

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
KATEDRA EKOLOGIE



**KLASIFIKACE VĚKOVÝCH TŘÍD BOBRA EVROPSKÉHO  
A POPULAČNÍ STRUKTURA V ČR**

THE EURASIAN BEAVER AGE CLASSES AND ITS POPULATION  
STRUCTURE IN THE CZE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Aleš Vorel, Ph.D.

Vypracovala: Bc. Vendula Tempírová – Kotrlá

2011

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ekologie

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Tempírová - Kotrlá Vendula

Aplikovaná ekologie

Název práce

**Název: Klasifikace věkových tříd bobra evropského a populační struktura v ČR**

Anglický název

**The Eurasian beaver age classes and its population structure in the CZE**

### Cíle práce

Název: Klasifikace věkových tříd bobra evropského a populační struktura v ČR

Bobr evropský je v celé střední Evropě na vzestupu (Halley et Rosell 2002). Stále chybějí moderní a kvalitní data o populačních vztazích a parametrech na celkové generální úrovni či s přihlédnutím k největším populacím např. v ČR. Determinace věku a věkových tříd je u bobra složitá, možná i proto jsou k dispozici poslední hodnověrné údaje o populační struktuře nám blízkého regionu naposledy z 80. let 20. stol. (Heidecke 1984). Navíc jde o populaci formy *C. f. albicus*, která vykazuje jisté abnormality na populační, morfologické i genetické úrovni (Heidecke et al. 2003, Saveljev et al. 2003, Babik et al. 2005).

Je proto nutné revidovat starší údaje o populační struktuře bobra evropského ve střední Evropě. Navíc s přihlédnutím k relativně nízkému stáří našich populací (západní Čechy a jižní Morava), kde bude populační struktura ovlivněna malou stacionaritou.

### Metodika

Dalším aspektem, řešeným v práci, je obtížnost určování věku u nalezených kadaverů, osteologického (zjm. kraniálního) materiálu, či u živých jedinců. Proto budou k sobě navzájem vztaheny: údaj o stáří lebky (získaný z dentice), kraniální rozměry a alometrické rozměry kadaverů. Tento náleзовý soubor poslouží k odhadu vztahů mezi třemi úrovněmi vektoru zub-lebka-tělo a hledání nejlepšího modelu transpozice stáří na vnější rozměry bobrů. Výsledkem bude kategorizace všech rozměrů dle věku a možnost určení věkové třídy (příp. stáří) odchycených či uhynulých jedinců pouze na základě parametrů těla.

Cíle práce

1. sumarizovat osteologické, morfometrické a alometrické údaje bobra evropského ze sbírek KE FŽP ČZU a jiných institucí
2. detekovat regresní nelineární rovnice vektoru stáří chrupu-kraniální charakteristiky-alometrické rozměry
3. stanovit intervaly všech charakteristik věkových kategorií juvenil, subadult, adult
4. dle stanovených křivek kategorizovat všechna náleзовá data bobra evropského
5. definovat populační strukturu druhu pro ČR a odděleně pro velké populace
6. testovat pohlavní rozdíly

## Rozsah textové části

40-50

## Klíčová slova

bobr evropský, populační struktura

## Doporučené zdroje informací

- HEIDECKE D., 1984: Untersuchungen zur Ökologie und Populationsentwicklung des Elbebibers , Castor fiber albicus  
MATSCHIE, 1907. Part 1 Biologische und populationsökologische Ergebnisse. Zool. Jb., Syst. 111 /1984: 1-41.  
HEIDECKE D., 1991: Zum Status des Elbebibers sowie etho-ökologische Aspekte. Sefvogöl, Zeitschr. Ver. Jordsand, Hamburg. 12/1: 33-38.  
FRAHNERT S., HEIDECKE D., 1992: Kranio-metrische Analyse eurasischer Biber, Castor fiber L. (Rodentia, Castoridae) – Erste ergebnisse. Semiaquatische Säugetiere, Wiss. Beitr. Univ. Halle. 175-189.  
NOSTRAND VAN F. C. et STEPHENSON A. B., 1964: Age determination for beavers by tooth development. Journal of Wildlife Management 28: 430- 434.  
PATRIC E. F. A WEBB W. L., 1960: An evaluation of three age determination criteria in live beavers. Journal of Wildlife Management. 24/1: 37-44.  
ROSELL F., ZEDROSSER A. AND PARKER H., 2010: Correlates of body measurements and age in Eurasian beaver from Norway. European Journal of Wildlife Research. 56: 43-48.
- STIEFEL A., PIECHOCKI R., 1986: Circannuelle Zuwachslinien im Molarenzement des Bibers (Castor fiber) als Hilfsmittel für exakte Altersbestimmungen. Zoologisxhe Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde Dresden. 41/14: 165-175.
- TOWNSEND J. E., 1953: Beaver ecology in western Montana with special reference to movements. Journal of Mammalogy. 34: 459-479.  
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, Research Branch Sect. Rept. (Wildlife), Mimeo. 24: 1-9.

