTÁLNÍ CHARAKTERSTIKY .....	36
5. ANALÝZA DAT .....	37
5.1. SOUBOR DAT .....	37
5.2. ZPRACOVÁNÍ DAT .....	37
5.3. ANALÝZA DAT.....	39

5.3.1	URČENÍ VĚKOVÝCH KATEGORIÍ .....	39
5.3.2	ANALÝZA ZÁVISLOSTI METRISTICKÝCH A KRANIÁLNÍCH CHARAKTERISTIK NA VĚKU .....	39
5.3.3	URČENÍ INTERVALŮ CHARAKTERISTIK PRO VĚKOVÉ KATEGORIE .....	40
6.	VÝSLEDKY.....	41
6.1	URČENÍ VĚKOVÝCH KATEGORIÍ .....	41
6.2	ANALÝZA ZÁVISLOSTI METRISTICKÝCH A KRANIÁLNÍCH CHARAKTERISTIK NA VĚKU .....	42
6.3	URČENÍ INTERVALŮ CHARAKTERISTIK PRO VĚKOVÉ KATEGORIE .....	43
7.	DISKUSE.....	46
7.1.	VĚKOVÉ KATEGORIE .....	46
7.2.	ZHODNOCENÍ METOD PRO STANOVNÍ STÁŘÍ U MRTVÝCH JEDINCŮ.....	47
7.3	ZHODNOCENÍ METOD PRO STANOVNÍ STÁŘÍ U ŽIVÝCH JEDINCŮ .....	49
7.4	ZHODNOCENÍ ROZMĚRŮ JEDINCŮ LABSKÉ POPULACE A JEDINCŮ OSTATNÍCH POPULACÍ .....	50
4.	ZÁVĚR .....	52
5.	LITERATURA.....	53
6.	SEZNAM OBRÁZKŮ A PŘÍLOH .....	57



## 1. ÚVOD

Přímými předky nám dnes známých druhů bobra (bobr evropský a bobr kanadský) byli tehdejší oligocenní bobři z rodu *Stenofiber*, kteří se na začátku středního Oligocénu odloučili od skupiny asijských bobrů a začali se samostatně vyvíjet (LAVROV 1983; WARD et al. 1991). Původ rodu *Castor* leží v Eurasii a je datován do období pozdního Miocénu až Pliocénu (před 9,7 – 5,2 mil. lety) (HORN et al. 2011). V průběhu Pliocénu (před 8 – 7,6 mil. lety) proběhla migrace rodu *Castor* přes Beringovu úžinu, jež sloužila jako mezikontinentální most a dovolila tak faunální výměnu mezi Eurasií a Severní Amerikou. Tato migrace pravděpodobně slouží jako výchozí bod pro speciaci nynějších druhů bobrů (HORN et al. 2011).

V Evropě se nachází dva holarkticky rozšířené druhy, *Castor fiber* a *Castor canadensis*. *Castor canadensis* původně obýval oblast neoarktickou, avšak nyní jeho rozšíření zasahuje do neotropické, ale i palearktické oblasti, kterou obývá *Castor fiber* (VOREL & NOVÁKOVÁ 2007).

Druh bobra evropského se rozlišuje do několika forem. Toto rozdělení většinou sleduje povodí jednotlivých velkých euroasijských toků. Obecně se za platné formy považují *C. f. albicus*, *C. f. fiber*, *C. f. galliae*, *C. f. vistulanus*, *C. f. pohlei*, *C. f. birulai*, *C. f. tuvinicus* (HALLEY & ROSELL 2003). Nicméně LAVROV (1981) nemá zcela ujasněnou taxonomii a zavedl několik změn v taxonomii bobra evropského. Vedle evropského poddruhu *C. f. vistulanus* uvádí další dva *C. f. osteuropaeus* a *C. f. belarusicus*, které jsou pouze synonyma pro výše zmíněný poddruh (GABRYS & WAZNA 2003).

Většinu těchto populací postihl tzv. efekt hrdla láhve, což nabízí otázku, zdali má toto rozdělení do poddruhů genetický základ. DURKA et al. (2005) testovali genetickou variabilitu v rámci a mezi populacemi na fragmentech mtDNA reliktních populací *Castor fiber* a variabilita mezi těmito populacemi vyšla jako velmi nízká. HORN et al. (2014) za použití mtDNA ve své práci zveřejnili, že nízká genetická variabilita souvisí se snížením populace, které je spojeno s efektem hrdla láhve způsobeným nadměrným lovem a ztrátou stanovišť. Nízká genetická variabilita zůstává i přes růst populace na konci 19. století.

*Castor fiber* se od jiných druhů se liší kraniologickými funkcemi, které jsou: nejširší přední část patra, nejmenší výška týlní kosti či nejdelší aborální část nosních kostí (LAVROV 1983).

*C. f. albicus* prošel koncem 19. století drastickým snížením stavů díky výše zmíněnému efektu hrdla láhve, avšak díky repatriačním aktivitám byla na počátku 20. století obnovena jeho populace na středním toku Labe, tedy v historickém areálu (HEIDECKE 1984). Do České republiky se rozšířil z Magdeburského refugia (ŠAFÁŘ 2002). Tento poddruh se dá od ostatních odlišit na bázi kraniologických charakteristik (HEIDECKE 2003) a dále se liší výrazně masivnější hlavou (LAVROV 1981). DZIECIOLOWSKI (1996) uvádí rozdíly ve váze a celkových tělesných rozměrech oproti jiným poddruhům.

Pro určení stáří u živých jedinců jsou využívány 2 následující kritéria: vnější morfologie a hmotnost. U odchycených jedinců se měří délka celého trupu, délka plosky nohy, délka ocasu a plocha jeho šupinaté části (LARSON & NOSTRAND 1968). PATRIC & WEBB (1960) uvádějí jako další vhodná kritéria kombinaci hmotnosti zvířete, šířky ocasu, délky ocasu a šířky lebky měřenou v jařmových obloucích.

U mrtvých jedinců lze údaje o stáří jedinců získat pomocí dentálních charakteristik, kde mezi nejspolehlivější metody patří studium uzavírání bazální dutiny kořene zubu, usazování cementových vrstev a rozměry jednotlivých zubů (NOSTRAND & STEPHENSON 1964, BORODINA 1970b). Další metodou určující zařazení jedinců do věkových tříd jsou kraniometrické analýzy, jejichž principem je využití rozměrů lebky v soustavě ustálených bodů.

Prvním cílem této práce byla klasifikace jednotlivých vypreparovaných lebek bobrů do věkových tříd na základě dentálních a kraniálních charakteristik. Dalším cílem bylo zodpovědět otázku, zdali jsou vnější charakteristiky u labské populace totožné či odlišné od ostatních populací pro stejně staré jedince. Případné odlišnosti mohou pak vést ke snadnější determinaci odchycených jedinců. Důležitým výstupem pro tuto práci je vytvoření intervalů vnějších rozměrů jednotlivých věkových kategorií s ohledem na různé formy (odlišných zdrojů) střeoevropských a labských bobrů (s důrazem na odlišnosti bobrů labských). Tyto intervaly budou stanoveny pro nejsilnější vnější charakteristiky a budou tak sloužit pro snadnější zařazení odchycených jedinců do příslušných věkových kategorií.

Předpoklad, že jedinci bobrů labské populace mají odlišné vnější charakteristiky než stejně staří jedinci ostatních populací, byl potvrzen na základě vztahu váhy a věku.

Při popisu metod určených pro odhad věku daných jedinců budou použity metody a rešeršní informace, které jsou aplikovány na bobra kanadského, jelikož je stále většina materiálů především o tomto druhu. Z tohoto důvodu a z důvodu, že si jsou

tyto dva druhy velmi podobné, nebude v následujícím textu rešeršní části práce rozlišováno mezi oběma druhy – pokud nepůjde o druhově specifické informace.

## 2. CÍLE

Prvním krokem k naplnění cílů této práce bude shromáždění sbírkového materiálu ze sbírek KE FŽP ČZU a jiných institucí. Následně budou stanoveny kraniální parametry lebek, metristické charakteristiky a bude určen věk lebek uhynulých jedinců a jedinci budou kategorizováni do jednotlivých věkových kategorií. Soubor těchto získaných informací bude sloužit jako hlavní vstupy do následujících statistických analýz. V první řadě bude určen vztah charakteristik (metristických a kraniálních) a věku pro stanovení nejvhodnějšího ukazatele tohoto vztahu.

Jelikož předpoklad pro tuto práci byl takový, že bobři labské populace stejného věku jako bobři z ostatních populací mají jak tělesné, tak lebeční rozměry větší, ve druhém kroku této práce se stanovil rozsah intervalů nejvhodnějšího kraniálního a metristického rozměru pro jednotlivé věkové kategorie.

### 3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

#### 3.1. CHARAKTERISTIKA DRUHU

##### 3.1.1. HISTORICKE ROZDĚLENÍ RODU *CASTOR*

Pleistocenní glaciály dramaticky ovlivnily biotu na severní polokouli, kdy klimatické změny probíhající během tohoto období spustily rozsáhlé změny – izolaci v ledových refugiích, místní vymírání, rekolonizaci a závažné demografické oscilace. Tyto události zanechaly stopy v úrovních vnitrodruhové variability a jejího geografického rozložení (DURKA et al. 2005).

Přímými předky dnešních bobrů byli oligocenní bobři malého vzrůstu, rodu *Stenofiber*, kteří se odloučili od skupiny asijských bobrů již na začátku středního oligocénu a začali se samostatně vyvíjet. Jejich zuby měly příčné záhyby, což svědčí o, v té době, začínajícím procesu, kdy započala výměna starověkého typu brachyodontního chrupu na hypsodontní (LAVROV 1983).

WARD et al. (1991); HORN et al. (2014) dospěli pomocí analýzy karyotypů k závěru, že bobr evropský a kanadský měli nejspíše společného předka, ze kterého alopatrickou sociací vznikli oba výše zmínění zástupci.

Existence rodu *Castor* v Evropě započala před 10 – 12 mil. lety, kdy rod opravdových bobrů pronikl v průběhu Pliocénu přes mezikontinentální mosty do severoamerického kontinentu, kde v nových podmínkách podstoupil řadu morfologických změn a utvořil se tak samostatný druh *Castor canadensis*. Tento druh je tedy historicky mladší a více pokrokový oproti evropské formě, která je starší a konzervativnější (Lavrov 1983).

Střední Evropa (oblast rozvodí Baltského a Černého moře) by měla být jakousi hybridní zónou obou nově definovaných skupin centra (VOREL & NOVÁKOVÁ 2007). Např. skandinávská populace svou podobností inklinuje spíše k bobrům západní formy, což je pravděpodobně způsobeno postglaciálním vývojem, kdy byl jih Švédska a Norska kolonizován populacemi ze západního centra (ELLERGRENN 1993).

##### 3.1.2. *CASTOR FIBER*

Fylogenetická analýza genomu *Castor fiber* ukazuje na diferenciaci evropské populace do 2 významných evolučních jednotek. Východní (*C. f. belarusicus*, *C. f. osteuropaeus*, *C. f. pohleij*, *C. f. tuvinius*, *C. f. birulai*) a západní (*C. f. albicus*, *C. f.*

*fiber*, *C. f. galiae*), resp. jde o holocenní kontaktní zónu ve východní Evropě, která je poblíž současné kontaktní zóny (DURKA et al.2005; HALLEY 2012; HORN et al.2014).

Historický rozsah rozšíření tohoto druhu je od Iberského poloostrova a Velké Británie po východní Sibiř (DUCROZ 2005).

*Castor fiber* vyznačuje pozoruhodnou a dramatickou demografickou historií, kdy byl tento druh široce rozšířen v listnatých a jehličnatých oblastech Euroasie s rozsahem od západní Evropy až po Sibiř, čímž představuje klíčový prvek z palearktické fauny (DURKA et al. 2005).

Ničení přírodních podmínek a nadměrný lov vedl k drastickému snížení velikosti populace (DURKA et al. 2005).

Na konci 19. století byl tento druh na pokraji vyhynutí, přežíval pouze v 8 izolovaných oblastech. Delta řeky Rhony (Francie), oblast středního Labe (Německo), jižní Norsko, řeka Dněpr (Bělorusko, Ukrajina), Rusko, východní Ural, Mongolsko a Čína, Tuvinská republika (obr. 1) (DURKA et al. 2005).

### 3.1.3. *CASTOR FIBER X CASTOR CANADENSIS*

Problémem u těchto dvou druhů je jejich naprosto identický vzhled a velmi malý počet diferencí mezi nimi. Ovšem existují spolehlivé metody jak mezi sebou tyto dva druhy rozlišit. Jedna z metod je založena na rozdílných kraniálních charakteristikách, kdy je určujícím znakem tvar a velikost nasálíí. Bobru kanadskému nezasahují obdélníkové kosti mezi očníce jak je tomu u bobra evropského. Dále jsou jasným znakem pro rozeznání těchto dvou druhů rozdíly ve stavbě mezitýlní kosti. Tvar této kosti u bobra evropského je trojúhelníkovitý a u bobra kanadského má tvar písmene T (obr. 2) (FREYE 1978). LAVROV (1983) uvádí 17 rozdílu v kraniálních charakteristikách z celkových 28, což představuje 61 % odlišností. Ostatní metody se zabývají rozdíly na genetické úrovni. Mezi tyto metody patří např. analýza DNA či odlišné karyotypy obou druhů (VOREL & NOVÁKOVÁ 2007).

Hybridizace těchto dvou druhů je málo pravděpodobná. V Polsku a Rusku experimentovali s jejich křížením, avšak pokusy byly neúspěšné, mláďata se narodila vždy mrtvá (ZUROWSKI 1983). HEIDECHE (1986) uvádí, že důvodem může

být pravděpodobně příliš velký rozdíl v počtu chromozomů. *Castor fiber*  $2n = 48$  a *Castor canadensis*  $2n = 40$ .

Další rozdíly mezi těmito druhy jsou uvedeny v Tab. 1.

### 3.1.4 ROD *CASTOR* V EVROPĚ

V Evropě se nachází dva holarkticky rozšířené druhy, *Castor fiber* a *Castor canadensis*. *Castor canadensis* původně obýval oblast neoarktickou, avšak nyní jeho rozšíření zasahuje do neotropické, ale i palearktické oblasti, kterou původně obývá *Castor fiber* (VOREL & NOVÁKOVÁ 2007).

Původní rozšíření bobrů v Euroasii bylo situováno od severní hranice tundry a tajgy k hranicím opadavého listnatého lesa mírného pásma a místy až do subtropů včetně stepních oblastí východní Evropy a střední Asie (VOREL & NOVÁKOVÁ 2007).

Centrální části výskytu bobra v Evropě jsou v Polsku, Bělorusku, Finsku a na Sibiři. Druhá velká izolovaná populace se nachází ve Skandinávii a je vedena přes Norsko a Švédsko (DURKA et al. 2005). Ve východní, západní a střední Evropě jsou menší rozdrobené populace, mezi kterými dnes dochází k rychlému propojení (HALLEY & ROSELL 2003). Jednou z nejvýznamnějších populací je labská s počátkem v severních Čechách vedoucí k Hamburku (HEIDECHE 2003).

Odhad minimálního počtu světové populace euroasijských bobrů je 1,04 milionů jedinců, ačkoliv je v tom zahrnut určitý počet jedinců bobra kanadského (HALLEY, ROSELL & SAVELJEV 2012).

### 3.1.5 *CASTOR FIBER ALBICUS*

Populace labského bobra prošla v poslední době dvěma fázemi tzv. efektu hrdla láhve. Prvním na konci 19. století, kdy přežila malá izolovaná populace pouze na střední části Labe a populace poklesla na nejnižší úroveň, a druhým mezi roky 1942 a 1955. Během těchto fází bylo registrováno pouze 90 bobrů osídlených oblastí, kde se velikost populace pohybovala mezi 200 a 300 jedinci (maximálně 400) (HEIDECHE 1984).

Populace labských bobrů v České republice vznikla přirozenou expanzí z německého refugia u Magdeburgu (ŠAFÁŘ 2002; VOREL 2009).

Výskyt labských bobrů v ČR spadá do hlavní oblasti kolem středního toku Labe (mezi Drážďany a ústím řeky Ohře). V Německu zahrnuje i jeho přítoky a slepá ramena. Dále je výskyt kolem jezera Werbellin, odkud se rozšířili do Polska, v oblasti kolem řeky Peeny a na horním toku řeky Havel (HEIDECHE 1984).

Vzhled labských bobrů určují nápadné lícní kosti (*malar bonec*) podél nosní části. Ta je šikmá, díky čemuž má obličejová část lebky rozsáhlejší tvar a celá hlava nabývá masivního dojmu (LAVROV 1983). Ve své práci uvedl jednotlivé charakteristiky typické pro tento poddruh bobra.

Poddruhy jsou mezi sebou špatně rozeznatelné, avšak labský bobr se dá od nich rozlišit na bázi kraniologických charakteristik. Příkladem je porovnání kraniologických charakteristik mezi *C. f. albicus* a *C. f. fiber* (obr. 3) (HEIDECHE 2003). Toto porovnání provedli také Frahnert & Heidecke (1992) s *C. f. canadensis*, *C. f. vistulanus* a *C. f. birulai*. Kdy porovnávali délku nosních kostí, meziočnicovou šířku a vztah mezi výškou šijové roviny a šířkou mezi bradavkovitými výběžky kdy do porovnání zahrnuli i *C. f. fiber* a *C. f. galliae*. Ve všech porovnáních vyšel labský bobr s nejvyššími hodnotami (obr. 4, obr. 5, obr. 6). LAVROV (1983) dokonce ve své práci uvádí, že odlišnosti mezi tímto poddruhem a *C. fiber* jsou na tak vysoké úrovni, že by bylo možné prohlásit labskou populaci za samostatný druh, avšak tento názor není široce přijímaný (DURKA et al.2005).

### 3.1.6 STRUKTURA RELIKTNÍCH POPULACÍ *C. FIBER*

Druh bobra evropského se rozlišuje dle světového i našeho systematického standardu do několika forem. V těchto případech jde zřejmě o reliktní regionálně definované subpopulace, které se podařilo zachovat do současnosti díky důsledné ochraně (VOREL & NOVÁKOVÁ 2007). Většinou toto rozdělení sleduje povodí jednotlivých velkých euroasijských toků. Obecně se za platné formy považují *C. f. albicus*, *C. f. fiber*, *C. f. galliae*, *C. f. vistulanus*, *C. f. pohlei*, *C. f. birulai*, *C. f. tuvunicus* (HALLEY & ROSELL 2003; DURKA et al.2005). Avšak do jaké míry jde o skutečně definovatelné poddruhy je v současné době zájmem několika výzkumů (VOREL & NOVÁKOVÁ 2007)

Zajímavý původ mají středoevropské populace, kdy situace těchto poddruhů je definována třemi zdroji. Na území na západ od rozvodí Labe – Visla a Labe – Dunaj je poddruh *C. f. albicus*. V Polsku, Maďarsku, Bavorsku a Rakousku žijí díky reintrodukcím poddruhy *C. f. vistulanus* a *C. f. fiber* i *C. f. galliae*, ale pouze *C. f. vistulanus* je zde původní (HEIDECHE 2003).



V literatuře se často objevují další neukotvené názvy poddruhů. Ruský autor LAVROV (1974) definoval *C. f. osteuropaeus* a *C. f. belarusicus* jako poddruhy. Avšak v roce 1981 je přejmenoval na *C. f. orientoeuropaeus* a *C. f. belorussicus*. V lepším případě může jít o nesprávné použití synonym, avšak v horším případě může jít o nově stanovené taxony, které ovšem nemají pevnou oporu v zoologickém systému.

Díky těmto místy nepřehledným situacím existuje množství těžko definovatelných populací různých poddruhů na území České republiky, Slovenska, Rakouska a Německa. Taxonomická situace ve střední Evropě je tedy pouhým odrazem několika reintrodukčních vln 2. poloviny 20. století (VOREL & NOVÁKOVÁ 2007).

### 3.1.7 AUTOCHTONNÍ POPULACE V RUSKU

Díky následnému obnovení počtu jedinců po nadměrném lovu v 19. století se drtivá většina bobrů (cca 83%) nyní vyskytuje v bývalém Sovětském svazu, kde jim vyhovovaly odlehlé oblasti, do kterých unikli před lovem. Podařilo se jim přežít v pěti oddělených oblastech. První populace, pro kterou je používán starší název *C. f. vistulanus*, obsahuje haplotypy považované za odlišné. Tato populace přežila v Bělorusku a severní Ukrajině. Druhá populace (*C. f. orienteuropaeus*) se nachází podél řeky Voroněž a v severní části Donu. Zbylé tři populace jsou východně od pohoří Ural. Populace *C. f. pohlei* se usadila na přítocích toku Ob, *C. f. tuvunicus* přežil v horním toku Jenisej, v republice Tuva v centrální části Sibiře a *C. f. birulai*, který přežil v Mongolsku a sousední Číně (DUCROZ 2005).

Populace tří asijských haplotypů, *C. f. pohlei*, *C. f. tuvunicus* a *C. f. birulai*, zůstaly izolované z populací smíšených forem z východní Evropy a Asie (DUCROZ 2005).

### 3.1.8 PROBLÉMY SMÍŠENÝCH POPULACÍ

Časté přemísťování a vysazování bobrů v průběhu reintrodukcí bylo prováděno se zvířaty z různého zeměpisného původu a mělo za následek smíšenost populací. SCHWAB & LUTSCHINGER (2001) uvádějí příklad z oblasti Dunaje v Bavorsku, kam byli vypouštěni bobři ze Švédska, Polska, Ruska a Francie. Takto vzniklá smíšená populace byla dále využívána jako zdrojová populace pro reintrodukce do několika zemí.

VOREL et al.(2009) ve své práci zkoumali původ našich populací dle mtDNA. Metodou sekvenování zjistili, že bobři na našem území mají již popsané haplotypy *gal* (jižní Francie), *fil* (Skandinávie) a *all* (Německo) a zcela nový *nhl*. V Českém lese a na jižní Moravě se dostávají do kontaktu bobři různého původu. Lze tedy říci, že populace na našem území jsou původem ze tří až čtyř různých refugií.

Na konci 19. století přežívalo pouze cca 1200 jedinců, ovšem díky ochrannářským opatřením bylo zajištěno přežití v 8 regionech a spolu s reintrodukcí dospěla k navrácení bobra do původních oblastí jeho výskytu (DURKA 2005).

## **3.2 METODY URČOVÁNÍ VĚKOVÉ STRUKTURY**

### **3.2.1 VĚKOVÉ KATEGORIE DLE AUTORŮ**

Pro určení věku jedinců bobra je důležité definovat jednotlivé věkové kategorie, do kterých se jedinci zařazují dle různých metod. Zařazení jedinců do věkových tříd se liší mezi jednotlivými autory (tab. 2). U mrtvých či živých jedinců lze ke stanovení věkových tříd použít různé metody a také různá kritéria. Kritériem může být použito pouze jedno nebo může být použito více určujících znaků.