## Vedoucí práce

Vorel Aleš, Ing., Ph.D.

## Konzultant práce

Lenka Hamšíková

  
**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Vedoucí katedry



  
**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Děkan fakulty

V Praze dne 12.4.2011

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Aleš Vorel, Ph.D., a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze 29.4.2011

.....

## **Poděkování**

Především bych chtěla poděkovat vedoucímu diplomové práce, Ing. Aleši Vorlovi, Ph.D za pomoc a rady při zpracování diplomové práce. Dále děkuji Mgr. Lence Hamšíkové, Mgr. Lence Válkové, Ing. Janě Korbelové, Ing. Josefu Korbelovi a Mgr. Jaroslavu Maloňovi.

## **Abstrakt**

Přesné stanovení věku u jakýchkoli obratlovců je podstatné pro většinu ekologických studií a tvoří základní východisko charakteru péče o daný druh. Ačkoli počty cementových vrstev molárů obvykle poskytují nejpřesnější odhad věku, tato metoda je technicky a časově náročná. Proto se tato diplomová práce snažila o nalezení jiného spolehlivého kritéria určování stáří u mrtvých jedinců a regresní analýzou byla potvrzena vhodnost použití rozměru LCr k determinaci věku jedince bobra a k jeho zařazení do příslušné věkové kategorie. Shlukovou analýzou LCr byly také stanoveny její velikostní rozsahy pro jednotlivé věkové třídy. Poté byly regresní analýzou LCr a metristických charakteristik zjištěny nejvíce signifikantní charakteristiky nejlépe predikující věk bobra a těmi byly, hmotnost, délka ocasu a délka těla. Aplikací kritéria hmotnosti na odchytovou databázi byla zjištěna věková struktura významných populací a celé ČR. Dílčím výsledkem této práce bylo také stanovení poměru pohlaví.

Klíčová slova: věková kritéria, věková a pohlavní struktura, jižní Morava, Český les

## **Abstract**

It is essential to determine the age of any vertebrates for most of the ecological studies and it is also the basic recourse of the character in caring in specific species. Although counts of cementum layers in molar usually provides the most accurate estimate of the age, this method is technically and timing demanding, this diploma thesis have tried to find another the most reliable criterion to identify the age for dead individuals. By regression analysis was proved suitability of using dimension LCr for determination of beaver's age and his classification into the specific age category. By cluster's analysis LCr were determined ranges of the size for specific age category. Afterwards, there were found by regression analysis LCr and external characteristic, most significant characteristics which were the best at prognosticating beaver's age and those were weight, length of the tail and length of the whole body. Application of criterion of the weight was found out the structure of the age in important population and the Czech Republic. The result of this thesis was also to determine ratio of both sex.

Key words: age criteria, age and sex structure, southern Moravia, Český les

## **Obsah**

<b>1. ÚVOD</b>	<b>8</b>
<b>2. CÍLE</b>	<b>9</b>
<b>3. LITERÁRNÍ REŠERŠE</b>	<b>9</b>
<b>3.1 Charakteristika druhu</b>	<b>9</b>
3.1.1 Taxonomické zařazení bobra evropského	9
3.1.2 Morfologie	11
3.1.3 Areál druhu	12
3.1.4 Rozšíření bobra evropského v České republice	12
3.1.5 Změny v rozšíření	13
3.1.6 Biologie druhu	14
<b>3.2 Populační struktura bobra</b>	<b>15</b>
<b>3.2.1 Vývoj populace a populační struktura bobra v zemích Evropy</b>	<b>17</b>
<b>3.3 Metody určování pohlavní a věkové struktury</b>	<b>19</b>
3.3.1 Určování věkových kategorií	19
3.3.2 Stanovení stáří u živých jedinců	20
3.3.3 Stanovení stáří u mrtvých jedinců	22
3.3.4 Určování pohlaví	37
<b>5. MATERIÁL A METODIKA</b>	<b>38</b>
<b>5.1 Charakteristika srovnávaných území</b>	<b>38</b>
5.1.1 Oblast jižní Moravy	38
5.1.2 Vývoj populace bobra na jižní Moravě	38
5.1.3 Oblast Českého lesa	39
5.1.4 Vývoj populace bobra v Českém lese	40
<b>5.2 Odchyty</b>	<b>40</b>
<b>5.3 Sběr metristických charakteristik</b>	<b>41</b>