### **3.2.2 URČENÍ VĚKOVÝCH KATEGORIÍ U ŽIVÝCH JEDINCŮ**

Pro zařazení jedinců do příslušných věkových kategorií jsou nejvhodnější kritéria hmotnost (LAVROV 1981; HEIDECHE 1984; NOVAK 1987; PARKER et al. 2002), morfologické vlastnosti jako je délka těla, délka zadní nohy, šířka a délka ocasu (SVENDSEN 1980) a šířka jařmového oblouku (PATRIC & WEBB 1960). Ale jelikož váha a morfologické rozměry jsou variabilní, a pro zařazení jedinců do jednotlivých věkových kategorií nelze použít spolehlivě pouze jednu z výše zmíněných charakteristik, je lepší použít kombinace vnějších morfologických vlastností (především váhy a rozměrů trupu a ocasu). Jedná se tedy o vlastnosti, které jsou u odchycených jedinců nejsnáze získatelné. Vyhodnocení probíhá porovnáním s osteologickými a dentálními charakteristikami, čili s více spolehlivými technikami (BORODINA 1970b; LARSON & NOSTRAND 1968).

## HMOTNOST

Většina autorů se shoduje, že váha, jako věkové kritérium, má určitou hodnotu během prvních dvou až tří let života a poté má již malou hodnotu (PATRIC & WEBB 1960). HEIDECKE (1984) uvádí, že v prvních 3 letech života rostou bobři podstatně rychleji, kdy z porodní hmotnosti 400 – 700 g dosáhnou hmotnosti 8 kg po necelých šesti měsících života. PATRIC & WEBB (1960) ve své práci uvádějí, že hmotnost je užitečné kritérium pro určení věku jedinců do věku 3 let, jelikož jedinci staří tři let mohou vážit pomalu totéž než starší jedinci.

Tito autoři klasifikovali věkové skupiny dle hmotnostních intervalů: **mláďata** 0,5 – 8,2 kg, **rok staří** 5,9 – 13,2 kg a **dospělí** 15,9 – 22,2 kg.

HARTMAN (1992) vypočetl hmotnostní hranice věkových kategorií na: **jednoletí** < 10 kg, **dvouletí** 10 – 15 kg a **starší dvou let** > 15 kg. Tyto hmotnostní výsledky porovnal s přesnějším dentálním kritériem a díky tomuto porovnání zjistil, že 25 % jedinců bylo chybně zařazeno.

## MORFOLOGICKÉ VLASTNOSTI

U odchycených jedinců se měří délka celého trupu, délka ocasu a plocha jeho šupinaté části a délka plosky zadní nohy (LARSON & NOSTRAND 1968). Mezi kritéria, která se používají méně často pro určení věku živých jedinců, jsou měření šířky horních řezáků (LARSON & NOSTRAND 1968) a měření šířky lebky (PATRIC & WEBB 1960). PATRIC & WEBB (1960) uvádí jako další vhodná kritéria kombinaci hmotnosti jedince, šířku ocasu, jeho délku a šířku lebky měřenou v jářmových obloucích. Údaje o hmotnosti a rozměry ocasu jsou snadno získatelné, ale nespolehlivé, jelikož jsou podmíněné ročním obdobím (HEIDECKE 1984; SMITH & JENKINS, 1997). PATRIC & WEBB (1960) uvádějí jako spolehlivou metodu pro zařazení živých jedinců do příslušných věkových kategorií měření zygomatické šířky lebky. Toto měření je spojeno spíše s preparáty lebek, což vyžaduje jistou technickou dovednost. Problémem u tohoto měření je, že oblouk má být měřen v jeho nejširším bodě těsným přiložením měřicího zařízení a minimalizovat tak efekt vrstvy kůže a srsti.

### 3.2.3 URČENÍ VĚKOVÝCH KATEGORIÍ U MRTVÝCH JEDINCŮ

## DENTÁLNÍ CHARAKTERISTIKY

Mezi nejspolehlivější a nejvíce užívané kritérium k určení věku mrtvých jedinců patří dentální charakteristiky. NOSTRAND & STEPHENSON (1964); LARSON & NOSTRAND (1968); BORODINA (1970b) ve své práci stanovovali věk jedinců na základě erupce (prořezávání) zubů, stupně uzavření bazální dutiny kořene zubu a usazování cementových vrstev u molárů. Tyto charakteristiky jsou využívány jen pro jedince starších dvou let, jelikož po překročení tohoto roku se usazuje první cementová vrstva (NOSTRAND & STEPHENSON 1964). U jedinců do dvou let se věk určuje podle vývoje chrupu (PIECHOCKI & STIEFEL 1977).

STEFEN (2009); BORODINA (1970b) využili jako vedlejší metodu k určení stáří rozměry jednotlivých zubů chrupu. Byl zjištěn téměř lineární nárůst velikosti zubů v průběhu prvních 45 – 50 měsíců života bobrů, kdy se délka řezáků téměř zdvojnásobí (ze 4 mm na 8 mm). Velikost zubů je téměř konstantní od věku cca 6 – 7 let a absolutního maxima dosahuje kolem věku cca 120 měsíců (cca 10 let).

BORODINA (1970b) ve své práci uvedla, že z jimi určovaných morfologických charakteristik mají vypovídající hodnotu při určování věku bobrů pouze specifické znaky struktury kořenových zubů a některé míry stupně jejich velikosti.

## **CHRUP A JEHO VÝVOJ**

Zuby savců se skládají z korunky a jednoho či více kořenů, které jsou tvořeny převážně z dentinu. Korunka je obvykle pokryta vrstvou skloviny, zatímco kořen je potažen cementem. Korunka i kořen jsou duté a korunka vede do kořene skrze komoru kanál obsahující nervy a krevní cévy, které poskytují zubům výživu (UNGAR, 2010).

Savčí zuby jsou pevně usazeny do jamky mezičelisti, horní čelisti a dolní čelisti a na místě jsou drženy periodontálními vazami (UNGAR, 2010).

Savčí chrup prochází 6 vývojovými fázemi:

První fází je vývoj dentální lišty, k jejímuž vývoji dochází již v prenatálním období. Ústní epitel je složen z mezenchymových a entodermových buněk, kdy zhuštěním epitelu vzniká primární dentální lišta tvořící základy pro budoucí čelist. Z dentinové lišty poté vznikají pupeny. Ty se formují jako lokalizované bujení buněk či výrostků do mezenchymu (UNGAR, 2010).

Druhou vývojovou fází je formování zubního zárodku, který je tvořen z orgánů skloviny, zubní papily a zubní dutiny. Orgány skloviny se vyvíjí přeměnou zubních

pupenů a vlačováním papily se tvar orgánů postupně mění z tvaru pupenu na tvar zvonu. Stavba zubního pupenu je ovlivněna entodermovými buňkami. Následně se do pupene začne nořit mezenchymová vrstva a pupen ztratí svůj původní tvar a nahradí jej tvar čepičky. Zubní papila vzniká z mezenchymových buněk vlačováním do sklovinného orgánu a tvoří tvar kužele. Později se buňky mění na zubní dřev. K vývoji zubní dutiny dochází zároveň se sklovinným orgánem a papilou. Vzniká houstnutím buněk mezenchymu (DOSTÁLOVÁ & SEYDLOVÁ 2008; UNGAR, 2010).

Třetí fází je vývoj zubní korunky, čili vývoj tvrdých tkání – skloviny a dentinu. V této fází dochází k amelogenezi, tedy přeměně vnitřních buněk na preameloblasty a dochází ke vzniku dentino-sklovinné hranice. A dále k tvorbě dentinu mineralizací predentinu (UNGAR, 2010).

Ve čtvrté fází dochází k vývoji kořene zubu. Ten je složen z dentinu a cementu a jeho vývoj začíná po kompletním vývoji korunky. Dochází k cementogenezi, tedy tvorbě cementu přeměnou dentinu v cementoblasty, které začínají stavět primární cement (UNGAR, 2010).

Pátou vývojovou fází je vývoj zubní dřevě, ta tvoří výplň zubu, produkuje dentin a zásobuje zub živinami. Je tvořena z mezenchymových buněk a vláknitých výběžků (DOSTÁLOVÁ & SEYDLOVÁ 2008; UNGAR, 2010).

A poslední fází je vývoj alveolu, čili kostěného lůžka pro kořen zubu. Jde o prvotní základ čelisti (UNGAR, 2010).

Většina savců jsou dipsodontní, nesou dva soubory zubů. První soubor jsou zuby dočasné (mléčné) a ty jsou následně vyměněny za druhý soubor zubů (trvalé). Dočasné zuby jsou většinou jednoduše rozeznatelné od trvalých (DOSTÁLOVÁ & SEYDLOVÁ 2008; UNGAR, 2010).

Zuby savců jsou tvořeny sklovinou, dentinem, cementem a zubní dřev. Sklovina je nejtvrďší a nejmineralizovanější tkáň v těle. Strukturální rozdíly v úrovních skloviny mohou odrážet funkčnost a fylogenezy (UNGAR, 2010).

Dentin je tvořen asi ze 70% krystaly, z 20 % kolagenovými vlákny a z 10 % vodou. Dentin se dělí na primární dentin, ten tvoří tělo korunky a kořene, druhotný dentin, který napomáhá v pokračování formování zubu i po uzavření zubu či jen jeho špičky. Terciární dentin je reparační a reakční a je výsledkem podráždění, zubního kazu či opotřebení (UNGAR, 2010).

Cement je o něco méně mineralizovaný než dentin, hmotnostně je tvořen z 65 % minerály, z 23 % organickým materiálem a z 12 % vodou. Cementové vrstvy obalují kořen a v některých případech i korunku. Je tvořen dvěma odlišnými typy – přechodným cementem, který je hluboký a přichází do přímého kontaktu s kořenovým dentinem, a dentálním cementem, překrývajícím přechodný cement, kořen a u některých savců těž korunku (UNGAR, 2010).

Zubní dřeň je nejjemnější želatinové pojivo tkáně v dřenové dutině každého zubu. Obsahuje krevní cévy a nervová vlákna, která vstupují do kořene zubů. Dělí se na vnitřní a koronální části v korunce zubu a na radikulární části v kořenu či kořenech zubů. Může být rozdělena na zónu centrální, která obsahuje největší artérie, žíly a nervový kmen, a na zónu periferní obsahující menší žíly a různé vrstvy tkáně (UNGAR, 2010).

## **CHRUP BOBRA**

Bobři mají lophodontní chrup, což znamená, že jejich zuby obsahují soubor loph či hřbetů. Tento typ zubů se u bobrů nazývá ptychodontní (obr.7).

Lophy poskytují odolnost jako protichůdné okluzní plochy při broušení vegetace. Lophodontní stoličky mají vyvinuto mnoho řádků paralelních loph, které jsou často nazývané loxodontní (UNGAR, 2010).

Bobři mají heterodontní chrup, kdy jsou zuby rozděleny podle tvaru na řezáky (I), premoláry (PM) a moláry (M1, M2 a M3) (obr. 8a; obr. 8b). Jako všichni hlodavci mají i bobři trvale rostoucí zuby (řezáky) a zuby s prodlouženou dobou růstu (stoličky). Tyto zuby nemají krček, sklovina pokrývá celé tělo zubu, ale netvoří horní vrstvu (DOSTÁLOVÁ & SEYDLOVÁ 2008).

Zubní vzorec bobrů 1 0 1 3/ 1 0 1 3.

Bobří chrup je tvořen celkem 20 zuby různých tvarů (MÁJSKY 1999), (PILLERI 1983) uvádí také možnost přítomnosti přídatného premoláru na konci diastemy či extra moláry, čili 24 zubů. Toto je ovšem považováno za vzácný jev.

Znakem odlišující hlodavce od většiny ostatních savců jsou silně vyvinuté řezáky (obr. 10) (BURNIE et al. 2001). V každé polovině čelisti je vždy jeden, celkem tedy čtyři. Hlodáky nemají kořeny, proto rostou nepřetržitě. Jejich přední strana je pokryta tvrdou oranžově zbarvenou sklovinou sloužící ke kácení stromů a loupání kůry (WILSSON 1971; BAKER & HILL 2003). Zadní (jazyková) strana je tvořena měkkým

dentinem (ZEJDA et al. 2002). Při hlodání dochází k tzv. samoostření, tedy vzájemnému obrušování protistojných řezáků, kdy se měkká zubovina odírá a zůstává ostrá sklovina (BURNIE et al. 2001).

V obou čelistech chybí bobrům další řezáky a špičáky, čímž za hlodáky vzniká mezera (diastema) vytvářející v ústní dutině velký prostor, který může hlodavec využít při přenášení potravy nebo jej může při hlodání uzavřít a bránit tak pronikání hlodaného materiálu do ústní dutiny. Za diastemou u bobra následuje jeden premolár a tři moláry (obr. 11) (ZEJDA et al. 2002).

Moláry bobrů se skládají ze sloupcových souborů emailu, dentinu, pulpy (dřeně) a zuboviny, které tvoří smyčky, jejichž formace je plně ukončena na konci embryonálního období či začátkem postembryonálního období (STIEFEL & PIECHOCKI 1986; KLEVEZAL & KLEINENBERG 1967). Moláry se intenzivně opotřebovávají s přibývajícím věkem a obrušování korunky je doprovázeno intenzivní tvorbou cementu. Zub při opotřebení vystupuje dále ven z čelisti, jelikož žvýkací plocha stojí protichůdně ke kontaktu. Jako kompenzace tohoto jevu vzniká u kořene neustále zubovina, což vede k zachování určité délky zubu (KLEVEZAL & KLEINENBERG 1967; STIEFEL & PIECHOCKI 1986). U velmi starých bobrů je email a dentin natolik redukován, že největší část zubu se skládá ze zuboviny. Přírůstek zuboviny se uskutečňuje s rozdílnou intenzitou a rychlostí. V létě, které je bohaté na živiny, je vytvořena široká cementová vrstva a v zimě, kdy je silně ovlivněn metabolismus, se ukládají úzké vrstvy. Zbytky emailu a dentinu jsou patrné jen na žvýkací ploše (STIEFEL & PIECHOCKI 1986).

### **VÝVOJ ZUBU M3**

Nejdříve je vyvinuta uzavřená sklovina, poté se skrze otevřenou abrazi uvolní dentin a otevřená dřeň reaguje na působící prostředí produkcí terciárního dentinu, který uzavírá horní část dřeně zubní dutiny. Prodlužující se ztráta zubu se kompenzuje koncovou apozicí (růst příkládáním nových vrstev na staré vrstvy) zuboviny do konce skloviny a růstem dentinu. Ve věku 5 – 6 měsíců není stále ukončen růst kořene moláru (M3). V 8 měsících je vršek skloviny obroušen naskrz a krátce na to dosáhne M3 své největší délky, jelikož v tomto období probíhala apozice dentinu rychleji než broušení zapříčiněné žvýkáním (STIEFEL & PIECHOCKI 1986).

U mláďat do dvou let je cement usazen podél nejnižšího konce zubu. Na bázi zubu je dutina, která začíná být vyplňována druhotným dentinem (KLEVEZAL & KLEINENBERG 1967). U cca 2,5letých jedinců uzavírá vnitřní email a dentin záhyby u

kořenů zubů a ponecháno je pouze několik malých otvorů, kterými vedou cévy a nervy. Plášť roste dál a prochází nejdříve stádiem zralosti a vývojem prvního uzavřeného cementu (STIEFEL & PIECHOCKI 1986).

U zhruba 3letých jedinců je naznačen pozůstatek dřeňové dutiny jako úzký kanálek a cement se začíná usazovat na povrchu všech zubů (KLEVEZAL & KLEINENBERG 1967).

Začátkem 4. roku se roční vrstva skládá ze širšího světlejšího pruhu a střídá se s užším tmavším. Dřeňová dutina je kompletně vyplněna druhotným dentinem (KLEVEZAL & KLEINENBERG 1967) (Obr. 12).

Během následujících let se zub neustále zužuje a dutina nadále usazuje dentin a tím se snižuje volný objem dřeně. Kupříkladu M3 jedince ve věku 16 – 20 let má už asi 50 % svého největšího objemu (STIEFEL & PIECHOCKI 1986).

## KRANIÁLNÍ CHARAKTERISTIKY

ROSEL et al.(2010) uvádějí, že mnoho autorů ke stanovení stáří bobrů využívají kraniálních rozměrů, konkrétně nejvíce užívanými jsou kondyobasální délka a zygomatická šířka lebky. OSBORN (1953) ve své práci též uvádí, že kondyobasální délka a zygomatická šířka lebky indikuje růstový rámec než jiná měření. PIECHOCKI (1986) zjistil vysokou korelaci ( $r = 0,961$ ) mezi délkou a šířkou lebky u labské populace bobrů, což naznačuje, že obě kritéria jsou hodnotná. FRAHNERT (2000) poukázal na to, že lebka v průběhu ontogeneze roste více do délky než do šířky.

Kraniální rozměry používané FRAHNERTEM & HEIDECKEM (1992)

1. **Kondylobasální délka:** nejkratší vzdálenost mezi *prosthionem* (mezi předními řezáky na okraji alveolárního výběžku vpředu) a prohlubní mezi týlními hrboly (obr. 13)
2. **Délka nosních kostí (*ossa nasalia*):** nejkratší vzdálenost od rostrálního (nejpřednějšího okraje) nasalií k nejvzdálenějšímu bodu nasalií, vzdálenost mezi předním a zadním okrajem nosních kostí (obr. 12)
3. **Šířka nosních kostí (*ossa nasalia*)** – největší vzdálenost mezi postranními hranami nosních kostí (obr. 12)



4. **Vzdálenost od nejširší části nosní kosti po její nejbližší konec** (obr. 12)
5. **Délka od přední hrany nosní kosti ke spoji švu *incisivomaxillaris*** (šev horních řezáků s hranou kosti lící (*margo facialis maxila*) (obr. 12)
6. **Šířka bazální části nosního otvoru:** vzdálenost mezi postranními okraji báze nosního otvoru (obr. 14)
7. **Vzdálenost od *prosthionu* ke spoji švu *zygomaticomaxillaris*** (lebeční šev mezi lící kostí a horní čelistí) s *margo facialis maxilla* (okraj horní čelisti). Měřeno úhlopříčně. (obr. 13)
8. **Meziočnicová šířka:** nejkratší vzdálenost mezi oběma foveolae trochleares (obr. 18)
9. **Vzdálenost od kosti slzní (*os lacrimale*) k zadnímu okraji nadočnicových výběžků (*processus postorbitalis*)** (obr. 12)
10. **Šířka meziočnicového (*interorbital*) zúžení:** nejkratší vzdálenost mezi horními kraji očních (obr. 12)
11. **Šířka čela:** nejkratší vzdálenost mezi postranními hranami *processus postorbitalis* (obr. 12)
12. **Šířka očnic (*orbita*):** nejkratší vzdálenost mezi *processus postorbitale* (výstupek na čelní kosti poblíž zadního okraje očnice) a výběžku kosti lící (obr. 12)
13. **Vnitřní délka jářmového oblouku (*pons zygomaticus*):** největší vzdálenost od kaudálního (dolního) okraje obličejové části nejvíce vzdálenému bodu předního okraje jářmového oblouku (obr. 12)
14. **Délka *foramen incisivum*:** délka otvoru na tvrdém patře (obr. 13)
15. **Délka horní řady zubů (*longitudo ordinis superioris dentinum*):** nejkratší vzdálenost od předního okraje alveoly P4 k zadnímu okraji M3 (obr. 13)
16. **Šířka otvoru nosní dutiny (*choana*)** (obr. 13)
17. **Vzdálenost mezi prohlubní týlních hrbolů a *staphylonem*** (obr. 13)
18. **Šířka týlního otvoru (*fossa occipitalis*):** nejkratší vzdálenost mezi nejvíce bočními body týlního otvoru (obr. 13)
19. **Šířka jedné bubínkové výdutí (*bullae tympanicae*)** (obr. 13)
20. **Šířka dvou bubínkových výdutí (*bullae tympanicae*):** nejkratší vzdálenost mezi dvěma postranními hranami bubínkových výdutí (obr. 13)
21. **Šířka dvou zvukovodů (*meatus acustici externi*):** největší vzdálenost mezi dvěma postranně ležícími zvukovody (obr. 12)
22. **Vzdálenost mezi *processus mastoideus*:** vzdálenost mezi dvěma bradavkovými výběžky spánkové kosti (obr. 15)
23. **Šířka velkého týlního otvoru:** nejkratší vzdálenost mezi postranně ležícími body týlního otvoru (*foramen magnum*) (obr. 15)

24. **Výška šijové roviny:** vzdálenost od *akrokrania* po *opisthion* (zadní střední bod velkého týlního otvoru (obr. 15)

PIECHOCKI (1986) ve své práci uvedl sumu kondyobazální délky a zygomatické šířky lebky následovně:

- I) mláďata (0 – 5 měsíců): 158 – 175 mm
- II) starší mláďata (6 – 12 měsíců): 181 – 210 mm
- III) nedospělí (12 – 16 měsíců): 209 – 233 mm
- IV) ještě nedospělí (17 – 30 měsíců): 224 – 263 mm
- V) dospělí (3 – 7 let): 244 – 270 mm
- VI) staří dospělí (7 – 12 let): 257 – 277 mm
- VII) senilní (starší 12 let): 264 – 278 mm

FRILEY (1949) ve své práci určil průměrné hodnoty zygomatické šířky lebky (**LAZ**), výšky dolní čelisti (**Amd**) a délky dolní čelisti (**LMd**) pro určení věkových kategorií (Tab. 3).

OSBORN (1953) rozdělil bobry dle věku do tří skupin dle šířky jařmového oblouku na:

- I) Juvenilové
- II) Subadulti
- III) Adulti

A jedince těchto kategorií popsal dle kraniálních charakteristik následně:

I) **Juvenilové:** Jedinci staří okolo 1 roku. Lebky jsou celkově hladké, spánkové oblouky široké a zezadu nezřetelné. Jejich stupeň aproximace (přiblížení) se měnil od bodu (výběžku) vpředu ke střední dorzální straně vyvíjejícího se lambdového vrcholku, který je menší a nevyvinutý (obr. 17a).

II) **Subadulti:** Tato třída zahrnuje jedince staré přibližně 2 let. Lebky mají trochu drsnější povrch a jsou větší a těžší než lebky juvenilů. Spánkový oblouk je více zřetelný a uzavřenější ke středové linii, stupeň přiblížení těchto oblouků se liší od bodu něco okolo poloviny délky interparientálního k bodu za předním okrajem interpatientálu. Střední sagitální hřeben se začíná vyvíjet a spánkové oblouky se přibližují. Na několika lebkách se začíná projevovat uzavření švů mezi basioccipital a basiosphenoid (obr. 17b).

III) **Adulti:** Jedinci tří letí a starší. Jejich lebky jsou těžší a mohutnější a vzhledově masivnější oproti předchozím kategoriím. Spánkové oblouky jsou daleko zřetelnější a více ve středové pozici. Stupeň přiblížení těchto oblouků se liší jen v bodu za předním interpasientálním okrajem k zadnímu okraji frontálu, což je bod

sloučení se sagitálním hřebenem. Střední sagitální hřeben se vyvíjí z bodu přiblížení spánkového oblouku k zadnímu okraji čelních. Lambdový hřeben je významně vyvinut a je vyšší a zřetelnější než u 2. kategorie (obr. 17c).

### 3.2.4 ANALÝZA STAŘÍ DLE VÝVOJE ZUBŮ

#### STANOVENÍ STÁŘÍ U JEDINCŮ DO DVOU LET

Stanovení věku u mláďat do 2 let se věk určuje na základě erupce a vývoje zubu.

U jedince starého 1 měsíc jsou již výrazné pokroky ve vývoji chrupu. Řezáky jsou abradovány jen zlehka, jelikož svou funkci plní pouze krátkou chvíli. PM ve spodní čelisti mají přítomné dva kořeny jako jediné zuby. M1 roste do délky a stejně jako řezáky jsou málo abradované, M2 je stále uvnitř dásní a u M3 zatím není patrná žádná mineralizace (PIECHOCKI & STIEFEL 1977).

M3 jsou ve 4 měsících téměř z poloviny mineralizovány a začínají se prořezávat. Kořeny PM jsou otevřené a rostou do větší hloubky. Spolu s PM vykonává M1 hlavní kousací funkci a mají největší žvýkací plochu (PIECHOCKI & STIEFEL 1977).

Od 6 měsíců věku do 1 roku jsou již plně prořezané všechny tři stoličky a dvojitě zakořeněný PM se jeví jako víko na právě vznikajícím trvalém premoláru, který je již s jedním kořenem. PM má 4 lingulární a 2 labiální záhyby. Linie záhybů vedou ve směru od korunky k „základně“ kořene. Jeho korunka je nižší než korunka M1. M1 je stálý zub s jedním kořenem a je již viditelné opotřebenění. M3 je plně zapojen a jeho žvýkací plocha dosáhla maximálního rozměru (NOSTRAND & STEPHENSON 1964; WILLIAMSON 1959; STIEFEL & PIECHOCKI 1986).

Jedinci staří kolem 12 – 16 měsíců mají již plně prořezaný PM, který svou výškou dosáhl výšky M1 a začíná vykazovat známky opotřebenění na korunce. Linie záhybů na M1 jsou viditelné pouze na horní části zubu a samotná délka zubů se prodlužuje o další nárůst báze (WILLIAMSON 1959). Největší žvýkací plochu má M1 a M2 plochu (PIECHOCKI & STIEFEL 1977).

V 17 měsících je PM zubem s největší žvýkací plochou v celém chrupu (PIECHOCKI & STIEFEL 1977).

Od 19 měsíců do dvou let jedince má každý zub po celé své délce podélné záhyby. Korunky PM a všech M jsou opotřebené a bazální otvory kořene všech zubů jsou

zcela otevřené. Otevření je redukováno rozšířením a zhušťováním vnější části zevnějších záhybů (NOSTRAND & STEPHENSON 1964; WILLIAMSON 1959).

U bobrů od dvou a půl až tří let se věk určuje již podle stáčení sklovinových lišt a podle uzavírání bazální dutiny kořene zubu (NOSTRAND & STEPHENSON 1964; WILLIAMSON 1959). Pro aplikaci této metody je nutné vyjmout zub z čelisti (STIEFEL & PIECHOCKI 1986).

Od tří let věku se začíná usazovat první cementová vrstva a od tohoto roku se věk jedinců určuje podle počtu každoročně uložených vrstev cementu.

PIECHOCKI (1986) sepsal ve své práci jednotlivé fáze každého zubu během života bobrů (tab. 4).

### STANOVENÍ STÁŘÍ U JEDINCŮ STARŠÍCH 3 LET

Od třetího roku dochází k prvnímu usazení cementové vrstvy a bazální otvor kořene zubu se tím zužuje a u některých jedinců může být i zcela uzavřen (NOSTRAND & STEPHENSON 1964).

U **3 ½ - 4letých** jedinců uzavírá nános cementu bazální otvor M1. Obvykle je uložena již druhá cementová vrstva, kořeny zubů jsou daleko masivnější než u předchozích kategorií (NOSTRAND & STEPHENSON 1964; BORODINA 1970).

**4 ½ - 5letí** jedinci mají již všechny bazální otvory uzavřeny a třetí cementová vrstva je uložen na všech stoličkách (NOSTRAND & STEPHENSON 1964). Na M1 jsou slabě viditelné záhyby poblíž korunky zubu (WILLIAMSON 1959). Výška zubů je značně redukována a dochází k ukládání druhotného dentinu (BORODINA 1970).

**Konečný věk** jedinců je určován součtem cementových vrstev a přičtením hodnoty 2 (obr. 18, obr. 19). Nejjasnější indikaci věku poskytují první a druhé moláry (NOSTRAND & STEPHENSON 1964).

### 3.5. URČENÍ VĚKOVÝCH KATEGORIÍ

Autoři NOSTRAND & STEPHENSON (1964) rozdělili jedince *Castor canadensis* dentálními technikami dle erupce, stupně uzavření bazálních otvorů a ukládáním ročních vrstev cementu do následujících tříd:

I. **½ - 1 letí jedinci:** Přítomnost dočasného dvojité zakořeněného premoláru, ten tvoří víčko nad trvalým premolárem s jedním kořenem. Plně prořezány všechny moláry.

II. **1 ½ - 2 letí jedinci:** Na každé bázi zubů je otevřený typ bazálních otvorů.

III. **2 ½ - 3 letí:** Bazální otvor M1 je omezen ve velikosti a v některých případech může být u některých jedinců zcela uzavřen. Bazální dutina PM má typicky 2 otvory, zatímco M2 a M3 mají pouze jeden malý otvor. Dochází k uložení první cementové vrstvy na základech stoliček.

IV. **3 ½ - 4 letí jedinci:** Otvor bazální dutiny M1 je obvykle uzavřen. Bazální otvory u ostatních molárů jsou zřetelně zúženy. Uložena je druhá cementová vrstva.

V. **4 ½ - 5 letí jedinci:** Po překročení 4. roku jsou uzavřeny bazální dutiny všech zubů a došlo k uložení tří a více vrstev cementu (obr. 20).

První uložená cementová vrstva je obvykle méně výrazná než ty, které jsou uloženy následně. Za následek to má přítomný bazální otvor (obr. 21).

Dentální kritéria pro jednotlivé věkové skupiny dle WILLIAMSONA (1959)

**I) Jedinci mladší 1 roku:** Přítomnost dočasného dvojité zakořeněného PM. Ten je vytlačován PM trvalým, dočasný PM je na něm jako bílé víčko. Permanentní PM má jeden kořen, 4 lingulární a 2 labiální záhyby, jejichž linie vedou od korunky zubu po „základ“ kořenu. Jeho korunka je níže než korunka M1. Na korunce nejsou vidět žádné viditelné známky opotřebení.

M1 je stálý zub s jedním kořenem, čtyřmi lineárními a dvěma labiálními rýhami. Korunka nese viditelné opotřebení.

**II) Jedinci staří kolem 1 roku:** PM svou výškou dosáhl výšky M1 a začíná vykazovat známky opotřebení na korunce

Linie záhybů M1 jsou viditelné pouze na horní části zubu. Jeho délka se zvětšuje růstem báze. Vnější záhyby se prodlužují směrem dolů a obklopují spodní část zubu. Vnitřní záhyby se prodlužují také směrem dolů a tvoří hluboké dutiny s otevřenými bázemi. PM a M3 téměř vysoké jako M1 a M2

**III) Jedinci staří 2 roky:** Linie záhybů M1 jsou viditelné pouze na horní části zubu. Vnější části externích rýh spodní části zubů se prohlubují. Bazální otvor kořene je otevřen, ale je viditelně zmenšen usazováním cementu na vnější části.

**IV) Jedinci staří 3 roky:** Báze kořene zubu M1 je zcela uzavřena.

**V) Jedinci staří 4 roky:** Linie záhybů M1 slabě viditelná na korunce zubu. Uložený cement na bázi kořene zubu M1 = 1/3 délky zubu.

**VI) Jedinci staří 5 let:** Uložený cement na bázi kořene zubu M1 = 1/2 délky zubu.

**VII) Jedinci staří 6 let:** Záhyby na M1 nejsou viditelné. Uložený cement na bázi kořene zubu M1 představuje více jak 3/4 délky zubu.

**VIII) Jedinci staří 7 let:** M1 se skládá z pevné hmoty cementu se stopami skloviny a dentinu na korunce zubu. Zubní lůžko se jeví jako jamka v čelisti.

Věkové rozdělení jedinců provedla BORODINA (1970B) dle popisu specifických rysů struktur kořene zubu a podle jejich velikosti, kdy mláďata rozdělil do tří skupin dle rozměrů jednotlivých zubů na:

**I) Mláďata ve věku 9 – 10 měsíců:** kořeny zubů se skládají z podélných lišt sklovino-zubovinových smyček stejné délky. Dochází k uložení cementové vrstvy (obr. 22).

M1 je stočený, dochází k dokončení formování chrupu během zimy u mláďat. Mléčný premolár vyměněn za trvalý a zuby intenzivně pokračují v růstu (zejména rychle roste PM po jeho prořezání).

**II) 1 rok staří bobři:** Vnější lišty sklovino-zubovinových smyček vytvářející stěnu zubu. Dutina pulpy směřuje ven širokým otvorem (obr. 23).

Spodní okraje lišt sklovino-zubovinových smyček ohraničují dřeňovou dutinu, která odkrývá směrem ven široký bazální otvor.

**III) 2 letí jedinci:** M1 a M2 je stočený, stoličky jsou o něco menší a užší než u předchozí skupiny. PM se vyvíjí pomaleji a jeho výška se téměř nezměnila. Spodní okraje smyček se sblíží a otvor se zužuje na 1 – 2,5 mm. Dochází k ukládání cementu, jehož tloušťka je stanovena dle M1 v rozpětí 0,4 – 1,2 mm (obr. 24).

A dospělé jedince rozdělila do následujících skupin:

**IV) 3letí jedinci:** Dolní okraje vnějších lišt sklovino-zubovinových smyček se více sblíží. Mezera zůstává štěrbinovitá a bazální otvor obvykle dosahuje šířky 0,3 – 1 mm. Vrstva cementu ve většině případů dosahuje 1 mm. Objevuje se ukládání druhotného dentinu (obr. 25).

Během třetího roku nabývají zuby masivnějšího dojmu než u předchozích let. Bazální otvor je užší, jeho šířka se pohybuje v rozpětí 0,3 – 2,2 mm. Vrstva cementu se trochu zvětšuje a je možné již u M1 rozlišit 2 úzké pruhy.

**V) 4letí jedinci:** Po čtvrtém roce se výška kořene zubu zmenšuje obrušováním lišt sklovino-zubovinových smyček a začíná se objevovat druhotný dentin a bazální otvor se stále více zužuje (0,3 – 0,8 mm). Zvětšuje se též tloušťka cementu (0,7 – 1,5 mm) u M1 a jsou již viditelné 3 uložené vrstvy cementu (obr. 26).

Vývoj kořene zubů u kanadských bobrů probíhá rychleji a zakončuje růst v mladším věku, jejich bazální otvor se uzavírá ve 4. roce, kdežto u evropských bobrů je bazální otvor ve 4. a 5. roce stále otevřen.

**VI) 5letí jedinci:** Tloušťka vrstvy cementu M1 dosahuje 2 – 2,5 mm. Výška vnitřních sklovino-zubovinových smyček tvoří okolo 2/3 výšky zubu. Bazálnímu otvoru, pokud ještě existuje, se sblížící se okraje vytváří úzkou mezeru. Je dobře viditelný ukládající se druhotný dentin (obr. 27).

Během pátého roku se výška zubů stále zmenšuje, zvyšuje se ukládání druhotného dentinu a postupně se zaplňuje bazální dutina. Bazální otvor se více zužuje a okraje jsou zúženy (0,1 – 0,5 mm) u M1 a o něco širší u M2. Zvětšuje se tloušťka cementu a dochází k nánosu čtvrté vrstvy.

**VII) 6letí jedinci:** Od šestého roku věku je dřeňová dutina zakrytá a znatelně zaplněna druhotným dentinem. Vrstva cementu se stále zvětšuje a lze rozpoznat pět tmavých pruhů (obr. 28).

**VIII) 7 – 9 letí jedinci:** Tloušťka vrstvy cementu M1 dosahuje 4 – 4,5 mm, Výška vnitřních lišt sklovino-zubovinových smyček dosahuje z větší části 1/2 výšky zubu. Bazální otvory jsou uzavřené. Mezi vrstvami cementu a dolním koncem lišt sklovino-zubovinových smyček je vidět uložení druhotného dentinu (obr. 29).

Druhotný dentin zaplňuje téměř celou dřeňovou dutinu, zvětšuje se tloušťka uloženého cementu, jehož poslední vrstva se ukládá po celém spodním povrchu zubu.

**IX) 10 – 14 letí jedinci:** Tloušťka vrstev M1 dosahuje okolo  $\frac{1}{2}$  výšky celého zubu a na podíl sklovino-zubovinových smyček připadá menší část zubu (obr. 30).

Vrchní část zubu (zhruba  $\frac{1}{2}$ ) se skládá z podélných lišt a spodní část z cementu, který je shora zakrývá druhotným dentinem. Cement pokračuje v ukládání po celém spodním povrchu zubu a celoroční vrstva je viditelná jako celistvý pruh protínající plochu zubu.

**X) 15 – 19 letí jedinci:** Téměř celý zub (M1), pokud zůstaly kořeny, je tvořen z uloženého cementu a druhotného dentinu. Výška lišt sklovino-zubovinových smyček je velmi malá (3 – 7 mm). Vyskytují se jedinci, u kterých lišty sklovino-zubovinových smyček jsou zachovány jako oddělené kusy či jako části žvýkacího povrchu tvořené druhotným dentinem (obr. 31).

Výška smyček je zmenšuje ještě více, dosahuje méně jak  $\frac{1}{2}$  zub. Zvětšuje se mocnost druhotného dentinu. Je znatelná velká vrstva cementu a velmi stíraná plocha lišt sklovino-zubovinových částí zubu.

**XI) 20 – 25 jedinci:** Většina smyček je stále malá (výška 3 – 7 mm) a jsou obklopeny zdola i ze stran uloženým druhotným dentinem. Velká část zubu se skládá z cementu (tloušťka vrstvy u M1 a M2 je cca 10 mm).

Dále BORODINA (1970a) provedla popis charakteristických rysů struktur zubů a jedince bobrů rozdělil do věkových skupin dle rozměrů zubů (Tab. 5, Tab. 6, Tab. 7, Tab. 8, Tab. 9, Tab.10, Tab. 11, Tab. 12).

**I) Mláďata ve věku 9 – 11 měsíců:** Kořeny zubů se skládají z podélných lišt sklovino-zubovinových smyček stejné délky (obr. 33)

**II) 1 rok staří jedinci:** Vnější lišty sklovino-zubovinových smyček vytvářejí stěnu zubu. Dutina pulpy směřuje ven širokým otvorem (obr. 33).

**III) 2 letí jedinci:** Dolní okraje vnějších lišt sklovino-zubovinových smyček se stáčíjí dovnitř. Bazální otvor se zužuje na 1 – 2,5 mm. Na spodním povrchu stěny zubu existuje opravdu úzká vrstva nánosů cementu (obr. 33).



- IV) 3 – 4 letí jedinci:** Dolní okraje vnějších lišt sklovino-zubovinových smyček se ještě více sblíží. Mezera zůstává štěrbinovitá a bazální otvor obvykle dosahuje šířky 0,3 – 1 mm. Vrstva cementu ve většině případů dosahuje 1 mm. Objevuje se ukládání druhotného dentinu (obr. 33).
- V) 5 – 6 letí jedinci:** Tloušťka vrstvy cementu u M1 dosahuje 2 – 2,5 mm. Výška vnitřních lišt sklovino-zubovinových smyček tvoří okolo 2/3 výšky zubu. Pokud ještě existuje bazální otvor, jeho okraje se sblíží a vytváří úzkou mezeru. Je dobře viditelné ukládání druhotného dentinu (obr. 34).
- VI) 7 – 14 letí jedinci:** Tloušťka vrstvy cementu u M1 dosahuje 4 – 4,5 mm. Výška vnitřních lišt sklovino-zubovinových smyček dosahuje z větší části 1/2 výšky zubu. Bazální otvory jsou uzavřené. Mezi vrstvou cementu a dolním koncem lišt smyček je vidět uložení druhotného dentinu (obr. 34).
- VII) 15 – 19 letí jedinci:** Tloušťka vrstev u M1 tvoří zhruba 1/2 výšky zubu. Na podíl lišt sklovino-zubovinových smyček připadá menší část zubu (obr. 34).
- VIII) 20 – 25 letí jedinci:** Téměř celý zub M1, pokud mu zůstaly kořeny, se skládá z uloženého cementu a druhotného dentinu. Výška lišt sklovino-zubovinových smyček je velmi malá (3 – 7 mm). U některých jedinců jsou lišty smyček zachována jako oddělené kousky či jako žvýkácí povrch tvořený druhotným dentinem (obr. 34).

SUN et al. (2000) ve své práci rozdělují jedince na základě disperze. Na juvenilny (jedince mladší 2let), kteří opouští teritorium jen vzácně. Subadulty (2 – 3letí jedinci), u kterých je primární disperze nejčastější a na adulty, jedince starší 3let, kteří opouští své teritorium v důsledku kompetenčních soubojů, zničení teritoria či při hledání nového partnera.

Avšak dle nepublikovaných údajů (**ALEŠ VOREL, XII. 2016, pers. comm.**) může být věková struktura rozdělena dle disperze do výše zmíněných věkových tříd na juvenilny (0 – 1 rok), subadulty (1 – 2,5 let) a adulty (2,5 let a více).

## 4. MATERIÁLY A METODIKA

Základním pilířem pro tuto práci byl soubor s potřebnými údaji o jedincích bobrů, kteří byli nalezeni a vypreparováni v letech 1993 a 2009 a dále lebky ze sbírky KE FŽP ČZU vypreparované během let 2010 – 2015. Z lebek uhynulých jedinců byly změřeny metristické a kraniální charakteristiky, které byly propojeny s věkem jedinců určeným na základě analýzy chrupu. Tyto charakteristiky tvořily data pro statistickou analýzu.

### 4.1. SBĚR METRISTICKÝCH CHARAKTERISTIK

U uhynulých zvířat bylo nejprve potřeba stanovit následující charakteristiky. Jedinci byli zváženi pomocí závěsné elektronické váhy a dále jim byly změřeny vnější rozměry. Měřena byla délka těla (od čumáku po řitní otvor), délka ocasu (od řitního otvoru po konec ocasu), šířka ocasu v jeho nejširší části, délka šupinaté části ocasu (od konce ocasu po začátek ochlupení), délka zadní nohy (od nejdelšího prstu po patní kloub) a délka ušního boltce (od konce boltce po vnitřní okraj vnějšího zvukovodu). Chyba měření všech uvedených parametrů byla 0,5 cm.

### 4.2 SBĚR KRANIÁLNÍCH CHARAKTERISTIK

Celkem jsem pro tuto práci analyzovala 78 lebek ( $n = 78$ ), přičemž každá lebka či jedinec určený k preparaci byli označeni kódem a specifickou značkou, která je stálá i po vyvaření lebky (obr. 35).

Preparace probíhala v pitevně několik dní. Oddělená hlava zvířete se pro snadnější provaření nejprve stáhne z kůže a odstraní se co největší množství svaloviny. Poté se musí odstranit bulvy a mozek z mozkovny. Odstranění mozku je velmi důležité, jelikož kdyby mozek zůstal v mozkovně při vyvařování, mohlo by dojít k prolnutí mozkové tkáně do kostí a tuto mastnotu nelze z lebky odstranit, lebka by po uschnutí zapáchala. Poté se mozkovna důkladně propláchlá vodou, aby se odstranily případné zbytky. Pro odstranění maximálního množství tkáně se nechala lebka macerovat ve studené vodě dva dny, jelikož voda vyluhuje zbytky krve. Během těchto dvou dní jsem vodu několikrát vyměnila.

Po dostatečném odmočení jsem přistoupila k samotnému vývaru lebek. Lebky, které byly v dobrém stavu, jsem vyvařovala v jednom hrnci a poničené lebky zvlášť, aby

nedošlo k záměně jejich částí. Vyvařování probíhalo ve smaltovém hrnci na plynovém vařiči tak dlouho, dokud nešla svalovina tzv. od kosti. Tkáň jsem mechanicky odstranila a znovu provedla celý proces, dokud nebyla lebka zcela zbavena veškeré tkáně. Vodu, ve které byly lebky vařeny, jsem vyměnila za novou horkou vodu, abych se zbavila mastnoty. Následně jsem pomocí nože odstranila veškeru svalovou tkáň na povrchu lebky. Takto hotovou lebku jsem propláchlá teplou vodou a kartáčkem jemně dočistila.

Lebky jsem nechala pár hodin okapat a poté jsem je vybělila. Vybělení probíhalo tak, že jsem lebku obalila celulózou, která byla nasáklá 30 % peroxidem vodíku a nechala celý den na tmavém místě. Pokud bylo potřeba, proces bělení jsem opakovala.

Z takto vyvařených lebek bylo naměřeno 36 charakteristických rozměrů. Měřené rozměry jsou kombinací rozměrů z práce FRAHNERTA & HEIDECHEHO (1992) a VORLA et al. (2009).

Měření bylo prováděno posuvným měřítkem o přesnosti  $\pm 0,5$  mm. Lebka bobra je asymetrická, proto byly rozměry měřeny pro každou stranu lebky zvlášť. Pokud byly naměřeny rozdílné hodnoty pro každou stranu, provedl se z obou rozměrů průměr.