<b>5.4 Dentální charakteristiky</b>	<b>41</b>
<b>5.5 Kraniální rozměry</b>	<b>41</b>
<b>5.6 Databáze</b>	<b>47</b>
<b>6. ANALÝZA DAT</b>	<b>47</b>
<b>6.1 Analýza dat k stanovení intervalů alometrických charakteristik u všech věkových kategorií</b>	<b>47</b>
<b>6.2 Analýza dat k stanovení regresních rovnic pro metristické charakteristiky</b>	<b>50</b>
<b>6.3 Testování rozdílů věkové struktury mezi velkými populacemi</b>	<b>50</b>
<b>6.4 Analýza dat k stanovení pohlavní struktury populace</b>	<b>51</b>
<b>6.5 Testování rozdílů mezi pohlavími</b>	<b>51</b>
<b>7. VÝSLEDKY</b>	<b>52</b>
<b>7.1 Výsledky analýzy dat k stanovení intervalů alometrických charakteristik u všech věkových kategorií</b>	<b>52</b>
<b>7.2 Analýza dat k stanovení regresních rovnic pro metristické charakteristiky</b>	<b>56</b>
<b>7.3 Věková struktura ČR</b>	<b>57</b>
<b>7.4 Věková struktura ve velkých populacích</b>	<b>58</b>
<b>7.5 Pohlavní struktura ČR</b>	<b>60</b>
<b>7.6 Rozdíly mezi pohlavími</b>	<b>60</b>
<b>8. DISKUSE</b>	<b>64</b>
<b>8.1 Věkové kategorie</b>	<b>64</b>



<b>8.2 Zhodnocení metod stanovení stáří u mrtvých jedinců</b>	<b>65</b>
<b>8.3 Zhodnocení metod stanovení stáří u živých jedinců</b>	<b>69</b>
<b>8.4 Věková struktura významných populací a ČR</b>	<b>71</b>
<b>8.5 Pohlavní struktura ČR a rozdíly mezi pohlavími</b>	<b>73</b>
<b>9. ZÁVĚR</b>	<b>74</b>
<b>10. LITERATURA</b>	<b>76</b>
<b>11. SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK</b>	<b>81</b>

# 1. Úvod

Evropská populace bobra byla na přelomu 19. a 20. neřízeným lovem silně zdecimována. Přežít se podařilo jen několika tisícům jedinců z izolovaných populací a bobr evropský se tak ocitl na pokraji vyhynutí. V průběhu dvacátého století byla ve většině států Evropy zavedena jeho přísná ochrana, která umožnila jeho přežití alespoň v refugíích. Od konce 80. let 20. století dochází k postupnému šíření bobra evropského i na naše území, a to jak vlivem přirozené disperze ze sousedních zemí, tak v důsledku reintrodukce. V současnosti je početnost jeho v ČR odhadována na 3000 jedinců.

S úspěšným návratem bobra evropského na území ČR je také spojena vzrůstající početnost tohoto druhu a z ní vyplývající konflikty. V neurbanizované a člověkem neovlivněné krajině vede činnost tohoto druhu k významné diverzifikaci vodního prostředí a k zvyšování biodiverzity přilehlých biotopů. Pozitivně se také může jeho aktivita projevit u toků eminentně poškozených nevhodnými úpravami, kde může pomoci obnovit přírodě blízké podmínky. Při šíření bobra v rámci území ČR dochází k osídlování lokalit, kde dochází ke střetu s lidskými zájmy. Projevy jeho činnosti jsou nevíтанé především, když jsou v jejich důsledku narušovány vodní díla.