**Měřené charakteristiky** (obr. 36, obr. 37, obr. 38, obr. 39, obr. 40):

1. **LCB** (longitudo condylobasalis) - vzdálenost mezi nejřednějším okrajem mezičelisti (ossa incisiva) a prohlubni mezi týlními hrbolky (condylus occipitalis)
2. Vzdálenost od Prosthionu ke spoji švu zygomaticomaxillaris s margo facialis maxila
3. Délka foramen incisivum – délka otvoru na tvrdém patře
4. **LOSD** - délka horní řady zubů (longitudo ordinis superioris dentinum) - vzdálenost mezi předním okrajem alveoly premoláru po zadní okraj posledního moláru
5. Šířka mezi okraji alveol premolárů
6. Šířka mezi okraji alveol posledních molárů
7. Délka týlního otvoru
8. Šířka otvoru nosní dutiny (choana)
9. Šířka týlního otvoru
10. Šířka dvou bubínkových výdutí

11. Vzdálenost od Prosthionu k Staphylionu - bod na hrotu zadní hranice tvrdého patra)
12. Vzdálenost mezi prohlubní týlních hrbolů a Staphylonem
13. Šířka bubínkové výduti
14. Šířka obou řezáků
15. Šířka nosních kostí - největší šířka mezi postranními hranami nosních kostí
16. Délka od přední hrany nosní kosti po spoj švu incisivomaxillaris s hranou kosti lící
17. Vzdálenost od nejširší části nosní kosti po její nejbližší konec
18. **LN** (longitudo nasalis) - délka nosních kostí - vzdálenost mezi předním a zadním okrajem nosních kostí
19. Meziocní šířka - nejmenší vzdálenost mezi výběžkem na kosti čelní a na kosti lící
20. Vnitřní délka jařmového oblouku
21. Vzdálenost mezi výběžkem kosti čelní a výběžkem u kosti slzní
22. **Lal** (langitudo interorbitalis) - šířka meziocnicového zúžení - nejkratší vzdálenost mezi horními kraji očních
23. Šířka čela - vzdálenost mezi výběžky kosti čelní
24. Šířka dvou zvukovodů - největší vzdálenost mezi dvěma postranně ležícími zvukovody
25. **LAZ** - zygomatická šířka lebky (latitudo zygomatici) - největší šířka na jařmových obloucích
26. Délka sagitálního hřebenu
27. Vzdálenost od nejširšího bodu jařmového oblouku k zadnímu okraji os interparietale
28. Délka nosní kosti v kosti čelní – vzdálenost koncově položených bodů nosních kostí od spoje sutura nasofrontalis
29. **LaM** - vzdálenost mezi dvěma postranně ležícími body bradavkovitých výběžků kosti spánkové (processus mastoideus)
30. Šířka velkého týlního otvoru - nejkratší vzdálenost mezi postranně ležícími body týlního otvoru (foramen magnum) - měřeno vodorovně ze zadní strany lebky
31. Výška šíjové roviny - vzdálenost od akrokrania po opisthion (zadní střední bod velkého týlního otvoru)
32. **ACr** - týlní výška lebky (longitudo cranii)
33. **Amd** - výška dolní čelisti - kolmá vzdálenost mezi nejnižše položeným bodem úhlu dolní čelisti a vrcholem svalového výběžku

- 34. **LOID** - délka dolní řady zubů (longitudo ordinis inferioris dentinum) - vzdálenost mezi předním okrajem alveoly premoláru po zadní okraj posledního moláru
- 35. Šířka bazální části nosního otvoru – vzdálenost mezi postranními okraji báze nosního otvoru
- 36. Šířka nosního otvoru – největší vzdálenost uvnitř nosního otvoru

### 4.3 DENTÁLNÍ CHARAKTERSTIKY

U lebek byla provedena sekce prvních premolárů a všech molárů, pokud nebyly zuby poničené následkem střetu jedince s dopravním prostředkem. Extrakce zubů probíhala pomocí kleští a malého šroubováku. Zaschlé zbytky krve na zubech byly lehce seškrábány nožem pro dostatečné odhalení bazální dutiny.

U některých lebek bylo potřeba odstranit kus dolní čelisti, aby bylo možné získat zuby k analýze.

Podle vývoje premolárů a dle stupně uzavírání bazální dutiny byli jedinci určeni do věku 3 let. Pokud byl premolár plně prořezán, věk byl určen na základě uzavírání bazální dutiny kořene zubu a u zubů, které měly plně uzavřenou bazální dutinu, se věk určil podle usazování cementových vrstev po celé délce molárů. Samotnému zjištění počtu cementových vrstev předcházela výbrus zubů. Tento proces byl prováděn na dvoukotoučové brusce, kdy jsem použila hrubší kotouč na narušení a zbroušení zubu a jemnější kotouč na jeho vyhlazení. I po jemném zbroušení bylo třeba zuby, pro lepší viditelnost cementových vrstev, přebrousit jemným smirkovým papírem a skleněným pilníkem.

Tyto řezy zubů byly nadále zkoumány pod binokulární lupou typu Olympus SZ51. Avšak, tato metoda nepřinesla očekávané výsledky u všech zubů. Proto jsem některé zuby pozorovala pod mikroskopem typu Olympus SZX16, kde se daný obraz promítal na monitor pro snadnější sčítání vrstev. Konečný věk se určil přičtením hodnoty 2 k počtu vrstev. Ty byly tvořeny širokými vrstvami, které se ukládaly v létě a úzkými vrstvami, které se ukládaly během zimy. Konečný věk jedinců byl určen sečtením vrstev a přičtením hodnoty dvě.

## 5. ANALÝZA DAT

### 5.1 SOUBOR DAT

Pro tuto práci jsem měla k dispozici soubor s potřebnými údaji o uhynulých jedincích bobrů, kteří byli nalezeni, vypreparováni, byl jim určen přesný věk na základě uzavírání bazální dutiny zubů a naměřeny hodnoty příslušných charakteristik v letech 1993 – 2009 a dále lebky s potřebnými údaji ze sbírky KE FŽP ČZU vypreparované během let 2010 a 2015.

### 5.2 ZPRACOVÁNÍ DAT

Soubor potřebných informací o mrtvých jedincích bobrů byl přepsán do tabulkového programu MS Excel. Pro statistickou analýzu byl soubor rozdělen na dva, na základě metristických a kraniálních charakteristik. První soubor obsahoval specificky očíslované jedince a jejich údaje - věk, průměrná hodnota věku a hodnoty konkrétních metristických charakteristik - hmotnost (LAVROV 1981; HEIDECKE 1984; NOVAK 1987; PARKER et al. 2002), délka těla, délka plosky zadní nohy, délka ocasu, délka šupinaté části ocasu a šířka ocasu (SVENDSEN 1980) (obr. X). Do analýzy vstupovalo z celkových 78 lebek pouze 30 lebek se všemi hodnotami, z toho 22 jedinců z různých populací a 7 jedinců z populace labské, avšak následně byl vyřazen 13letý bobr, který byl příliš starý a mohl by výrazně ovlivnit výsledek.

Ve druhém souboru byli označení jedinci, věk, průměrná hodnota věku a hodnoty konkrétních kraniálních charakteristik (obr. X). Z celkových naměřených 36 rozměrů jsem vybrala ty charakteristiky, které byly zvolené jako nejúspěšnější jinými autory. Vzdálenost mezi nejpřednějším okrajem mezičelisti a prohlubní mezitýlními hrbolky – **LCB** (OSBORN 1953; ROSEL et al. 2010), délka horní řady zubů - **LOSD**, délka nosních kostí – **LN** (FRAHNERT & HEIDECKE 1992), zygomatická šířka lebky – **LAZ** (OSBORN 1953; ROSEL et al. 2010). Z celkových 78 lebek zde vstupovalo do analýzy 22 lebek, které měly všechny hodnoty. Z toho 7 jedinců labské populace, ze kterých byl poté opět vyřazen, pro přesnost výsledku, 13letý bobr, a 15 jedinců z ostatních populací.

V obou souborech byli barevně odlišeni jedinci labské populace a jedinci z ostatních populací.

č. jedince	vek_dle_zubů	vek	vaha	delka_tela	delka_ocasu	supinata_cast	sirka_ocasu	delka_nohy
<b>44 (Hronek)</b>	1 1/2 - 2	<b>1.8</b>	22.4	78.0	40.0	31.0	13.0	17.0
<b>EX8</b>	1 1/2 - 2	<b>1.8</b>	10.8	62.0	32.0	24.5	10.0	15.5
<b>LA101</b>	2 1/2 - 3	<b>2.8</b>	17.5	75.0	36.0	12.5	12.5	17.5
<b>56 (Hanz)</b>	2 1/2 - 3	<b>2.8</b>	27.5	85.0	45.0	34.0	15.0	19.0
<b>EX201403</b>	2 1/2 - 3	<b>2.8</b>	23.0	86.0	40.0	33.0	14.5	18.5
<b>LA103</b>	3 1/2 - 4	<b>3.8</b>	29.8	87.0	41.5	33.5	15.0	18.5
<b>75</b>	3 1/2 - 4	<b>3.8</b>	26.0	84.0	42.0	34.0	14.5	18.0
<b>LA102 (53)</b>	13	<b>13.0</b>	24.8	80.0	40.0	31.0	15.5	18.0
<b>17</b>	0 - 1/2	<b>0.3</b>	2.2	37.5	17.5	13.0	4.0	10.5
<b>EX2</b>	1/2 - 1	<b>0.8</b>	6.3	57.5	31.0	23.5	8.0	14.5
<b>10</b>	1/2 - 1	<b>0.8</b>	8.8	62.0	33.5	26.0	9.5	15.0
<b>12</b>	1 - 1 1/2	<b>1.3</b>	13.2	63.0	32.5	28.5	10.5	16.0
<b>61</b>	1 1/2 - 2	<b>1.8</b>	8.5	54.0	28.0	21.0	17.5	14.0
<b>62</b>	1 1/2 - 2	<b>1.8</b>	11.2	64.0	30.0	24.5	9.5	14.0
<b>14</b>	1 1/2 - 2	<b>1.8</b>	17.2	69.0	40.0	30.0	12.0	14.5
<b>69</b>	1 1/2 - 2	<b>1.8</b>	12.1	65.0	32.0	27.0	11.0	14.5
<b>EX3</b>	1 1/2 - 2	<b>1.8</b>	13.5	75.5	36.0	29.0	11.0	17.5
<b>EX5</b>	1 1/2 - 2	<b>1.8</b>	19.0	71.0	35.0	26.0	11.5	15.5
<b>8</b>	2 1/2 - 3	<b>2.8</b>	17.6	68.5	36.5	30.0	11.5	16.0
<b>67</b>	2 1/2 - 3	<b>2.8</b>	16.0	66.0	38.0	30.0	13.0	17.0
<b>68</b>	2 1/2 - 3	<b>2.8</b>	15.2	68.0	33.0	26.0	10.0	15.0
<b>EX11</b>	2 1/2 - 3	<b>2.8</b>	14.5	70.0	37.5	27.5	10.5	15.5
<b>EX4</b>	2 1/2 - 3	<b>2.8</b>	16.0	68.0	38.0	30.0	12.5	15.5
<b>9</b>	3 a více	<b>3.5</b>	21.2	76.5	38.5	30.0	12.0	17.0
<b>45</b>	3 1/2 - 4	<b>3.8</b>	17.2	70.5	40.0	30.0	11.0	17.0
<b>EX122</b>	3 1/2 - 4	<b>3.8</b>	21.0	75.0	38.0	29.0	13.5	17.5
<b>EX201402</b>	3 1/2 - 4	<b>3.8</b>	21.4	77.0	37.0	29.0	12.0	16.0
<b>68H</b>	5	<b>5.0</b>	22.5	74.0	43.0	31.0	14.5	17.5
<b>EX9</b>	6	<b>6.0</b>	21.5	74.0	39.0	27.5	13.0	17.0
<b>64</b>	7	<b>7.0</b>	15.7	72.3	35.0	27.6	10.7	17.0

Obr. X: Soubor uhynulých jedinců s metristickými charakteristikami. Zelená barva – jedinci labské populace, modrá barva – jedinci z ostatních populací.

č. jedince	vek_dle_zubů	vek	LCB	LOSD	LAZ	LN
<b>44 (Hronek)</b>	1 1/2 - 2	<b>1.75</b>	127.67	33.70	100.83	56.12
<b>EX8</b>	1 1/2 - 2	<b>1.75</b>	112.69	29.41	85.03	46.27
<b>LA101</b>	2 1/2 - 3	<b>2.75</b>	126.99	31.98	104.81	57.78
<b>56 (Hanz)</b>	2 1/2 - 3	<b>2.75</b>	153.14	37.74	100.83	69.78
<b>EX201403</b>	2 1/2 - 3	<b>2.75</b>	154.13	35.63	107.33	67.75
<b>LA103</b>	3 1/2 - 4	<b>3.75</b>	148.93	36.25	10638.00	65.64
<b>LA102 (53)</b>	13	<b>13</b>	145.92	35.27	104.27	62.65
<b>57</b>	0 - 1/2	<b>0.25</b>	78.62	23.08	56.73	33.03
<b>46</b>	2 1/2 - 3	<b>2.75</b>	129.73	32.50	99.66	55.66
<b>54</b>	3	<b>3</b>	134.73	33.74	104.96	59.81
<b>44</b>	3	<b>3</b>	136.93	34.51	103.30	61.77
<b>11</b>	3 a více	<b>3.5</b>	144.98	35.98	108.83	63.95
<b>13</b>	3 a více	<b>3.5</b>	139.42	36.19	105.16	62.61
<b>16</b>	3 a více	<b>3.5</b>	142.93	35.70	108.09	68.52
<b>26</b>	3 a více	<b>3.5</b>	134.90	34.35	103.61	60.86
<b>74</b>	3 1/2 - 4	<b>3.75</b>	125.75	30.46	99.15	48.88
<b>53H</b>	3 1/2 - 4	<b>3.75</b>	133.04	32.39	106.62	62.24
<b>39</b>	3 1/2 - 4	<b>3.75</b>	133.68	33.42	102.37	65.23
<b>30</b>	3 1/2 - 4	<b>3.75</b>	140.12	35.69	108.47	65.47
<b>33</b>	4	<b>4</b>	134.15	32.95	99.14	59.20
<b>36</b>	4	<b>4</b>	135.67	34.42	102.25	63.01
<b>45</b>	6	<b>6</b>	136.56	34.69	103.72	59.76

Obr. X: Soubor uhynulých jedinců s kranialními charakteristikami. Zelená barva – jedinci labské populace, modrá barva – jedinci z ostatních populací.

Dále byli jedinci z celkového souboru dat rozděleni do věkových kategorií a byly vytvořeny grafy pro lepší přehlednost počtu jedinců v jednotlivých kategoriích.

### **5.3 ANALÝZA DAT**

Pro vyhodnocení dat jsem použila statistický program R studio 7.5.

Celkem byly provedeny dva druhy závislosti, kdy se model prokázal jako statisticky významný jen tehdy, byla-li hodnota spolehlivosti  $p$  menší než hladina významnosti 0,05.

#### **5.3.1 URČENÍ VĚKOVÝCH KATEGORIÍ**

Pro všechny uhynulé jedince, kteří vstupovali či, díky nedostatečným údajům, nevstupovali do statistické analýzy, bylo provedeno rozřazení do tří věkových kategorií (juvenil, subadult a adult) dle různých autorů. Výsledkem byly sloupcové grafy vyjadřující početnost v daných kategoriích.

#### **5.3.2 ANALÝZA ZÁVISLOSTI METRISTICKÝCH A KRANIÁLNÍCH CHARAKTERISTIK NA VĚKU**

Ze souboru, který obsahoval všechny jedince a hodnoty daných charakteristik, byli nejprve odstraněni pomocí funkce `na.omit()` ti jedinci, kterým chyběla některá hodnota z testovaných charakteristik. Následně byl odstraněn stejnou funkcí nejstarší (13letý) jedinec, který se svým věkem a hodnotami odchyloval od zbylých jedinců, čímž by mohl narušit výsledek analýzy.

Byl vytvořen lineární model, ve kterém byly porovnány všechny vysvětlující proměnné s věkem a pomocí AICc (Akaike Information Criterion) analýzy, která odhaduje kvalitu každého modelu vzhledem ke každému z ostatních modelů, došlo ke srovnání kombinací proměnných a byly tak vybrány nejparsimonnější charakteristiky (`muminek<-dredge()`).



### 5.3.3 URČENÍ INTERVALŮ CHARAKTERISTIK PRO VĚKOVÉ KATEGORIE

Pro charakteristiky, které vyšly na základě AICc analýzy jako nejparsimonnější, byl vytvořen ggplot její závislosti na věku vmodelováním loess křivek 2. stupně polynomu. Tento plot byl zobrazen pro jedince bobřů z ostatních populací a následně tam byli přidáni jedinci labské populace, kteří byli vizuálně odlišeni.

Na základě těchto intervalů byly určeny hranice hodnot daného rozměru pro jednotlivé věkové kategorie. Na základě tohoto výstupu se prokáže/zamítne předpoklad, že labští bobři mají větší rozměry než bobři ostatních populací.

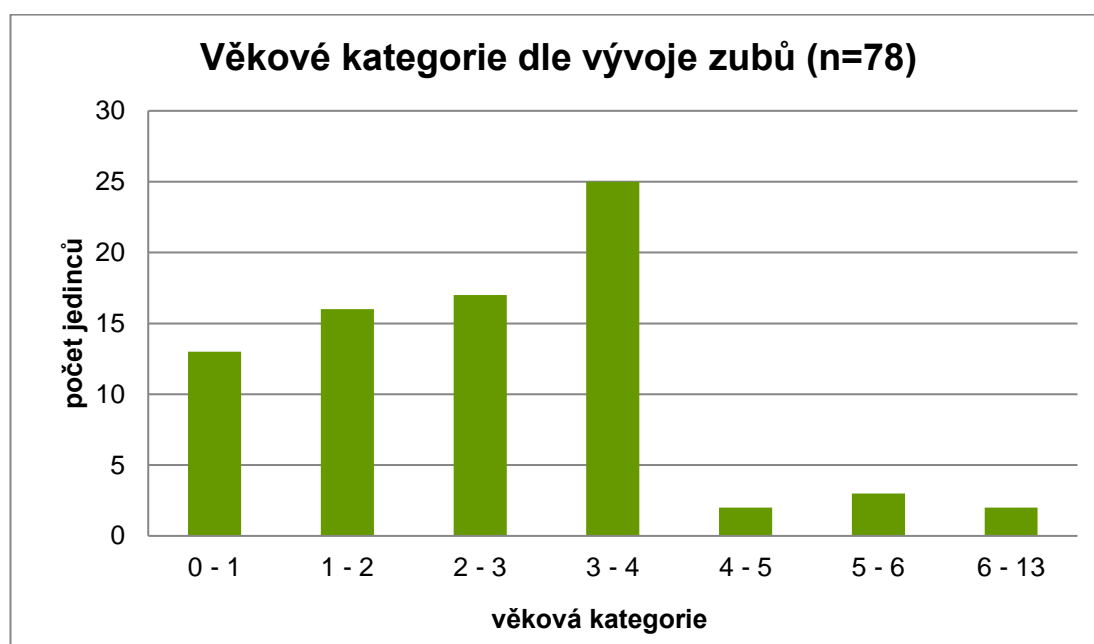
## 6. VÝSLEDKY

### 6.1 URČENÍ VĚKOVÝCH KATEGORIÍ

Pro přesnější porovnání byly zjištěné věkové kategorie (n=7) zkoumaného vzorku (n=78) (Obr. 40). Největší zastoupení v tomto vzorku měla kategorie uhynulých adultních jedinců ve věku 3 – 4 let a subadultních jedinců ve věku 2 – 3 let (Tab. 6).

Věková kategorie	Počet jedinců
0 - 1	13
1 - 2	16
2 - 3	17
3 - 4	25
4 - 5	2
5 - 6	3
6 - 13	2

Tab. 6: Členění do věkových kategorií u mrtvých zvířat, jež byly určeny dle analýzy zubů.

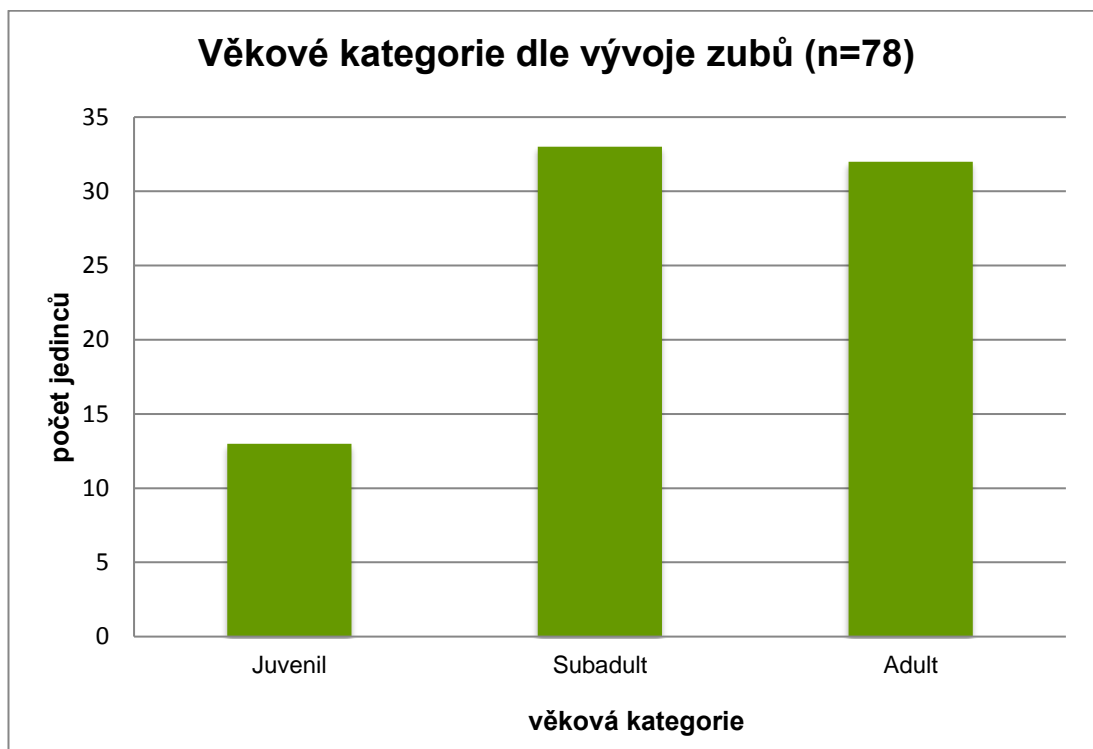


Obr. 40: Věkové kategorie (n=7) dle vývoje zubů u uhynulých zvířat (n=78).

Pokud rozdělím vzorek do tří věkových kategorií (n=3) na juvenilny, subadulty a adulty dle SUN et al.(2000); PIECHOCKI & STIEFEL (1977), pak by kategorie juvenilních jedinců (0 -1 rok) byla zastoupena 16,7%, kategorie subadultních jedinců (1 – 3 roky) 42,3% a adultních (3 a více let) 41% (Tab. 7; Obr. 41).

Věk. kategorie	Rozmezí let	Počet jedinců
Juvenil	0 - 1	13
Subadult	1 - 3	33
Adult	3 a více	32

Tab. 7: Věková struktura uhynulých jedinců.



Obr. 41: Věková struktura (n=3) uhynulých jedinců (n=78).

## 6.2 ANALÝZA ZÁVISLOSTI METRISTICKÝCH A KRANIÁLNÍCH CHARAKTERISTIK NA VĚKU

### METRISTICKÉ CHARAKTERISTIKY

Ze zkoumaných metristických charakteristik (váha, délka těla, délka plosky zadní nohy, délka ocasu, délka šupinaté části ocasu a šířka ocasu), které byly testovány pomocí analýzy AICc, vyšly pro jedince všech populací dva kompetující modely, čili dvě nejlepší charakteristiky pro odhad věku - váha a délka nohy (Obr. 42). V celé analýze bylo navzájem testováno celkem 64 modelů. Avšak charakteristika váha vyšla statisticky významnější.

model	(Intercept)	delka_nohy	delka_ocasu	delka_tela	sirka_ocasu	supinata_cast	vaha	df	AICc	delta
33	-0.570	NA	NA	NA	NA	NA	<b>0.221</b>	3.000	<b>76.163</b>	0.000
50	-4.018	0.687	NA	NA	NA	-0.266	0.215	5.000	76.234	0.071
34	-4.143	0.298	NA	NA	NA	NA	0.149	4.000	77.684	1.521
2	-7.841	<b>0.678</b>	NA	NA	NA	NA	NA	3.000	<b>78.444</b>	2.281
49	1.022	NA	NA	NA	NA	-0.088	0.274	4.000	78.451	2.288

Obr. 42: Výsledek analýzy AICc pro vztah metristických charakteristik k věku.

## KRANIÁLNÍ CHARAKTERISTIKY

Z vybraných kraniálních charakteristik, které podle jiných autorů určují významný vztah s věkem, do analýzy vstupovaly: Vzdálenost mezi nejpřednějším okrajem mezičelisti a prohlubní mezitýlními hrbolky – LCB, délka horní řady zubů - LOSD, délka nosních kostí – LN a zygomatická šířka lebky – LAZ. Tyto charakteristiky byly testovány též pomocí analýzy AICc, kde vyšel jako nejlepší model LCB a LAZ. Obě zmíněné charakteristiky vyšly dle AICc jako stejně významné (Obr. 43).

model	(Intercept)	LAZ	LCB	LN	LOSD	df	AICc	delta
3	-3.823	NA	<b>0.055</b>	NA	NA	3	<b>41.9</b>	0.000
2	-3.395	<b>0.068</b>	NA	NA	NA	3	<b>41.9</b>	0.030
9	-4.882	NA	NA	NA	0.249	3	43.9	2.060

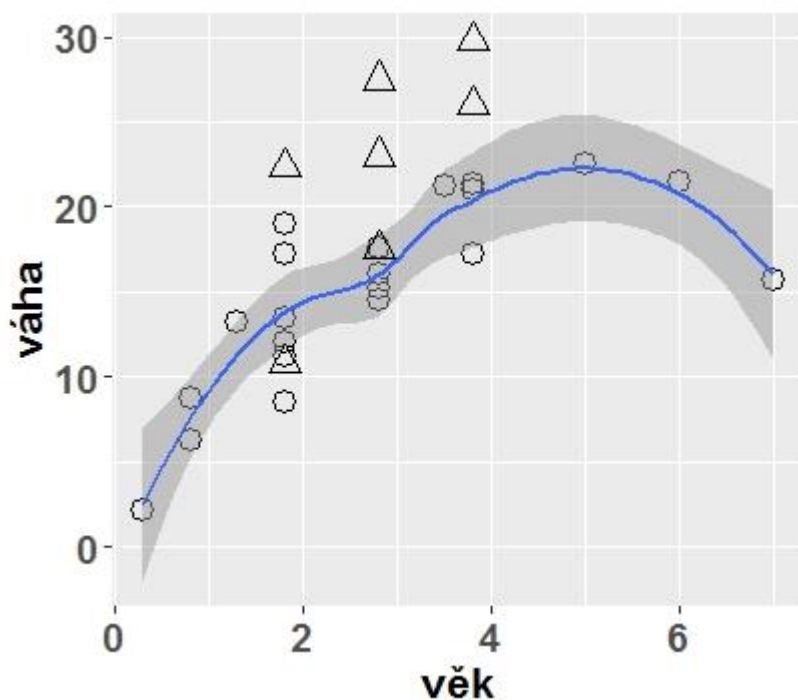
Obr. 43: Výsledek analýzy AICc pro vztah kraniálních charakteristik k věku.

## 6.3 URČENÍ INTERVALŮ CHARAKTERISTIK PRO VĚKOVÉ KATEGORIE

### METRISTICKÉ CHARAKTERISTIKY

Pro určení intervalů byl vytvořen ggplot, do kterého byla promítnuta loess křivka 2. stupně polynomu.

Protože předpoklad byl takový, že bobří labské populace jsou svými rozměry větší než bobří ostatních populací, nejprve byl vytvořen plot pro jedince z ostatních populací a následně tam byli zaneseni i labští bobří (Obr. 44). Z grafu je tedy patrné, že labští bobří ve věku od 2 do 4 let mají vyšší váhu než stejně staří jedinci ostatních populací. Avšak jelikož jsem měla analyzováno málo bobřů ve věku od 4 do 7 let, bylo by zařazení jedinců tohoto věku do věkové kategorie nepřesné.

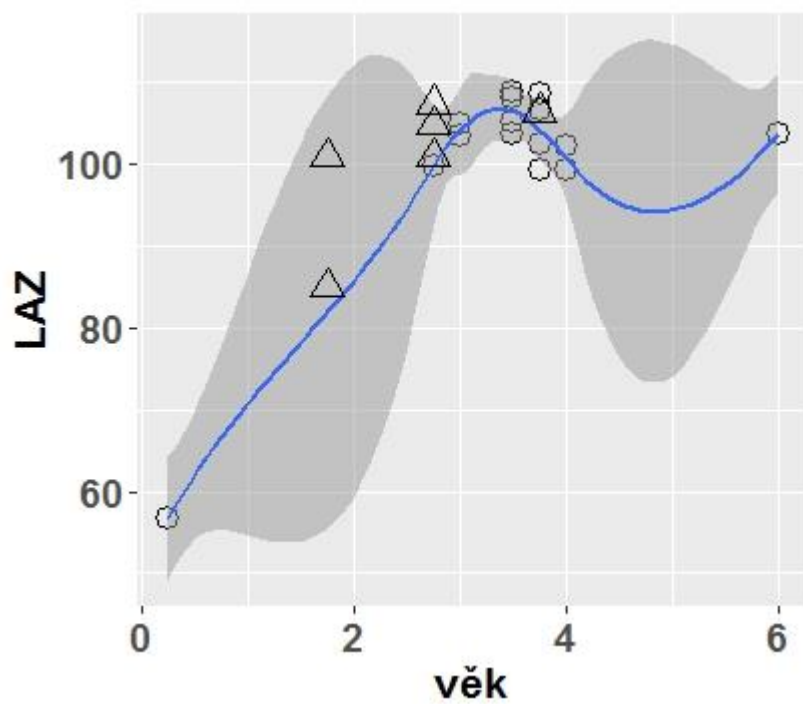


Obr. 44: Vztah mezi vahou a věkem jedinců. O - ostatní populace, Δ - labská populace.

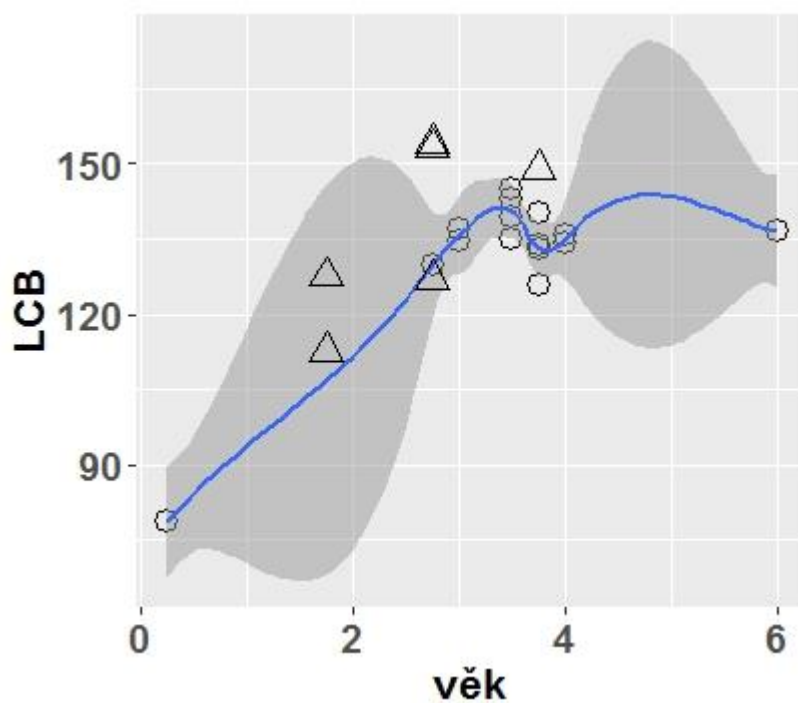
### KRANIÁLNÍ CHARAKTERISTIKY

Pro určení intervalů byl vytvořen ggplot vztahu LAZ a věku, do kterého byla promítnuta loess křivka 2. stupně polynomu a protože předpoklad byl takový, že bobři labské populace jsou svými rozměry větší než bobři ostatních populací, nejprve byl vytvořen plot pro jedince z ostatních populací a následně tam byli zaneseni i labští bobři (Obr. 45). Z kategorie juvenil (0 – 1 rok) vstupoval do statistické analýzy pouze jeden jedinec, jedinců řazených do subadultní věkové kategorie bylo též málo. Jelikož nevstupovali do analýzy jedinci mezi 4 a 6 lety, došlo tak k nepřesnosti. 6letý jedinec tvoří, stejně jako juvenilní jedinec, odlehle měření a z toho důvodu musí být tento výstup brán se značnou rezervou.

Stejně tak bylo postupováno u vztahu LOSD a věku (Obr. 46).



Obr.45: Vztah mezi rozměrem LAZ a věkem jedinců. ○ ostatní populace, △ labská populace,



Obr.46: Vztah mezi rozměrem LCB a věkem jedinců. ○ ostatní populace, △ labská populace,

## 7. DISKUSE

### 7.1. VĚKOVÉ KATEGORIE

Závěrem této práce bylo rozdělení mrtvých jedinců do tří věkových kategorií (juvenil, subadult, adult). Pro zařazení jedinců do příslušných věkových kategorií se vždy přistupuje na základě určení věku jedinců, avšak jednotlivá věková kritéria se liší z hlediska přesného stanovení věku. Přesný věk jedinců lze určit pouze na základě dentálních charakteristik, kdy výhody této metody spočívají ve velké vypovídající schopnosti výsledků (STIEFEL & PIECHOCKI, 1986). Avšak omezení v této metodě vzniká tím, že tento postup není použitelný pro živé jedince. Jiná známá kritéria pro určení věku neposkytují přesné údaje o věku jedinců, proto musí být použita determinace jedinců do věkových kategorií.

Rozdělení jedinců do tří věkových kategorií má své opodstatnění z hlediska ontogeneze. Tyto kategorie jsou odděleny na základě zlomů, které jsou utvořeny během ontogeneze fyziologickými a behaviorálními změnami. Juvenilové, mláďata do 1 roku, jsou pohlavně nezralí jedinci a lze je z pohledu osteologických kritérií charakterizovat přítomností mléčných premolárů (PIECHOCKI & STIEFEL 1977).

U subadultů (jedinci starší jednoho roku) jsou v chrupu již přítomny trvalé premoláry, které nahradily mléčné neboli dočasné. Adulti, jedinci starší dvou let, mají již plně prořezaný chrup a první cementová vrstva je již deponována na vnější straně basální dutiny kořene zubů a věk těchto jedinců se následně určí sečtením jednotlivých vrstev a přičtením hodnoty 2 (NOSTRAND & STEPHENSON, 1964; STIEFEL & PIECHOCKI, 1986).

Mláďata přicházejí na svět v období mezi květnem a červnem HEIDECKE (1991), z juvenilů se stávají subadulti jakmile překročí první rok svého života a stávají se tak pohlavně zralými (LARSON, 1967). K migraci podle autorů BRADY & SVENDSEN (1981) dochází mezi 21. a 24. měsícem, dle autorů SUN et al. (2000) dochází k migraci mezi 2. a 3. rokem a dle nepublikovaných údajů (ALEŠ VOREL, XII. 2016, pers. comm.) mohou subadulti opouštět své rodiny ve věku 2,5 let, kdy jsou nahrazeni nově narozenými jedinci. Věk, ve kterém dochází k migraci, může být značně variabilní v závislosti jak na dostupnosti optimálních lokalit, tak na populační hustotě.

Rozdělení jedinců do těchto věkových tříd koresponduje s většinou autorů, kteří sice používají odlišné věkové rozsahy tříd, ale tyto kategorie stále převažují. Kupříkladu (BORODINA, 1970b) rozděluje jedince do 11 věkových tříd.

Velké množství rozdělení jedinců do věkových kategorií lišícími se svými rozsahy lze usuzovat, že množství věkových intervalů nelze nijak paušalizovat. Proto jejich počet může být přizpůsoben z hlediska potřeb použití a dostupných determinačních kritérií.

## 7.2. ZHODNOCENÍ METOD PRO STANOVNÍ STÁŘÍ U MRTVÝCH JEDINCŮ

Ke stanovení stáří uhynulých jedinců může být použito mnoho věkových kritérií. Autoři LARSON & NOSTRAND (1968) využili kombinaci velikosti kožešiny a hmotnosti jako metodu posuzování věku a dospěli k závěru, že mezi jednotlivými věkovými kategoriemi dochází k překrytí a k silnému podhodnocení u jedinců starších dvou let. Tuto metodu porovnávali s přesnými dentálními technikami ze stejného studijního vzorku a data z velikostí kožešin byla vyhodnocena jako nespolehlivá. Velikost kožešiny jako univerzální kritérium pro určení věku je pochybná, jelikož se mohou lišit díky genetickým a geografickým aspektům a mohou být také ovlivněny kvalitou lokality a populační hustotou (PAYNE 1979). Zisk kožešiny bobra pro následné určení věku je v našich podmínkách jako kritérium nevyhovující, jelikož zákon zakazuje usmrcovat jedince bobra.

Ke spolehlivějším kritériím určení věku u uhynulých jedinců se považují osteologická kritéria, ta dovolují využití více věkových tříd. PIECHOCKI (1986) ve své práci dokazuje použitelnost osteologických změn v mimolebečních strukturách k věkové determinaci jedinců bobra.

Kritérium poskytující nejpřesnější informace o stáří jedinců jsou dentální charakteristiky. Stanovení stáří jedinců mladších dvou let se provádí dle vývoje jednotlivých zubů (PIECHOCKI & STIEFEL, 1977). STIEFEL & PIECHOCKI (1986) ve své práci uvádí, že největší vypovídající schopnost mají výsledky získané u bobrů starších dvou let, jelikož v tomto věku dochází k usazování první cementové vrstvy na bázi kořene zubu.

Případné nepřesnosti při určování věku jedinců mohou být způsobeny špatným zbrúšením zubů u jedinců starších dvou let, u kterých je třeba věk určit podle počtu uložených vrstev, či nesprávným výkladem pozorovaných kritérií (NOSTRAND & STEPHENSON, 1964). PIECHOCKI & STIEFEL (1977) zjistili, že nepřesnosti při určování věku u mladších jedinců mohou existovat kvůli dřívější či pozdější erupci zubů a to z důvodu raných či pozdních vrhů, či individuálními rozdíly v uspořádání chrupu. I



přes uvedené možné nepřesnosti zůstávají dentální charakteristiky nejpřesnějším kritériem podle kterého určit věk a věkové kategorie jedinců.

Díky přesnosti tohoto kritéria je možné datovat přesnou dobu smrti nalezených mrtvol díky odolnosti mineralizované tkáně zubu proti vnějším vlivům (STIEFEL & PIECHOCKI, 1986).

Jelikož jedním z cílů této práce bylo určit věk jednotlivých jedinců, je nahlíženo na tuto metodu jako na nejpřesnější.

Jako dalším kritériem pro určení věku jsou velikosti kraniálních rozměrů. FRAHNERT & HEIDECHE (1992) ve své práci uvádějí, že velikost kraniálních rozměrů se u poddruhů a druhů úměrně snižuje od západu (labského bobra) k východu (bobru kanadskému). Ale upozorňují na to, že na jejich výsledky musí být nahlíženo kriticky, jelikož neměli dostatečně velký zkoumaný vzorek pro zabezpečení vysoké statistické významnosti.

OSBORN (1953) ve své práci uvedl, že dalšími kritérii vedle délky lebky a šířky v jařmových obloucích, které by mohly být použity pro zařazení jedinců do věkových kategorií, jsou: aproximace spánkového oblouku, vývoj středního sagitálního hřebenu a stupeň vývoje lambdového hřebenu. Zamítli významnost změny tvaru meziparientální, čelní a patrové kosti mezi lebky mladých a dospělých jedinců jako determinativního znaku věku.

PIECHOCKI (1986) ve své práci uvádí vysokou korelaci mezi délkou a šířkou lebky labských bobrů.

Variabilita velikostí kraniálních rozměrů může být způsobena různým stářím zkoumaných poddruhů, různou dobou izolovanosti populací zkoumaných poddruhů či vysokou populační hustotou, kdy vysoká populační hustota může vést ke snížení počtu optimálních potravních lokalit a tím pádem způsobit změnu ve velikosti jedinců.

FREYE (1978) popisuje rozdíly mezi bobrem evropským a bobrem kanadským ve stavbě mezitýlní kosti, kdy u bobra evropského má tvar trojúhelníkovitý a u kanadského bobra tvar písmene T. LAVROV (1983) uvádí mezi těmito druhy 17 rozdílů v kraniálních charakteristikách představující 61 % odlišností. TROSYNSKI (1975) ve své práci popisuje rozdíly kraniálních charakteristik těchto dvou druhů následovně: lebka kanadského bobra je úzká a protáhlá, kdežto lebka bobra evropského je silná, poměrně krátká a široká a nabývá masivního dojmu. Pro jistější rozpoznání jednotlivých poddruhů je jistější použít metodu mtDNA.

Velikosti kraniálních rozměrů jsou pro tuto diplomovou práci důležité z hlediska jejich korespondence s věkem jedinců. FRAHNERT (2000) ve své práci poukázal na to, že lebka bobrů roste v průběhu ontogeneze více do délky než do šířky. Tento stav je vysvětlen tím, že na základě funkčních souvislostí neroste velikost lebky stejnou měrou ve všech směrech, což objasňuje existenci nerovnoměrného růstu zygomatické délky lebky k bazální délce.

Statistickou analýzou věku, určeného dle dentálních charakteristik, a kraniálních rozměrů bylo potvrzeno, že změna ve velikosti určitých lebečních rozměrů těsně souvisí s růstem věku. Jako nejlépe vypovídající rozměr byl LCB a LAZ, tedy délka lebky a zygomatická šířka lebky, což koresponduje s výše zmíněným tvrzením, že lepším prediktorem stáří jsou velikosti rozměrů délky lebky než šířky.

Na základě těchto výsledků lze říci, že signifikantní rozměry lebky lze využít jako levnější a technicky méně náročnou alternativu zařazení uhynulých jedinců do věkových kategorií na rozdíl od dentálních metod, kdy sekce zubů je technicky náročná.

### **7.3 ZHODNOCENÍ METOD PRO STANOVNÍ STÁŘÍ U ŽIVÝCH JEDINCŮ**

Pro determinaci živých jedinců do věkových tříd jsou využívány vnější rozměry a hmotnost, která byla statisticky potvrzena i v této práci.

Negativem kritéria hmotnosti je sezónní proměnlivost, na kvalitě potravní nabídky a na přítomnosti či nepřítomnosti mláďat. Největší hmotnostní úbytek nastává v zimních měsících a v období léta je hmotnost konstantní. SMITH & JENKINS (1997) ve své práci zjistili, že subadulti a adulti, kteří byli zatíženi péčí o mláďata než ti, kteří se v zimních měsících o mláďata nestarali, podléhali větším úbytkům na váze.

PATRIC & WEBB (1960) ve své studii poukázali na to, že hmotnost je velmi užitečným a poměrně spolehlivým kritériem pro posouzení věku jedinců. Váhový přírůstek je během prvních měsíců rychlý a v pozdějších letech se v každém měsíci úměrně snižuje. Dále ve své studii uvádějí, že hmotnost je spolehlivým kritériem do věku dvou až tří let, jelikož po překročení tohoto věku se její vypovídající schopnost snižuje, jelikož mnoho starších jedinců neváží více než 3letí jedinci. HEIDECHE (1984) toto tvrzení potvrdil ve své práci, kde uvádí, že prudký nárůst váhy jedinců bobrů trvá do tří let věku. Jako adulty jsou v této diplomové práci bráni jedinci starší tří let a podle výše zmíněného kritéria jsou jedinci překračující tento věk zařazeni do

stejně kategorie. Lze tedy říci, že pro takto definované věkové kategorie je hmotnost vhodným kritériem determinace.

PATRIC & WEBB (1960) ve své práci určili intervaly hmotnosti pro jednotlivé věkové kategorie následovně: mláďata 0,5 – 8,2 kg, rok staří 5,9 – 13,2 kg a dospělí 15,9 – 22,2 kg. A HARTMAN (1992) stanovil hmotnostní hranice věkových kategorií na: jednoletí < 10 kg, dvouletí 10 – 15 kg a starší dvou let > 15 kg. Tyto intervaly porovnal s přesnějšími dentálními charakteristikami a zaznamenal 25% chybně zařazených jedinců.

Nejsignifikantnějším kritériem determinace živých jedinců byla dle koeficientu determinace délky ocasu. PATRIC & WEBB (1960) ve své práci uvedli, že společným znakem délky ocasu a hmotnosti je to, že oba rozměry se během zimních měsíců snižují. Avšak změna v rozměrech ocasu probíhá spíše v jeho šířce a tento fakt může být odrazem tělesné kondice a hmotnosti jedince. Šířka ocasu je tedy sezónně variabilní, avšak délka ocasu je zatížena větší chybou měření než jeho šířka a hmotnost jedinců. Intervaly délky ocasu v této práci korespondují se zjištěními PATRICA & WEBBA (1960), kdy uvádějí průměrnou délku ocasu pro juvenilily kolem 26 cm, pro subadulty od 26 cm do 35,7 a pro adulty od 35,7 cm.