Záměrem předkládané diplomové práce bylo stanovení věkové a pohlavní skladby populace bobra evropského na území ČR. Věková struktura populace je dána počty jedinců v jednotlivých věkových kategoriích. Pro tuto práci byly zvoleny tři věkové kategorie: juvenil, subadult a adult. Účelem tedy byla distribuce zkoumaného materiálu do zmíněných věkových tříd, dále stanovení minimálních a maximálních věkových rozsahů pro jednotlivé kategorie a standardizace hranic intervalů věkových kategorií pro nejsignifikantnější vnější charakteristiky jedinců bobra. Meze těchto intervalů jsou nejdůležitějším výstupem této práce, jelikož tyto budou sloužit jako nástroj determinace odchycených živých jedinců do jednotlivých věkových kategorií. Pomocí nich bude moci být zjišťována jak věková skladba jednotlivých teritorií, tak celých populací bobra.

Důležitost takovéto studie vyplývá především z potřeby relevantních dat o věkové kompozici populace bobra na území ČR, jelikož v minulosti k analýzám věkové struktury byly používány nepřesné údaje o hranicích intervalů věkových

kategorií pro vnější charakteristiky převzaté od autorů z jiných geografických oblastí.

Přesná distribuce věkových tříd sekundárně poskytuje údaje o reprodukci, natalitě a mortalitě jedinců v populaci a je nezbytná pro stanovení populační dynamiky, která je výchozím podkladem pro sestavování programů péče a managementu druhu.

## **2. Cíle**

Prvním krokem k naplnění cílů práce bude sumarizace osteologických, morfologických a alometrických údajů bobra evropského ze sbírek KE FŽP ČZU a jiných institucí. Soubor těchto získaných informací tvoří hlavní vstupy široké škály následujících statistických analýz. Prvotně bude využito stáří lebky, určeného dle vývoje zubu a vztažené velikosti určitého lebniho rozměru k stanovení nelineární regresní rovnice tohoto vztahu. Stáří lebky bude následně vztaženo k metristickým charakteristikám kadáverů pro stanovení nejtěsnějšího regresního vztahu a odvození příslušných rovnic pro výpočet věku dle zadaného vnějšího kritéria jedince. Druhým krokem bude stanovení rozsahu intervalů jednotlivých věkových kategorií pro všechna výše uvedená kritéria. Aplikací výstupů výše uvedených analýz na odchyťovou databázi bude odvozena věková a pohlavní struktura ČR a bude provedeno porovnání věkových struktur dvou nejvýznamnějších populací bobra na území ČR. Dále budou zodpovězeny otázky ohledně odlišnosti pohlaví, např. zda je samec těžší než samice a podobně.

## **3. Literární rešerše**

### **3.1 Charakteristika druhu**

#### **3.1.1 Taxonomické zařazení bobra evropského**

Třída: *Mammalia* – savci

Nadřád: *Placentalia* – placentálové

Řád: *Rodentia* – hlodavci

Podřád: *Sciuromorpha* – veverkovití

Nadčeleď: *Castoridea*

Čeleď: *Castoridae* – bobrovití

Rod: *Castor* Linnaeus, 1758

Druh: *Castor fiber* Linnaeus, 1758 – bobr evropský

Poddruh: *C. f. albicus* Matschie, 1907 – bobr labský

*C. f. balticus* Matschie, 1907

*C. f. belorussicus* Lavrov, 1981 – bobr běloruský

*C. f. birulai* Serebrennikov, 1929 – bobr mongolský

*C. f. fiber* Linnaeus, 1758 – bobr skandinávský

*C. f. galliae* Geoffroy, 1803 – bobr galský

*C. f. gallicus* Fischer, 1829

*C. f. orientoeuropaeus* Lavrov, 1981 – bobr východní

*C. f. osteuropaeus* Lavrov, 1974 – bobr voroněžský

*C. f. pohlei* Serebrennikov, 1929 – bobr uralský

*C. f. tuvinicus* Lavrov, 1969 – bobr tuvský

*C. f. vistulanus* Matschie, 1907 – bobr polský

Druh: *Castor canadensis* Kuhl, 1820 – bobr kanadský

Druhy rodu *Castor* se liší především areály svého původního rozšíření. Bobr evropský je rozšířen jak v státech Evropy, tak v části asijských zemích. Bobr kanadský má svůj původní areál v Severní Americe, najít ho ovšem můžeme i na území Evropy. Jeho nejpočetnější populace se nachází ve Finsku a Karelii a její velikost je odhadována na 12 500 jedinců (Halley et Rosell 2002). Hlavním rozdílem těchto zástupců rodu bobra je počet chromozomů (u bobra evropského  $2n = 48$ , u bobra kanadského 40) a rozdílnost v sekretech řitních žláz (Halley et Rosell 2002). Jinak jsou si oba tyto druhy morfologií i chováním velmi podobní.

Ještě užší similarita je mezi poddruhy bobra evropského. Jednotlivé poddruhy se od sebe nedají vizuálně odlišit, jejich identifikace je proto odkázána pouze na zkoumání variability určité sekvence mitochondriální DNA (Ducroz et al. 2005). Vzhledem k velkému množství poddruhů a s ohledem na to, že na konci 19. století přežilo asi 1 200 recentních bobrů pouze v osmi refugiích, je nepravděpodobné, že by existoval takovýto počet reliktních poddruhů. Tomu nasvědčují i nejnovější výzkumy mDNA Ducroze et al. (2005), které poddruhy *C. f.*

*osteuropaeus*, *C.f. pohlei*, *C.f. birulai* a *C. f. tuvinicus* zařazují souhrnně pod jeden poddruh *C. f. vistulanus*.

Problematika adekvátního rozlišení takového množství poddruhů je nesmírně časově a technicky náročná, proto bude ještě trvat, než se odhalí celková genetická diverzita taxonu a jeho geografická distribuce. Se zřetelem na uvedené skutečnosti a ke sporům ohledně šíře existence genetické variability druhu, je více než vhodné k reintrodukcím vybírat jedince z geograficky nejbližší populace (Halley et Rosell 2003). Toto pravidlo ovšem nebylo vždy již v proběhlých reintrodukcích dodrženo, proto může být jedna populace tvořena geneticky rozdílnými jedinci.

Jednotlivé poddruhy jsou variabilní také z hlediska hmotnosti, vnější rozměrů a kraniálních rozměrů. V ČR se vyskytuje více poddruhů, které mají odlišný původ z důvodu jiných zdrojových populací užívaných k reintrodukci.

### **3.1.2 Morfologie**

Bobr je výhradní býložravec a jako potrava mu slouží především dřeviny z rodů *Salix*, *Populus*, *Fraxinus*, *Acer* a submersní rostliny. Patří mezi semiaquatilní savce, během jehož fylogenetického vývoje vzniklo velké množství morfologických, anatomických a etologických adaptací, jež mu umožňují úspěšně obývat pobřežní ekosystémy stojatých a tekoucích vod (Vorel et al. 2006). Specifickým životním podmínkám se přizpůsobil jednak svíráním rtů až za řezáky, mohutným kořenem jazyka bránícím pronikání vody do hrtanu, uzavíratelnými nozdrami a zvukovody a blanitou mžurkou kryjící oči. Oči a nozdry má v jedné rovině, aby při plavání viděl a mohl dýchat, aniž by se při tom prozradil nepřátelům. Má masivní, spíše zakulacenou hlavu a zavalité tělo. Přední končetiny jsou krátké, mají dobrou uchopovací schopnost, díky částečně protistojnému pátému prstu. Plovací blána je na nich jen naznačena. Zadní končetiny jsou ve srovnání s předními mohutnější, všech pět prstů je spojeno plovacími blanami. Na druhém prstu je rozdvojený dráp, sloužící k čištění srsti. Ocas je u kořene oblý, na většině své délky však svrhu široce zploštělý, na povrchu krytý šupinami, za nimiž vyrůstají řídké chlupy. Srst je tvořena hustou podsadou a více než 5 cm dlouhými pesíky. Barva srsti je tmavě hnědá až černá, podsada je šedá.

Specifickým znakem druhu jsou dvě velké žlázy castorea (bobří pižmo) a dvě řitní žlázy, které jsou umístěny v anogenitálním vaku. Sekrety žláz jsou užívané pro označování teritoria a k udržování srsti (Brady et Svendsen 1981).

### **3.1.3 Areál druhu**

Evoluční předchůdci bobrů v miocénu i současní bobří, kteří tu žili před příchodem člověka, osídlovali široký pás od severní hranice rozšíření lesa až po subtropy, včetně řek některých stepních oblastí (Kostkan, 1998).