PATRIC & WEBB (1960) uvádějí ve své práci jako další možné kritérium pro zařazení jedinců do věkových tříd šířku lebky přes jařmové oblouky. Pokud je toto kritérium provedeno dobře, je zatíženo menší chybou měření než výše uvedená kritéria. Nepodléhají sezónní variabilitě, avšak nelze očekávat tak dobré výsledky jako u hmotnosti či délky ocasu, a proto je toto kritérium vhodné použít pro oddělení jedinců do dvou let od dospělých jedinců. Další nevýhodou je problematické odebrání rozměrů tohoto kritéria u odchycených živých jedinců.

Jako dalším, nepříliš spolehlivým kritériem pro zařazení jedinců do věkových tříd je dentální rentgenografie u odchycených zvířat. HARTMAN (1992) toto kritérium praktikoval ve svém výzkumu, avšak hlavní nevýhodou je nutnost použití anestezie a transportu jedinců do laboratoře s rentgenem. Toto kritérium tedy není vhodné do terénních podmínek a jeho využití se dá uplatňovat spíše u uhynulých jedinců, kdy může být bráno jako levnější alternativa k sekci a řezům chrupu.

#### **7.4 ZHODNOCENÍ ROZMĚRŮ JEDINCŮ LABSKÉ POPULACE A JEDINCŮ OSTATNÍCH POPULACÍ**

Vzhled labských bobrů určují nápadné lícní kosti (*malar bonec*) podél nosní části. Ta je šikmá, díky čemuž má obličejová část lebky rozsáhlejší tvar a celá hlava nabývá

masivního dojmu (LAVROV 1983). Formy jsou mezi sebou špatně rozeznatelné, avšak labský bobr se dá od nich rozlišit na bázi kraniologických charakteristik. Příkladem je porovnání kraniologických charakteristik mezi *C. f. albicus* a *C. f. fiber* (obr. 3) (HEIDECKE 2003).

Porovnání provedli také FRAHNERT & HEIDECKE (1992) s *C. f. canadensis*, *C. f. vistulanus* a *C. f. birulai*. Kdy porovnávali délku nosních kostí, meziočnicovou šířku a vztah mezi výškou šíjové roviny a šířkou mezi bradavkovitými výběžky kdy do porovnání zahrnuli i *C. f. fiber* a *C. f. galliae*. Ve všech porovnáních vyšel labský bobr s nejvyššími hodnotami (obr. 4, obr. 5, obr. 6). Tuto jejich domněnku, že labští bobři mají větší rozměry než stejně staří jedinci ostatních populací, mohou potvrdit výsledky této práce. Kdy v závislosti metristické charakteristiky (váhy) na věku vyšli labští bobři rozměrově větší.

LAVROV (1983) dokonce ve své práci uvádí, že odlišnosti mezi tímto poddruhem a *C. fiber* jsou na tak vysoké úrovni, že by bylo možné prohlásit labskou populaci za samostatný druh, avšak tento názor není široce přijímaný (DURKA et al. 2005).

Bohužel, jak již bylo výše zmíněno, neměla jsem k dispozici velký vzorek dat, proto by mělo být na výsledky nahlíženo kriticky.

## 4. ZÁVĚR

Věkové kategorie a intervaly je tvořící nelze nijak paušalizovat, jelikož je velké množství věkových tříd a jejich rozsahů, které byly definovány dle různých autorů. Pro tuto diplomovou práci byly stanoveny tři věkové kategorie – juvenil, subadult, adult a to na základě určování stáří odchycených jedinců, kdy není možné určit jejich přesný věk a proto je přistoupeno k zařazování jedinců do výše zmíněných věkových kategorií. Běžně užívané kraniální a metristické charakteristiky jsou schopny zařazovat jedince do těchto věkových kategorií, avšak největší vypovídající hodnotou u živých jedinců je jejich hmotnost. Ta je však sezónně variabilní a proto musí být v letních měsících vyloučena pro zařazení jedinců do věkových kategorií, jelikož je převážně konstantní.

Na základě vzájemného vztahu mezi věkem, určeným uzavíráním bazální dutiny kořene zubů a kraniálním rozměrem LCB lze uvažovat nad tím, že tento rozměr může být použit jako levnější a méně technicky náročná alternativa pro určení věku jedinců a stanovení intervalů jednotlivých věkových tříd. LCB je délkový rozměr, mezi nímž a metristickými charakteristikami existuje alometrie.

Závěrem lze říci, že pro přesné určení intervalů věkových kategorií pro jednotlivé metristické a kraniální charakteristiky je třeba větší velikost vzorku.

## 5. LITERATURA

BAKER B. W. Hill. E. P. 2003: Beaver (*Castor canadensis*). Pages 288-310 in G. A. Feldhamer, B. C. Thompson, and J. A. Chapman, editors. *Wild Mammals of North America: Biology, Management, and Conservation*. Second Edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA.

BORODINA M. H., 1970a: Справочные таблицы для определения возраста речных боборов. *Труды мордовского государственного заповедника им. П.Г. Сидовича* 5: 131–136

BORODINA M. H., 1970b:

BURT W. H., 1943: Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *Journals of mammalogy* 24: 347-350 s.

DOSTÁLOVÁ T. & SEYDLOVÁ M. [eds.], 2008: *Stomatologie*. Grada Publishing, a.s., Praha, 196 s.

DUCROZ J.–F. [ed.], 2005: Genetic variation and population structure of the eurasian beaver *Castor fiber* in eastern Europe and Asia. *Journal of Mammalogy* 86 (6): 1059–1067.

DURKA W. & AL., 2005: Mitochondrial phylogeography of the Eurasian beaver *Castor fiber* L. Blackwell Publishing Ltd, *Molecular Ecology*, 14: 3843–3856

DZIĘCIOŁOWSKI R., 1996: Bóbr. Monografie przyrodniczo-łowieckie. Wydawnictwo SGGW, Warszawa: 124 s.E

ELLERGRÉN H., HARTMAN G., JOHANSSON M. & ANDERSSON L., 1993: Major histocompatibility complex monomorphism and low levels of DNA fingerprinting variability in a reintroduced and rapidly expanding population of beavers. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA, Genetics*, 90: 8150-8153.

FRAHNERT S., 2000: Wachstumsbedingte Proportionsveränderungen am Schädel des Bibers, *Castor fiber* L., 1758 (*Rodentia, Castoridae*): Taxonomische Bedeutung und Diskussion funktioneller Aspekte. *Bonn. Zool. Beitr.* 49: 131–153.

FRAHNERT S. & HEIDECHE D., 1992: Kranio-metrische Analyse eurasischer Biber, *Castor fiber* L. (*Rodentia, Castoridae*) – Erste Ergebnisse. *Semiaquatische Säugetiere, Wiss. Beitr. Univ. Halle*: 175–189.

- FREYE, H. A., 1960: Zur Systematik der Castoridae (Rodentia, Mammalia). *Mitt. Zool. Mus. Berlin*. 36: 105–122.
- FRILEY CH. E., JR. 1949: Use of the baculum in age determination of michigan beaver. *Journal of Mammalogy* 30 (3): 261–267.
- HALLEY D. J. & ROSELL F., 2003: Population and distribution of European beavers (*Castor fiber*). *Lutra* 46 (2): 91–101.
- HALLEY D. J, ROSELL F. & SAVELJEV A. 2012: Population and Disturbation of Eurasian Beaver (*Castor fiber*). *Baltic forestry* 18 (1): 168 – 175.
- HALLEY D. J., 2012: *Population and Distribution of Eurasian Beaver (Castor fiber)*
- HARTMAN G., 1992: Age determination of live beaver by dental X-Ray. *Wildlife Society Bulletin* 20: 216–220.
- HEIDECHE D., 1984: Untersuchungen zur Ökologie und Populationsentwicklung des Elbebibers, *Castor fiber albicus* Matschie (1907). Teil Biologische und populationsökologische Ergebnisse. *Zool. Jb. Syst.* 111: 1–41.
- HEIDECHE, D., 1986: Taxonomische Aspekte des Artenschutzes am Beispiel der Biber Eurasiens. Leipzig, 147-157 s.
- HEIDECHE D., 1991: Zum Status des Elbebibers sowie etho-ökologische Aspekte. *Seevögel, Zeitschrift Verein Jordsand* 12 (1): 33–38.
- HEIDECHE, D., DOLCH, D. J. et TEUBNER, L., 2003: Zur Bestandsentwicklung von *Castor fiber albicus* MATSCHIE, 1907 (Rodentia, Castoridae). Biologiezentrum, 123-129 s.
- LARSON J. S. & NOSTRAND VAN F. C., 1968: An evaluation of beaver aging techniques. *Journal of Wildlife Management* 32 (1): 99–103.
- LAVROV L. S., 1981:
- LAVROV, L. S., 1983: Evolutionary development of the genus *Castor* and taxonomy of the contemporary beavers of Eurasia, 87-90 s.
- NOSTRAND VAN F. C. & STEPHENSON A. B., 1964: Age determination for beavers by tooth development. *Journal of Wildlife Management* 28: 430-434.
- OSBORN D. J., 1953: Age classes, reproduction, and sex ratios of Wyoming

beaver. *Journal of Mammalogy* 34(1): 27–44.

PARKER H., ROSELL, F., HERMANSEN, T.A., SØRLØKK, G. & STÆRK, M., 2002: Sex and age composition of spring-hunted Eurasian beaver in Norway. *Journal of Wildlife Management* 66(4): 1164–1170.

PATRIC E. F. & WEBB W. L., 1960: An evaluation of three age determination criteria in live beavers. *Journal of Wildlife Management* 24: 37–44.

PAYNE N. F., 1982: Colony size, age, and sex structure of Newfoundland beaver. *Journal of Wildlife Management* 46(3): 655–661.

PIECHOCKI R., 1986: Osteologische Kriterien zur Albestimmung des Elbebibers. *Zoologische Abhandlungen Musseum für Tierkunde Dresden* 41 (15): 177–183.

PIECHOCKI R. et STIEFEL A., 1977: Zahndurchbruch und Zahnwechsel beim Elbebiber, (*Castor fiber albicus*). *Anatomischer Anzeiger* 142: 374–384.

PILLERI G., 1983: The occurrence of extra premolar teeth in *Castor canadensis*. *Investigations on Beavers* 1: 61–63.

ROSELL F., ZEDROSSER A., PARKER H., 2010: Correlates of body measurements and age in Eurasian beaver from Norway. *European Journal of Wildlife Research* 56: 43–48.

SMITH D. W. et JENKINS S. H., 1997: Seasonal change in body mass and size of tail of northern beavers. *Journal of Mammalogy* 78 (3): 869–876.

STEFEN C., 2009: Intraspecific variability of beaver teeth. *Zoological Journal of the Linnean Society* 155: 926–936.

STIEFEL A. et PIECHOCKI R., 1986: Circannuelle Zuwachslinien im Molarenzement des Biebers (*Castor fiber*) als Hilfsmittel für exakte Alterbestimmungen. *Zoologische Abhandlungen Musseum für Tierkunde Dresden* 41 (14): 165–175.



- SVENDSEN G. E., 1980: Population parameters and colony composition of beaver (*Castor canadensis*) in Southeast Ohio. *The American Midland Naturalist* 104 (1): 47–56.
- ŠAFÁŘ J., 2002: Novodobé rozšíření bobra evropského (*Castor fiber* L., 1758) v České republice. *Příroda, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha*, 13: 161–169.
- TROSZYŃSKI W., 1977: Changes in the form of incisors as an age criterion for beaver (*Castor fiber* L.). *Zoologica Poloniae* 26 (2): 167–175.
- VOREL A. [ed.], 2008: Závěrečná zpráva projektu VaV MŽP SP/2D4/52/07 Analýza parametrů predikce šíření a model disperze bobra evropského v ekosystémech střední Evropy, období řešení 2009, 90 s.
- VOREL, A. et NOVÁKOVÁ, I., 2007: Genetické a taxonomické aspekty rodu *Castor* v Evropě. Katedra ekologie FLE ČZU v Praze, 91-98 s.
- WARD, G. O., GRAPHODATSKY, A. S., WURSTER-HILL, D. H., EREMINA, V. R., PARK, J. P. et YUQ., 1991: Cytogenetics of beavers: a case of speciation by monobrachial centric fusions. *Genome* 34: 324-238 s.
- WILLIAMSON V. H. H., 1959: Directions to determine the ages of beavers by changes occurring in the mandibular molars. Ontario department of lands and forests. Division of research. *Section report (Wildlife)* 24: 63–72.
- WILSSON, L., 1971: observations and experiments on the ethology of the European beaver (*Castor fiber* L.). *Viltrevy* 8: 115-266 s.
- ZEJDA J. [ed.], 2002: Hlodavci v zemědělské a lesnické praxi. *Agrospol s.r.o., Praha*, 284 s.
- ZUROWSKI, W., 1983: Worldwide beaver symposium, Helsinky 1982: opening remarks. *Acta Zool. Fenn.* 174: 85-86 s.

## 6. SEZNAM OBRÁZKŮ A PŘÍLOH

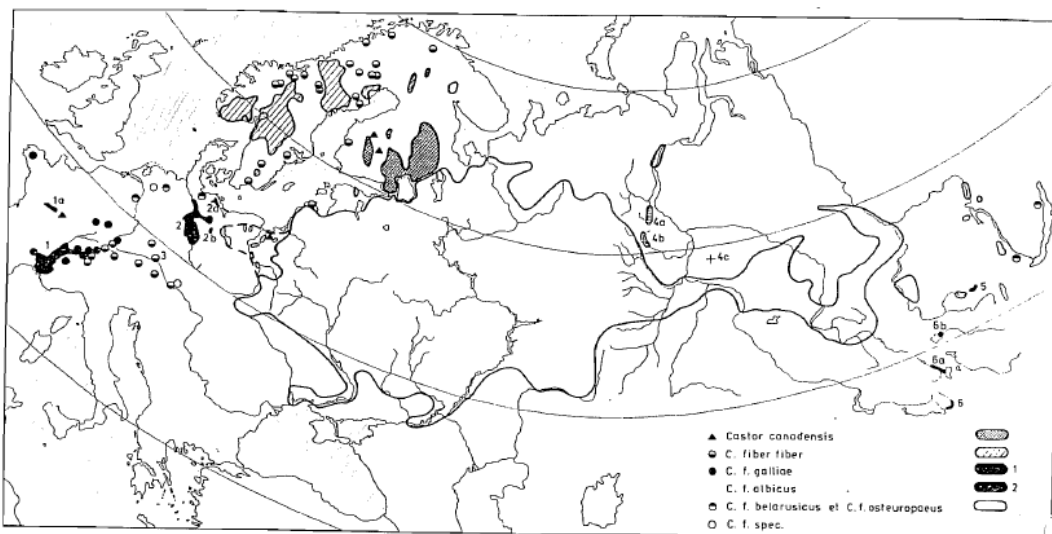


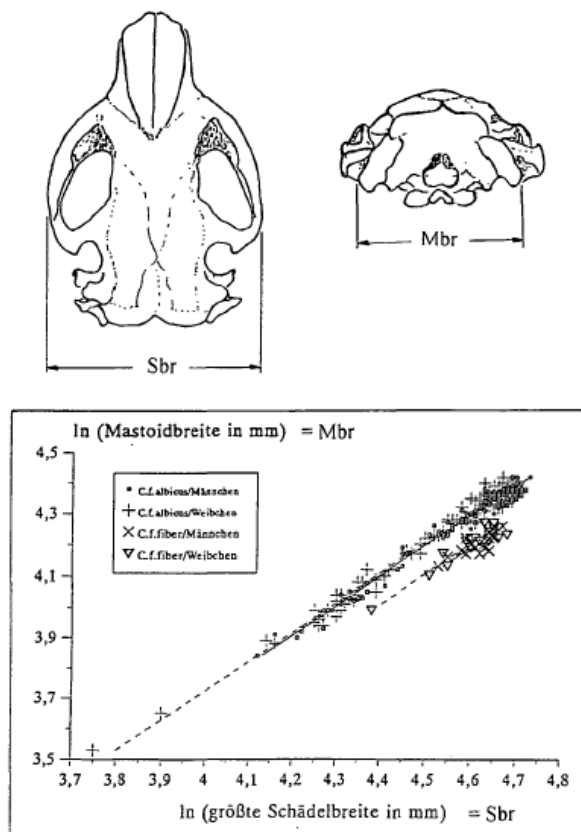
Abb. 2. Die gegenwärtige Verbreitung der Biber-Unterarten in Eurasien.

- |  |   |
|--|---|
| 1 <i>Castor fiber galliae</i>  | 4a <i>Castor fiber pohlei</i> an der Malaja Sosva                     |
| 1a <i>C. f. galliae</i> , Teilpopulation an der Seine  | 4b <i>Castor fiber pohlei</i> an der Konda                            |
| <i>C. f. galliae</i> , Wiederansiedlungen  | 4c Ansiedlungsort von <i>C. f. pohlei</i> an der Demjanka             |
| 2 <i>Castor fiber albicus</i>  | 5 <i>Castor fiber twinnicus</i> im Sajan-Gebirge                      |
| 2a <i>C. f. albicus</i> , Teilpopulation an der Peene  | 6 <i>Castor fiber birulai</i> am Bulgangol                            |
| 2b <i>C. f. albicus</i> , Teilpopulation an der Oder   | 6a <i>Castor fiber birulai</i> , Wiederansiedlungsgebiet am Chovd-gol |
| 3 Neustadt/Donau: Gatterhaltung verschiedener Unterarten sowie freie Vorkommen von <i>Castor fiber fiber</i> | 6b <i>Castor fiber birulai</i> , Wiederansiedlung 1985 am Tes-gol     |

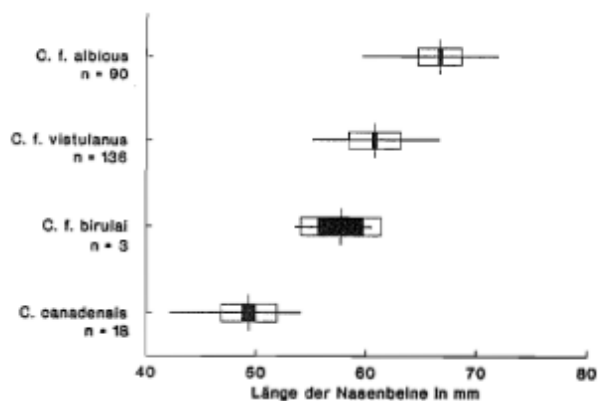
Obr. 1: Výskyt poddruhů *Castor fiber* v Eurasii. Zdroj: DURKA et al. (2005).



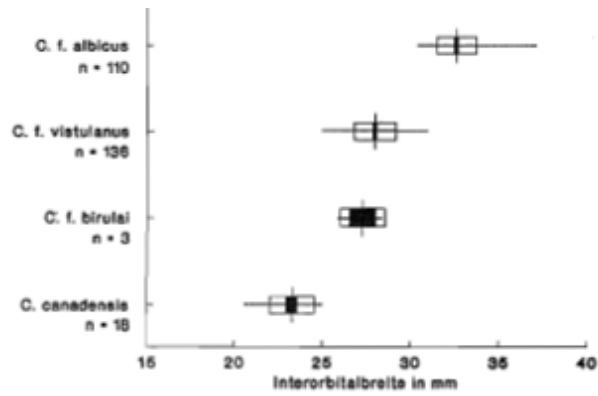
Obr. 2: Srovnání lebečních rozdílů bobra kanadského (vlevo) a bobra evropského (vpravo).



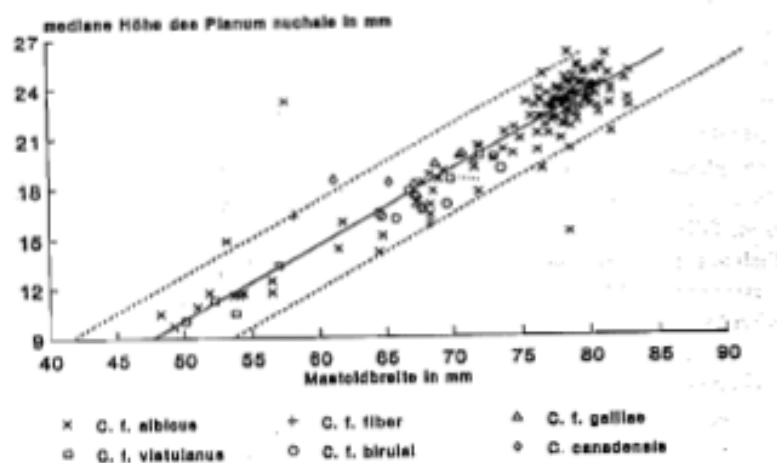
Obr. 3: Lebeční charakteristiky bobra labského (*Castor fiber albicus*). Vztah mezi šířkou lebky a šířkou mezi bradavkovitými výběžky v porovnání s *C. f. fiber*. Zdroj: HEIDECHE et al. 2003.



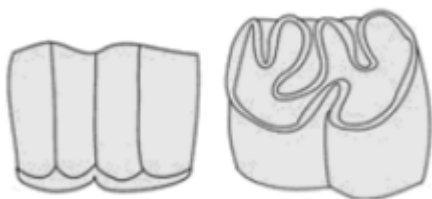
Obr. 4: Největší délka nosních kostí u vybraných populací (jedinci starší tří let), kde vertikální čára znázorňuje průměrné hodnoty, horizontální čára označuje šířku variace ( $x_{max} - x_{min}$ ), otevřený blok znázorňuje rozsah standardní odchylky a uzavřený blok značí dvojitou standardní chybu průměru. Zdroj: FRAHNERT & HEIDECHE (1992).



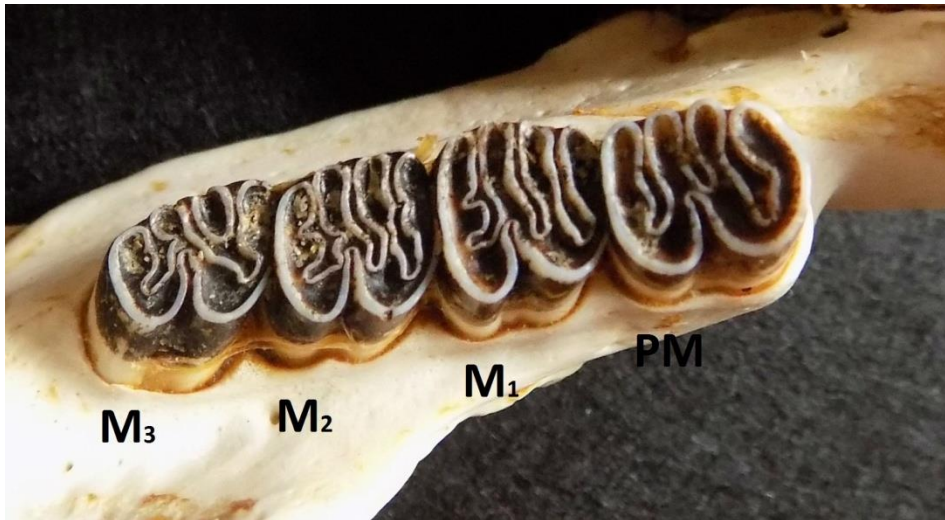
Obr. 5: Meziočnicová šířka u vybraných populací. Interpretace výsledků totožná s obr. 5.  
Zdroj: FRAHNERT & HEIDECHE (1992).