Původní areál rozšíření druhu byl obrovský, vycházel mimo jiné z jeho široké stanovištní ekologické valence. Sahal od Atlantiku k Čukotce a od Středozemního moře k Severnímu ledovému oceánu.

Dnešní areál bobra evropského v Evropě je však stále značně disjunktní. Kontinuálně je osídleno území počínající ve východním Polsku, rozšíření pokračuje přes pobaltské státy, Bělorusko, Rusko, Finsko a končí v centrálních partiích Sibíře. Druhá velká, avšak izolovaná, populace je ve Skandinávii a zahrnuje velkou část území Norska a Švédska. Jedna z největších a nejvýznamnějších populací kontinentální Evropy je kolem řeky Labe. Začíná v severních Čechách a dosahuje téměř až k Hamburku s tím, že v Sasku a Sasku-Anhaltsku pokrývá také velké množství přítoků. Za zmínku dále stojí početná populace pokrývající celé jižní Bavorsko, pokračující dále po Dunaji přes Rakousko na Slovensko až do Maďarska. Významný výběžek areálu této subpopulace zasahuje ze Slovenska proti proudu Moravy vysoko na sever na naše území. Ve zbytku Evropy, především ve východní, střední a západní části, jsou menší rozdrobené populace, které se dnes ale velmi rychle propojují (Vorel, 2003).

### **3.1.4 Rozšíření bobra evropského v České republice**

Bobr evropský se v České republice vyskytuje již v několika oblastech, zejména na Moravě, kde je osídleno rozsáhlé území téměř kolem celého toku řeky Moravy. Ve spodní část řeky jsou obydleny menší i větší přítoky. Úspěšně obydlen je také střední a horní tok Moravy včetně souvisejících toků. Bobří, kteří zmíněné území osídlili, pocházejí ze dvou zdrojů. Prvním jsou reintrodukce v Rakousku. Tam byli bobří v šedesátých letech 20. století vysazováni v povodí Dunaje a díky tomu,

že byli chráněni, se postupně přirozeným způsobem rozšířili až na jižní Moravu. Druhým zdrojem byly výsadky v oblasti Olomouce. Zde bylo v letech 1992–1994 vypuštěno 20 jedinců, kteří se podobně úspěšně rozšířili i na Šumpersko a Jesenícko. V současnosti už je osídlení kontinuální téměř v celém povodí řeky Moravy. Kromě toho se bobří vyskytují na severní Moravě, především na Odře a jejích přítocích, ti však mají původ v polských umělých odchovech (Vorel, 2006).

V Čechách je osídlení rozděleno do tří menších oblastí. Bobří se objevili také na horním toku Divoké Orlice v Orlických horách. Zdejší jedinci jsou rovněž potomky bobrů vysazených v Polsku. Dalším místem, kde v České republice žijí bobří, jsou jihozápadní Čechy. Také tito jedinci pocházejí z reintrodukcí, které v tomto případě proběhly v druhé polovině 20. století v Bavorsku a postupnými migracemi se vysazení jedinci dostali na naše území do povodí menších podhorských toků. Dnes se úspěšně šíří zatím do malých toků v povodí Otavy a Berounky. Posledním důležitým místem výskytu bobra evropského na našem území je úsek dolního Labe v okolí Děčína a Ústí nad Labem. Tito příslušníci poddruhu bobra labského (*Castor fiber albicus*) jsou patrně jedinými původními bobry na našem území. Zdrojem ostatních populací v rámci ČR jsou fenotypově vzdálenější a geneticky nepůvodní poddruhy pocházející ze Skandinávie, Ruska a Litvy (Vorel, 2006).

### **3.1.5 Změny v rozšíření**

Bobří z volné přírody celé Evropy ubývali do konce předminulého století, a to až na pokraj vyhubení. Teprve díky reintrodukcím a silné druhové ochraně jejich počty téměř celé minulé století trvale rostly. Na přelomu 19. a 20. století přežívalo v několika refugiích pouhých 1200 jedinců. Statut evropsky chráněného druhu tehdy napomohl opětovnému návratu, navíc silně přispěla druhová ochrana. A to do té míry, že v roce 1997 byla populace odhadována na 430 000 jedinců. Podle posledních odhadů je současný stav minimálně 639 000 jedinců (Halley et Rosell 2003). Ve střední Evropě je nyní bobr evropský mimo nebezpečí vyhubení. Dochází tedy k velmi rychlému zvyšování početnosti a k úspěšnému, masivnímu osídlování středoevropského regionu. Celkově je šíření bobra evropského výsledkem několika důležitých faktorů, jež umožňují tomuto navrátilci rychlé, místy expanzivní šíření. Jde o tyto faktory: (a) malé topické a trofické nároky, které jsou v kulturní

krajině a intenzivně obhospodařované krajině velmi uspokojivé, (b) bobr užívá statusu ohroženého druhu a z toho plynoucí druhové ochrany, (c) v obývaném biotopu absentují konkurenti a predátoři, (d) vysoká ostražitost a schopnost pasivně i aktivně se bránit predátorům, podepřená řadou specifických etologických adaptací, (e) vysoká reprodukční schopnost, (f) silná teritorialita, bez tendence ke zmenšování teritoria vlivem rostoucí density a (g) výrazný migrační potenciál (Vorel et al. 2006).

### 3.1.6 Biologie druhu

Stanovištěm bobra evropského jsou zejména pomalu tekoucí nebo stojaté sladké vody, menší řeky i potoky, tak i jezera, nádrže a rozsáhlé mokřadní systémy. Bobr obývá hlavně vodní biotopy s malým kolísáním hladiny. Faktorem ovlivňujícím vhodnost stanoviště je také přítomnost především měkkých luhů s převahou rychle rostoucích dřevin. Důležitou charakteristikou optimálního biotopu je výskyt alespoň jednoho zástupce rodu vrba, topol, javor nebo jasan. Vedle složení břehových porostů je důležitá i jejich velikost, hustota a rozmístění dřevin (Vorel et al. 2006).

Své stanoviště si bobři modifikují stavěním hrází, z důvodu zvednutí a stabilizace hladiny vody. Tyto změny na lokalitě nezvyšují růst stromů či rostlin, které jsou hlavním potravinovým zdrojem bobrů. Zvednutá hladina vody však redukuje náchylnost bobrů být predováni na souši, zlepšuje akvizici a dopravu dřevěného materiálu protažením vodního úkrytu a slouží k tlumení klimatických extrémů zimy v severních zeměpisných šířkách (Brady et Svendsen 1981).

Mezi jedinci různého pohlaví nejsou vnější rozdíly, výjimkou je období laktace, kdy má samice viditelné bradavky. Pohlavní identifikace je obtížná, protože pohlavní orgány, rektum a anální žlázy jsou uloženy ve vnitřním vaku kůže „pseudokloace“, která je uzavřena svěračem (Svendsen, 1980).

Bobr je monogamní tvor a spojení párů je dlouhodobé. Formování nových párů nastává hlavně v létě a na podzim. Kritériem naznačujícím monogamii je, že se dospělý pár drží pohromadě se sociální skupinou, bez ohledu na reprodukční aktivitu. Zbývající členové skupiny neplodí potomstvo do třetího léta života, kdy nastává migrace z rodné skupiny (Svendsen, 1980). Rozmnožování probíhá od ledna do března a uskutečňuje se ve vodě. Bobři jsou polyestrická zvířata, to znamená, že cyklus se opakuje mnohokrát do roka. Samice vstupuje do estru, nebo-li vlastní



říje opětovně každých 14 dní až do oplození (McTaggrat et Nelson 2003). Dle Vorla et al. (2006) březost trvá 105 až 109 dní a mláďata přicházejí na svět v dubnu až červnu. Samice rodí dva až pět prekociálních potomků. Kojena jsou tři měsíce, ale v průběhu laktace již začínají přijímat rostlinou potravu. Bobři se mohou rozmnožovat až do šestnáctého roku, ovšem těžiště v rozmnožování je mezi čtvrtým a desátým rokem (Vorel et al. 2006).

### **3.2 Populační struktura bobra**

Jedinci bobra žijí v sociálních skupinách, které se skládají z monogamního rodičovského páru a z jedné nebo více generací jejich potomků. Tato sociální skupina může být označována jako rodinná jednotka či jako kolonie. Pojmem kolonie se v sociobiologii rozumí sociální skupina zvířat, která zahrnuje i nepříbuzné jedince. Skupiny bobra, které by zahrnovaly jak rodinu, tak nepříbuzné jedince, byly zaznamenány pouze Svendsenem (1980) a to jen u jedné ze studovaných rodin bobra. Vzhledem k nedostačujícím důkazům, které by podporovaly výskyt kolonií bobra evropského v pravém slova smyslu, není relevantní tento pojem používat, přesto se s ním můžeme setkat u mnoha autorů. Z tohoto důvodu je můžeme považovat za synonyma. Termín rodinná či sociální jednotka ovšem skupinu spolu žijících bobrů vystihuje lépe.