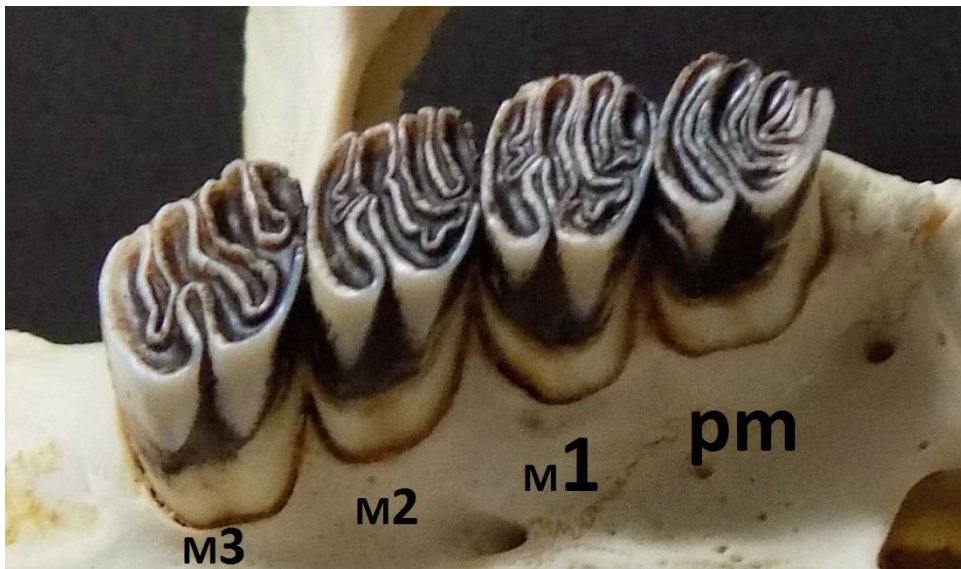
Obr. 6: Vztah mezi výškou šijové roviny a šířkou mezi bradavkovitými výběžky.  
Zdroj: FRAHNERT & HEIDECHE (1992).



Obr. 7: Ptychodontní chrup bobrů. Zdroj: UNGAR (2010).



Obr. 8a: Levá spodní řada zubů *Castor fiber*. Zleva stoličky 3 – 1 a premolár.



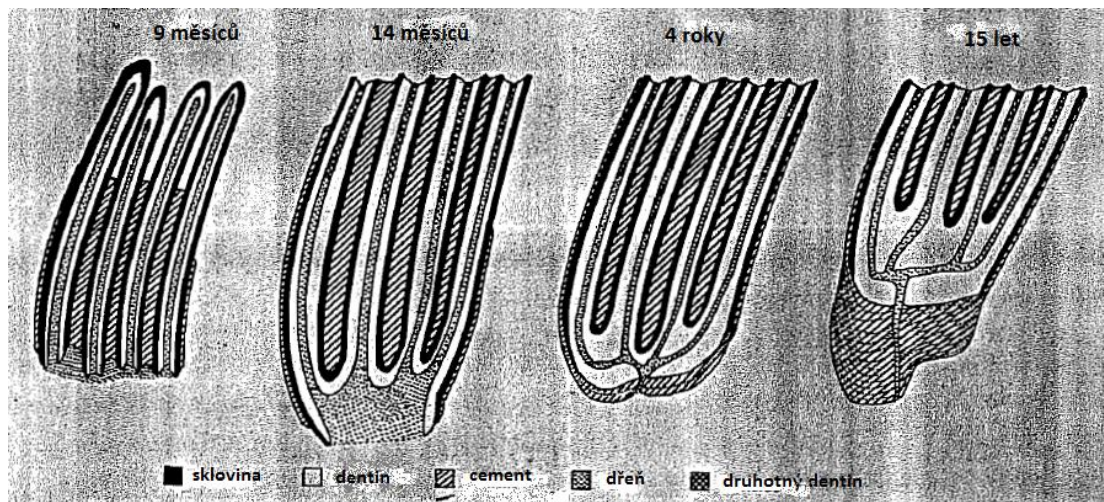
Obr. 8b: Levá horní řada zubů *Castor fiber*. Zleva stoličky 3 – 1 a premolár.

Obr. 9: ŘEZÁKY

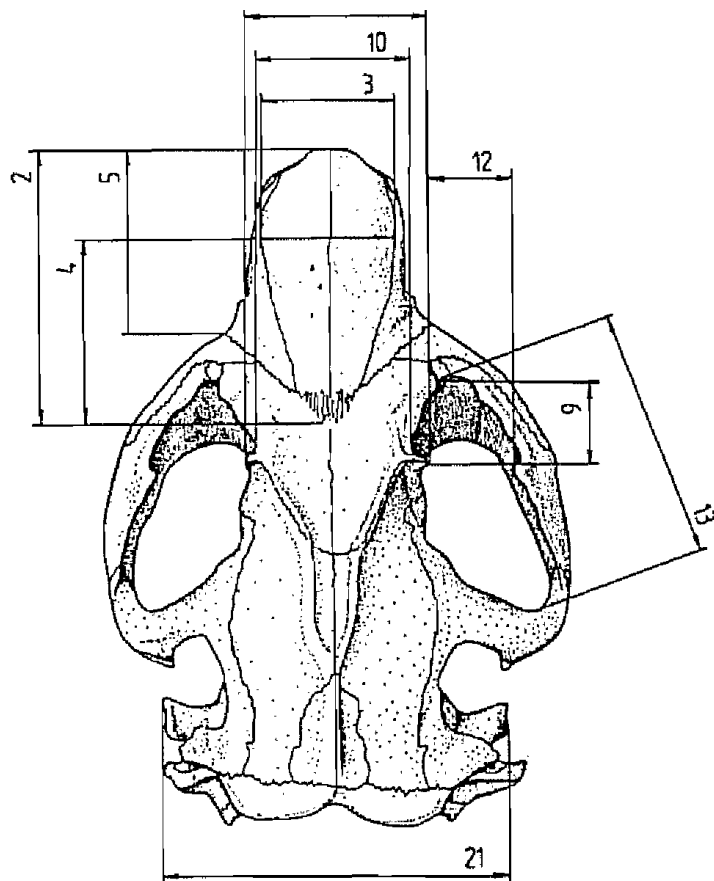




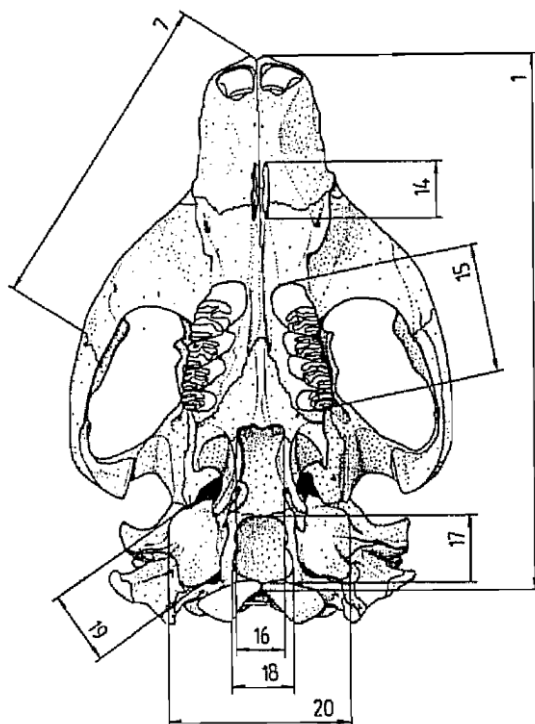
Obr. 10: Chrup bobra evropského. Zleva řezáky (I), diastema, premolár (PM) a moláry (M1, M2, M3).



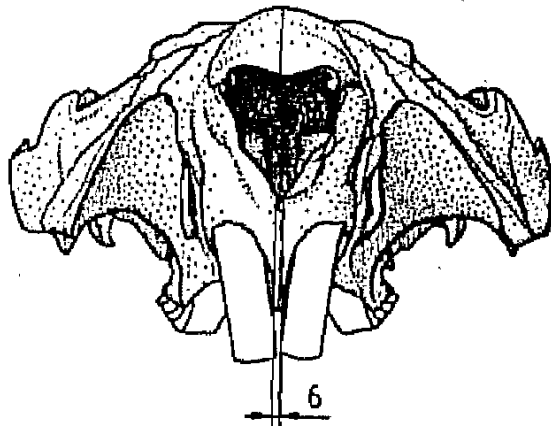
Obr. 11: Sagitální řez jednotlivými věkovými stádii M3. 9 měsíců – bazální dutina kořene zubu plně otevřená, 14 měsíců – bazální otvor se zužuje, 4 roky – bazální dutina plně uzavřena díky uložení druhotného dentinu a nánosu prvních vrstev cementu, 15 let – dutina neustále ukládá dentin a snižuj tím objem dřevě. Zdroj: NOSTRAND & STEPHENSON (1964).



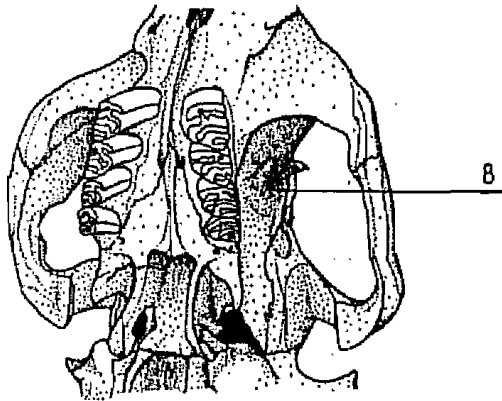
Obr. 12: Kraniaální charakteristiky měřené z dorzální strany. Zdroj: FRAHNERT & HEIDECHE (1992).



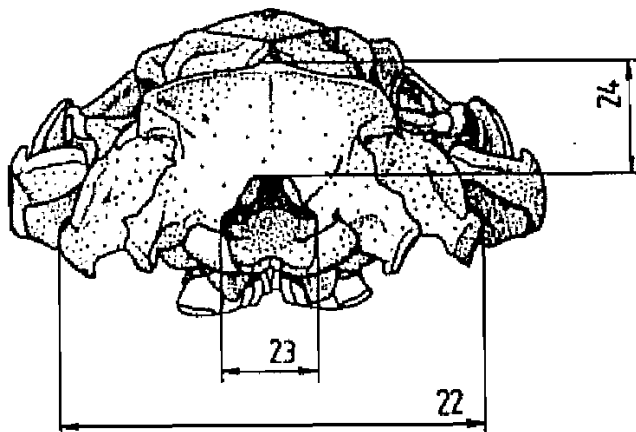
Obr. 13: Kraniaální charakteristiky měřené z bazální strany. Zdroj: FRAHNERT & HEIDECHE (1992).



Obr. 14: Kraniaální charakteristiky měřené z frontální strany. Zdroj: FRAHNERT & HEIDECKE (1992).



Obr. 15: Meziočnicová šířka. Zdroj: FRAHNERT & HEIDECKE (1992).

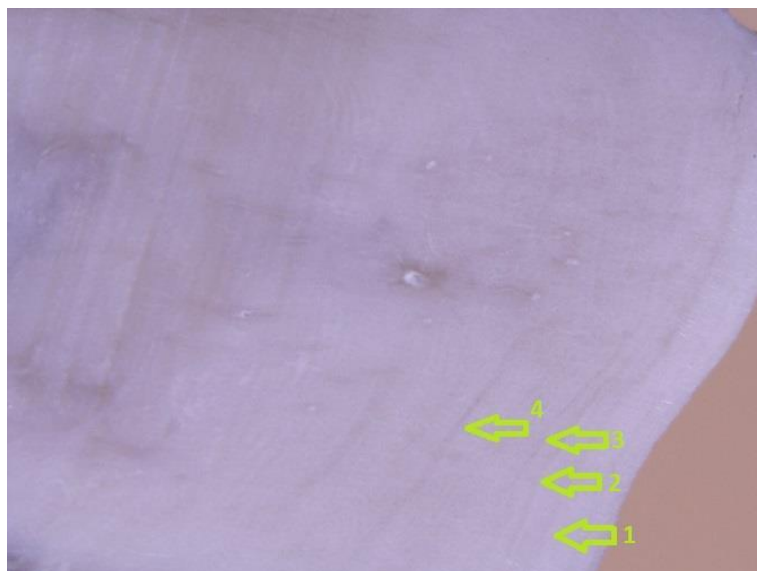


Obr. 16: Kraniaální charakteristiky měřené z posterální strany. Zdroj: FRAHNERT & HEIDECKE (1992).

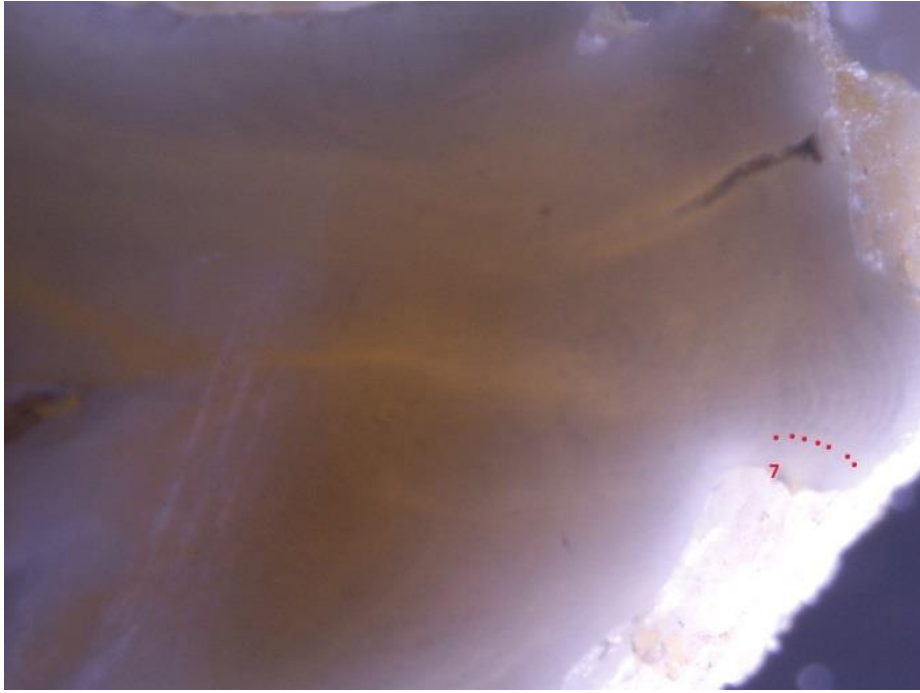




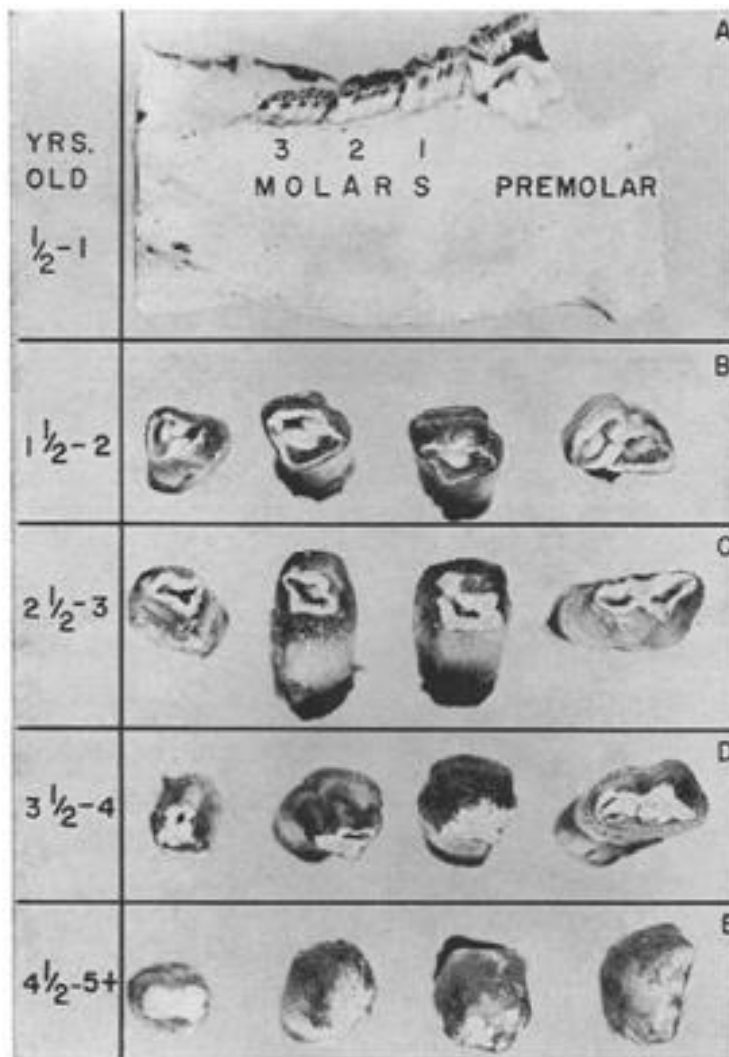
Obr. 17: Zleva a: lebka juvenilního, b: subadultního, c: adultního jedince *Castor fiber* z dorzální strany.



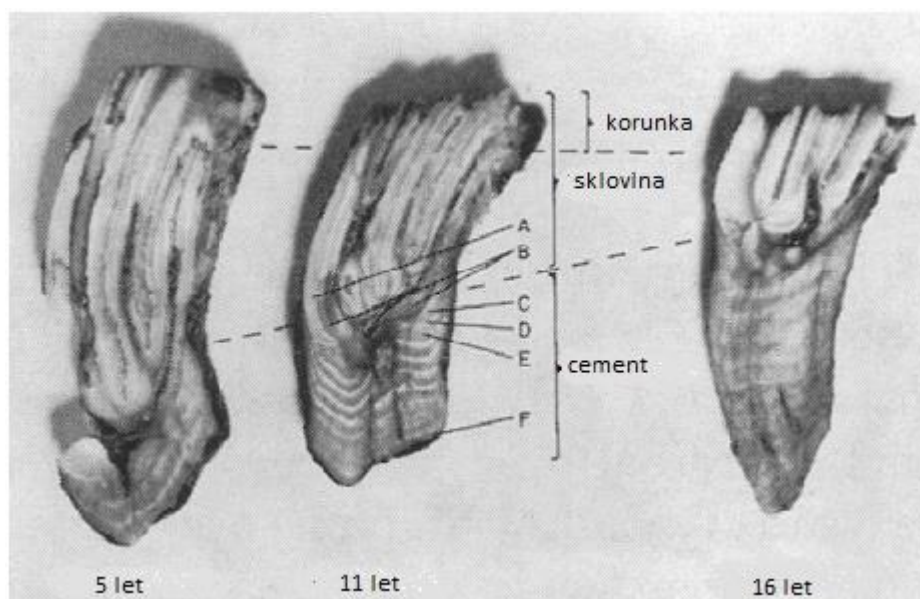
Obr. 18: Znárodnění počtu cementových vrstev. Konečný jedince je stanoven na 6 let (4 cementové vrstvy + 2).



Obr. 19: Znáznornění počtu cementových vrstev. Konečný jedince je stanoven na 9 let (7 cementových vrstev + 2).



Obr. 20: Mandibulární stoličky znázorňující určující věkové charakteristiky. Zdroj: NOSTRAND & STEPHENSON (1964).

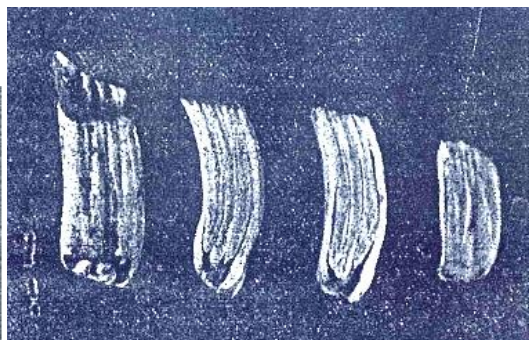




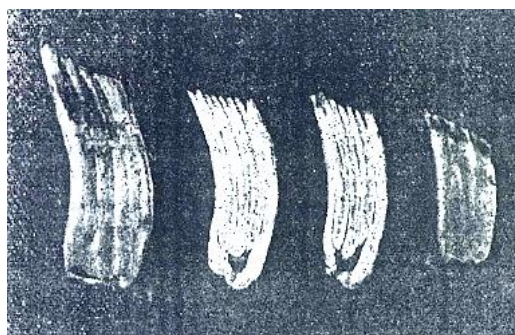
Obr. 21: Řez dolními stoličkami bobrů ve věku 6, 11 a 16 let. A – vrstva smaltu, B- vrstva dentinu, C, D, E, F – vrstvy cementu. Zdroj: NOSTRAND & STEPHENSON (1964) – upraveno.



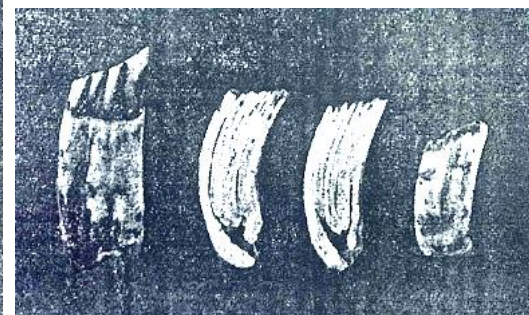
Obr. 22: 9 – 10 měsíců



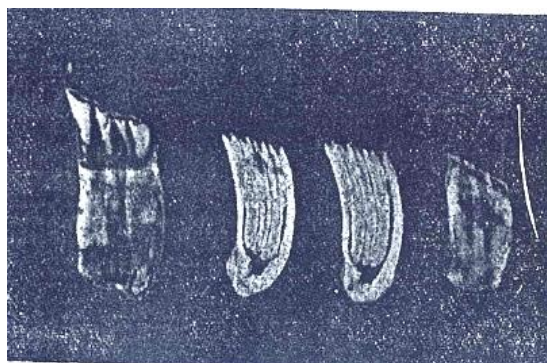
Obr. 23: 1 rok



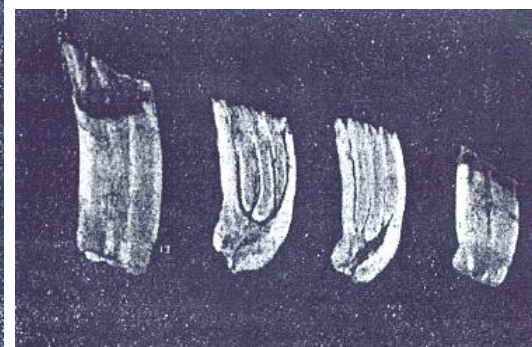
Obr. 24: 2 roky



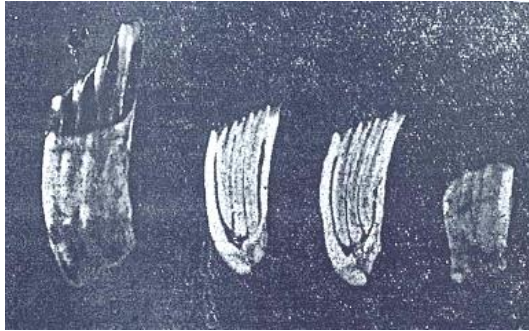
Obr. 25: 3 roky



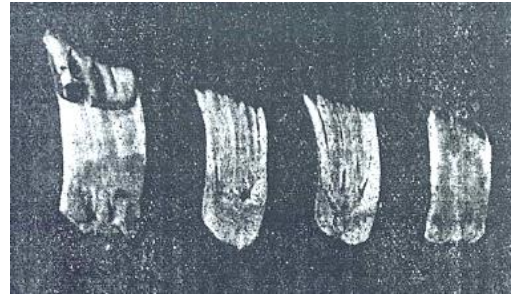
Obr. 26: 4 roky



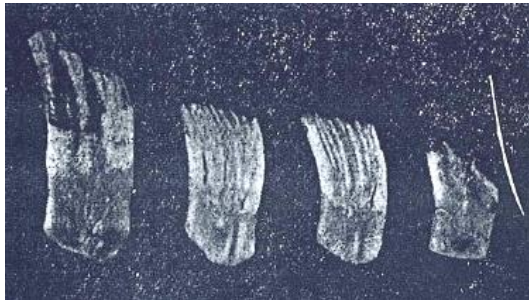
Obr. 27: 5 let



Obr. 28: 6 let



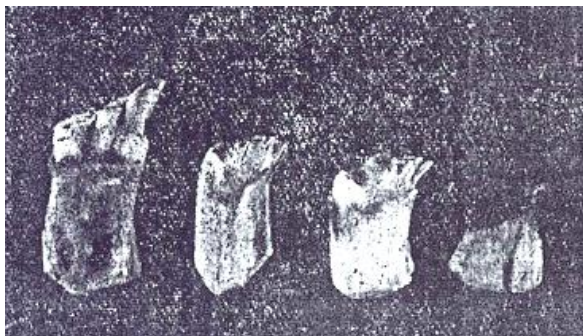
Obr. 29: 7 – 9 let



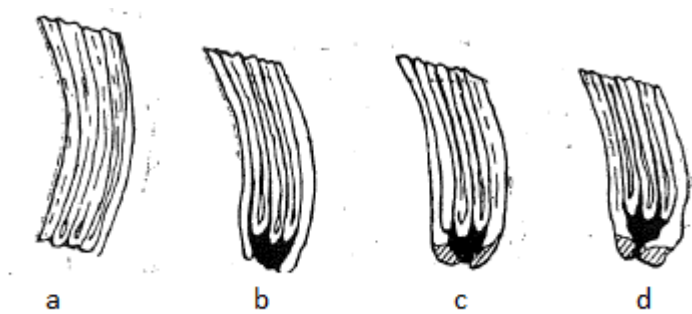
Obr. 30: 10 – 14 let



Obr. 31: 15 – 19 let

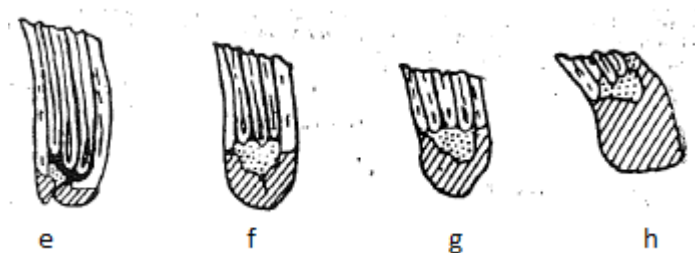


Obr. 32: 20 – 25 let



Obr. 33: Postupné stáčení lišt sklovino-zubovinových smyček. a – řez zubem 9 - 11 měsíčního jedince, b – řez zubem rok starého jedince, c – řez zubem dvouletého jedince, d – řez zubem 3 – 4letého jedince. Zdroj: BORODINA (1970a) – upraveno.

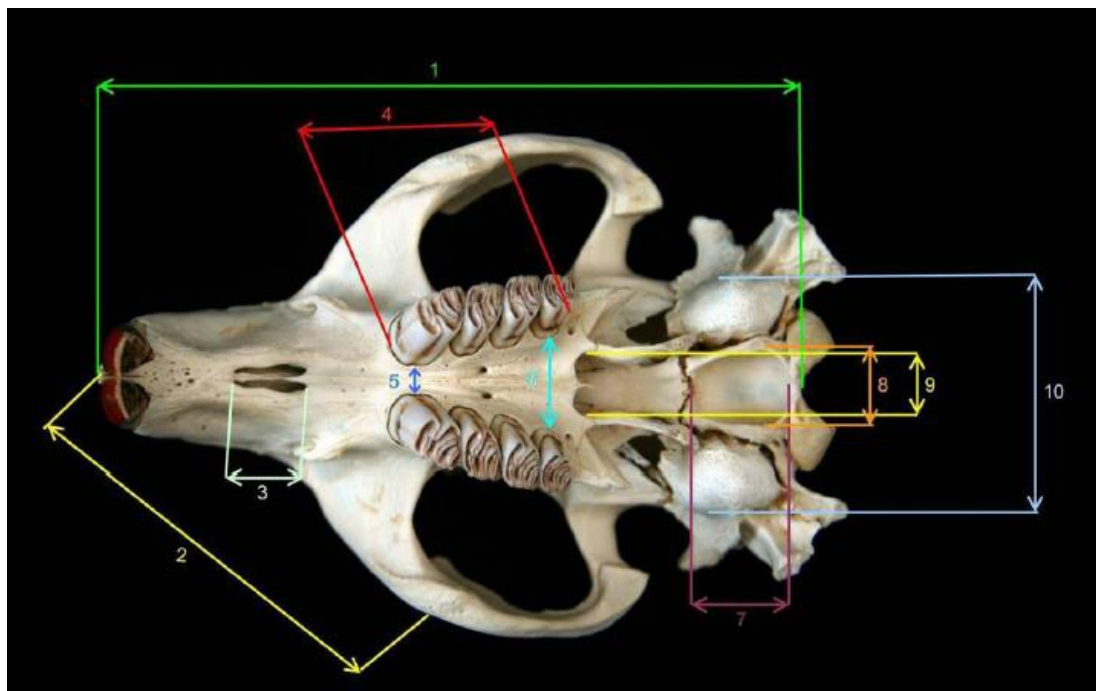




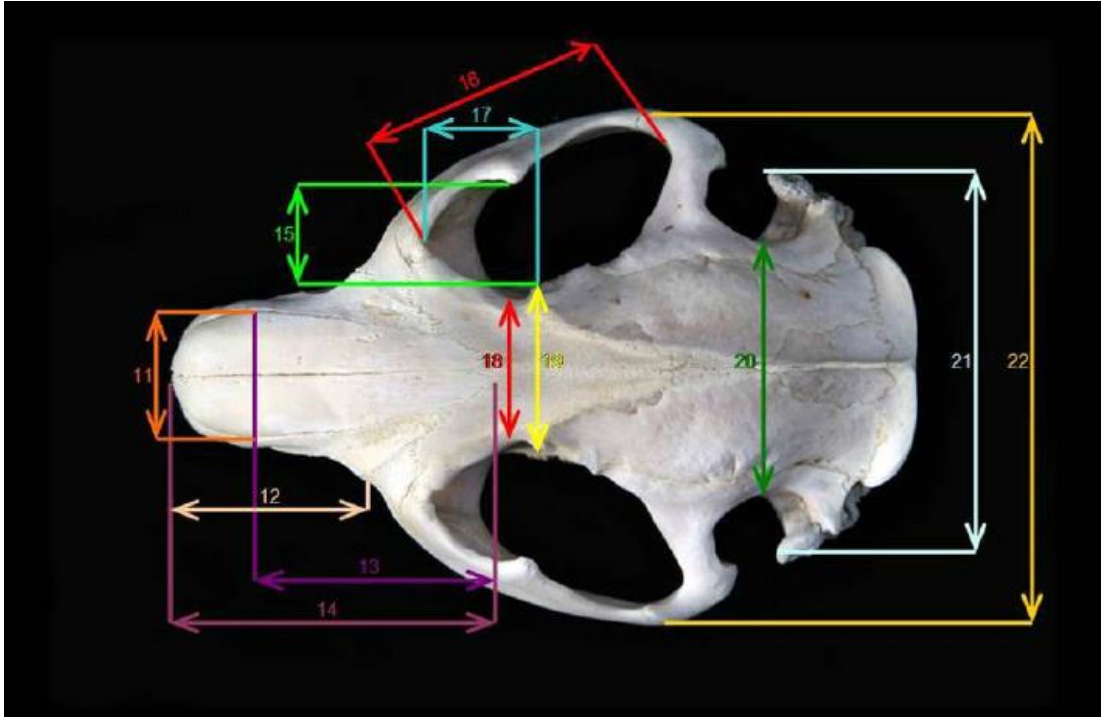
Obr. 34: Postupné usazování cementových vrstev a vyplnění dutiny druhotným dentinem. E – řez zubem 5 – 6letého jedince, f – řez zubem 7 – 14letého jedince, g – řez zubem 15 – 19letého jedince, h – řez zubem 20 – 25letého jedince. Zdroj: BORODINA (1970a) – upraveno.



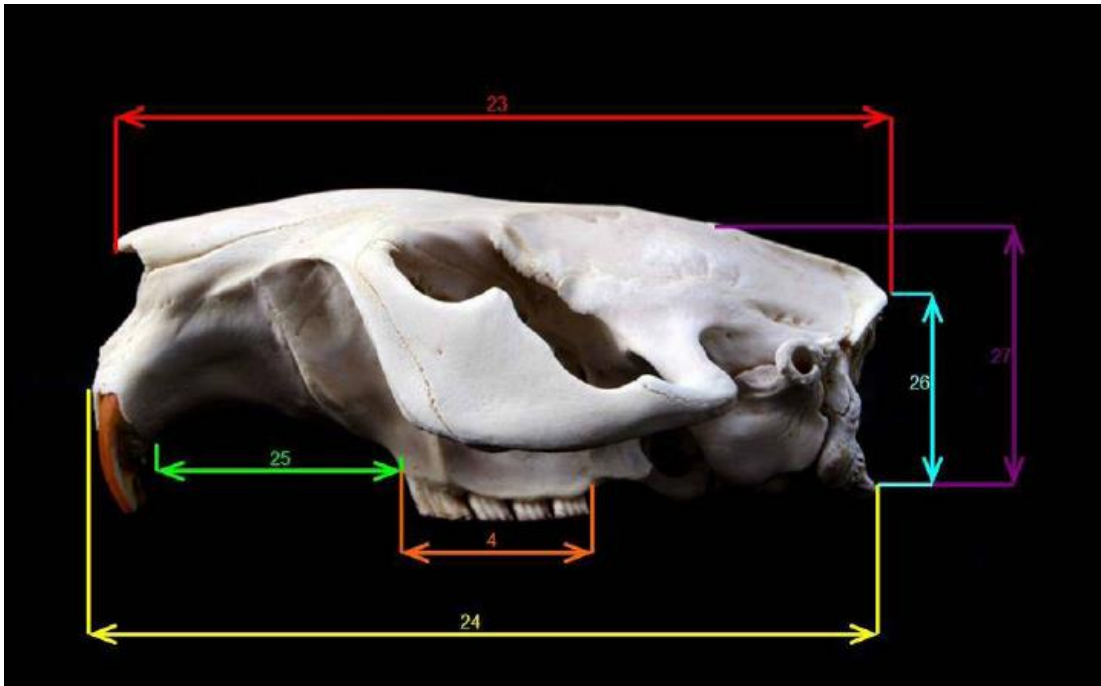
Obr. 35: Specifické označení lebek bobrů.



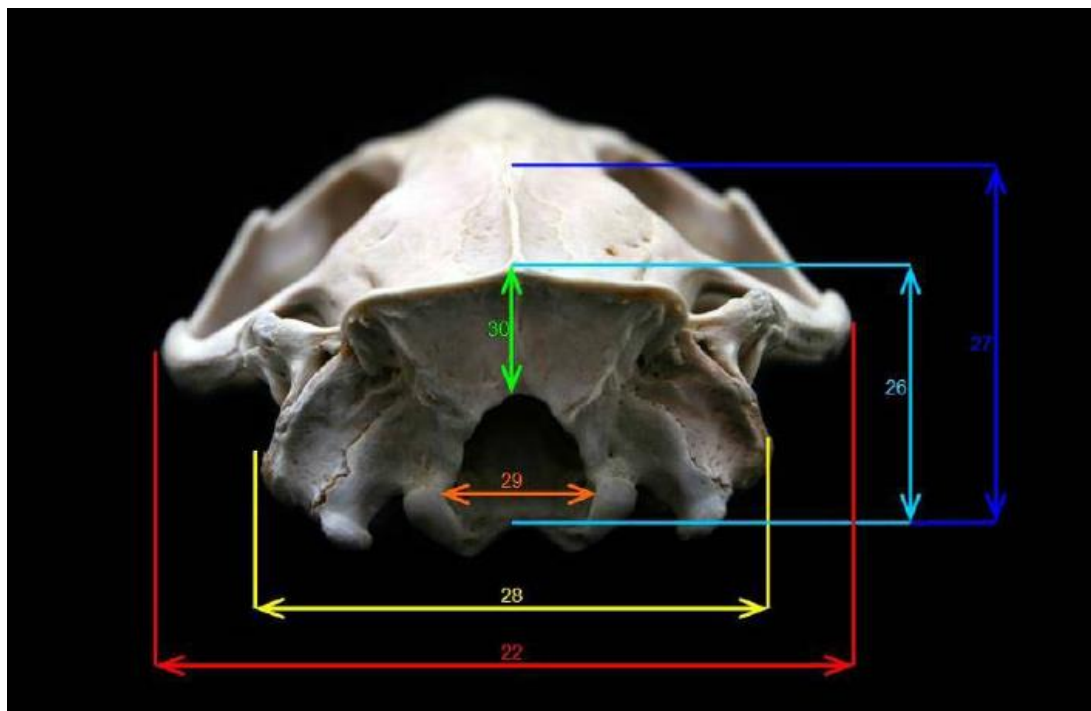
Obr. 36: Kraniální charakteristiky měřené z bazální strany. Zdroj: VOREL et al.(2009).



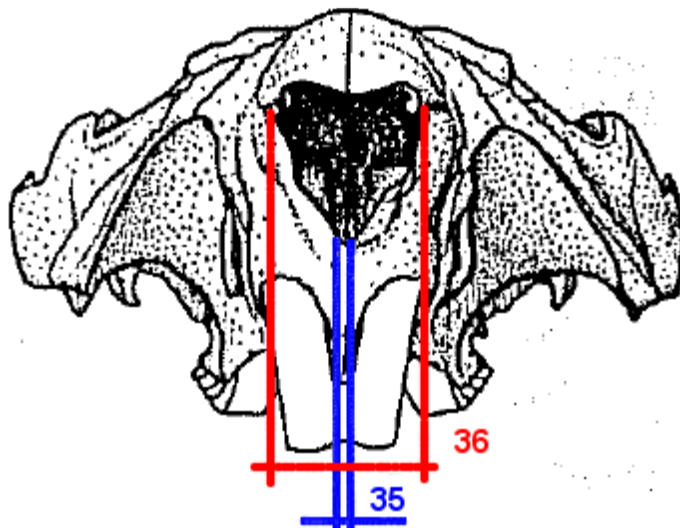
Obr. 37: Kraniální charakteristiky měřené z dorzální strany. Zdroj: VOREL et al.(2009).



Obr. 38: Kraniální charakteristiky měřené z posteriální strany. Zdroj: VOREL et al.(2009).



Obr. 39: Kraniaální charakteristiky měřené z laterální strany na dolní čelisti. Zdroj: VOREL et al.(2009).



Obr. 40: Kraniaální charakteristiky měřené z frontální strany. Zdroj: FRAHNERT & HEIDECHE (1992).

Kritéria		<i>Castor fiber</i>	<i>Castor canadensis</i>
<b>1.</b> <b>Zoologická:</b>	Počet chromozomů	2n = 48 (NF 80)	2n = 40 (NF 80)



<b>2.</b>			
<b>Morfologická:</b>	Délka těla	Větší	Menší
	Délka ocasu	29 - 32 cm	27.5 cm
	Šířka ocasu	14.5 cm	16.0 cm
	Průměrná váha	18 - 24 kg (větší)	13 - 14.9 kg (menší)
	Srst	Žlutohnědá, černá	čokoládově hnědá - načervenale tóny
<b>3.</b>			
<b>Anatomické:</b>	Žebra (14 párů)	5 - 6 chybných	6 chybných
	1. - 4. ocasní obratel	menší, stabilnější	3. s nápadnými kuželovitými výběžky
	Holenní kost	142 mm	132 mm
	Nosní kosti	delší, dozadu špičaté na frontálním	kratší, dozadu zakulacená
	největší zakřivení konec nosních kostí	konci střed Interorbitálu	Uprostřed u Lacrimale (kost slzní)
<b>4.</b>			
<b>Reprodukční</b>	Pohlavní dospělost		
	v letech od 1.5 roku do 2	7.8% samic	20% samic
	Velikost vrhu	2.6 - 3.1	4.7

Tab. 1. Kriteria pro rozlišování druhu *Castor fiber* a *Castor canadensis*. Zdroj: HEIDECKE (1986).

3 věkové třídy	PAYNE (1982)	SMITH & JENKINS (1997)	TROSYŃSKI (1977)	OSBORN (1953)
I	Juvenil (do 1 roku)	Roční jedinci	Jedinci do 1 roku	Juvenil (cca 1 rok)
II	Subadult (1 - 2 roky)	Dvouletí jedinci	Jedinci 1 - 3 roky staří	Subadult ( okolo 2 let)
III	Adult (3 a více let)	Jedinci starší dvou let	Jedinci starší 3 let	Adult (starší 3 let)
4 věkové třídy	PATRIC & WEBB (1960)			
I	Mláďata			

II	Roční jedinci
III	Dvouletí jedinci
IV	Dospělí ( starší 3 let)
<b>5 věkových tříd</b>	<b>NOSTRAND &amp; STEPHENSON (1964)</b>
I	½ - 1 letí jedinci
II	1 ½ - 2 letí jedinci
III	2 ½ - 3 letí jedinci
IV	3 ½ - 4 letí jedinci
V	4 ½ - 5 letí jedinci a starší
<b>6 věkových tříd</b>	<b>HEIDECKE (1984)</b>
I	Juvenil (do 1 roku)
II	Subadult (2 - 3 roky)
III	Adult (4 - 7 let)
IV	Adult (8 - 12 let)
V	Adult ( 13 - 15 let)
VI	Staří (starší 15let)
<b>7 věkových tříd</b>	<b>PIECHOCKI (1986)</b>
I	Mláďata (0 – 5 měsíců)
II	Starší mláďata (6 – 12 měsíců)
III	Nedospělí (12 – 16 měsíců)
IV	Ještě nedospělí (17 – 30 měsíců)
V	Dospělí (3 – 7 let)
VI	Staří dospělí (7 – 12 let)
VII	Senilní (starší 12 let)
<b>8 věkových tříd</b>	<b>WILIAMSON (1959)</b>
I	Jedinci do 1 roku
II	Jedinci staří 1 rok
III	Jedinci staří 2 roky
IV	Jedinci staří 3 roky
V	Jedinci staří 4 roky
VI	Jedinci staří 5 let
VII	Jedinci staří 6 let
VIII	Jedinci staří 7 let
<b>11 věkových tříd</b>	<b>BORODINA (1970b)</b>
I	Mláďata (9 – 10 měsíců)
II	Jedinci staří 1 roku
III	Jedinci staří 2 let
IV	Jedinci staří 3 let
V	Jedinci staří 4 let
VI	Jedinci staří 5 let

<b>VII</b>	Jedinci staří 6 let
<b>VIII</b>	Jedinci staří 7 let
<b>IX</b>	Jedinci staří 10 - 14 let
<b>X</b>	Jedinci staří 15 - 19 let
<b>XI</b>	Jedinci staří 20 – 25 let

Tab. 2: Rozdělení jedinců do věkových tříd dle jednotlivých autorů.

1letí	Kraniální charakteristiky (mm)	hodnoty (mm)
	<b>LAZ</b>	79.9
	<b>Amd</b>	50.4
	<b>LMd</b>	88.1
2letí		
	<b>LAZ</b>	92.1
	<b>Amd</b>	58.2
	<b>LMd</b>	100.2
3letí		
	<b>LAZ</b>	100
	<b>Amd</b>	62.9
	<b>LMd</b>	107.5

Tab. 3: Rozměry jednotlivých kraniálních charakteristik. Zdroj: FRILEY (1949).

	Řezáky	pm	PM	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>
První mineralizace	v prenatalním období	v prenatalním období	v 5. měsíci	v prenatalním období	v prenatalním období	ve 2. měsíci
Prořezání	ve 2. týdnu	ve 2. týdnu	během 9. - 11. měsíce	téměř ve 2. týdnu	téměř v 6. týdnu	ve 4. měsíci
Výskyt okluze	téměř ve 2. týdnu	téměř ve 3. týdnu	během 10. - 14. měsíce	téměř ve 4. týdnu	téměř ve 2. měsíci	v 5. měsíci
Plně funkční v	ve 4. týdnu	od 6. týdne	během 13. - 17. měsíce	od 2. měsíce	od 3. měsíce	od 7. měsíce
Začátek kořenové resorpce	-	v 7. měsíci	-	-	-	-
Vstřebávání	-	během 10. - 12. měsíců	-	-	-	-
Bazální otvory v kořenech otevřeny	-	v téměř 5 měsících	ve 3 1/2 letech	během 2 1/2 - 3 let	během 3 1/2 - 4 let	během 3 1/2 - 4 let
Bazální otvory v kořenech zavřeny	během neustálého růstu	v 5. měsících	od 4 1/2 roku	během 3 1/2 - 4 let	od 4 1/2 let	od 4 1/2 let
Silná abraze	-	během 6. - 8. měsíce	ve více jak 18. letech	od téměř 15 let	od téměř 15 let	od téměř 12 let

Tab. 4: Vývoj zubů během života bobrů. Zdroj: PIECHOCKI (1986).