Jednotlivé bobří rodinné jednotky obývají území, které nazýváme domovským okrskem. Termínem teritorium označujeme část domovského okrsku, jež je aktivně hájena. Hranice teritoria bobří označují pachovými značkami.

Věková struktura populace je definována početností jednotlivých věkových tříd. A protože rodiny bobra jsou tvořeny rozmnožujícím se párem, subadultními jedinci, kteří přispívají péčí o mláďata, a juvenilny, je věková struktura vyjadřována zastoupením těchto kategorií. Bobr patří mezi K – strategy, jejichž jak individuální tak i populační růst je pomalý (Dzieciolowski, 1996). Obecně bobří rostou podstatně rychleji v prvních třech letech života a největší váhy dosahují kolem 8–12 roku života. Dále se vyznačují poměrně nízkým reprodukčním potenciálem, kdy Heidecke (1991) uvádí pro populaci labského bobra velikost vrhu průměrně 3,83 potomků. Zurowski et Kasperczyk 1986 in Dzieciolowski 1996 stanovili reprodukční potenciál suwalské populace na 1,4. Pouze velikost prvního vrhu je

fixována geneticky, ovšem s vyšším věkem plodnost klesá. Velikost vrhu je také limitována dostupností optimálních lokalit, pokud nejsou k dispozici vhodné lokality, může se reprodukční potenciál snížit až na 0,35 (Heidecke, 1991). K – strategové jsou také charakterističtí nízkou mírou úmrtnosti a dlouhou délkou života, která bývá v přírodních podmínkách kolem 18 let (Heidecke, 1984). Mortalita je způsobena například otravami odpadními vodami ze zemědělství, povodněmi, infekcemi, střety s jedinci bránícími své teritorium, úmrtími v zimních měsících a fyziologickými příčinami (Heidecke, 1984). Mortalita je vysoká především v kategorii subadultů, kteří podléhají zraněním v bojích a při migraci jsou více ohroženi kontaktem s jedovatými látkami (Heidecke, 1991; Campbell et al. 2005). Průměrná úmrtnost v populaci je asi 10% (Heidecke, 1991). Heidecke (1984) uvádí, že během prvních 6 měsíců života zemře 37%, McTaggart et Nelson (2003) uvádějí hodnotu 50%. Prenatální mortalita je variabilní mezi 4–30%, průměrně asi 9% (Heidecke, 1991), ale jestliže se populace nachází ve fázi exponenciálního růstu, tedy ve fázi s nejvyšším počtem juvenilů, zvýší se prenatální mortalita až na 30%, jelikož účinná regulace populační hustoty je skrze vnitropopulačního tlak. Vyšší prenatální mortalita může být také způsobena nedostatkem optimálních lokalit (Payne, 1989). S narůstající populační hustotou, až do dosažení horních hranic kapacity prostředí, se úměrně snižuje i průměrná délka života, kdy může z průměrných 12 let klesnout až na 7,5 roku (Heidecke, 1991). Citelným regulátorem populačního stavu s velkým vlivem na změnu věkové strukturu je dostupnost nových vhodných lokalit. Pokud byla přítomna dostatečná kapacita vhodných habitatů činil podíl juvenilů 39%, ale v hustě osídlených lokalitách jen 24% (Payne, 1989). Jestliže není dost vhodných lokalit k osídlení a vnitropopulační tlak roste, jsou bobří nuceni díky omezující se potravní nabídce pravidelně každých pět let měnit lokalitu. Když se velikost populace blíží k horní hranici únosnosti, může být tlak na potravinové zdroje snížen jedině díky zvětšení areálu (Heidecke, 1991).

Obecně lze tedy konstatovat, že struktura populace je ovlivněna kvalitou lokality. V nejproduktivnějších lokalitách vysoké kvality, které se sestávají z vod se stabilní hladinou a širším korytem, mají vysokou druhovou diverzitu rostlinstva a dřevin, které tvoří potravinový základ v zimním období, je vysoký počet mladých jedinců, jelikož je hojnost potravy a lokalita uживí více zvířat (Payne, 1989). Naopak, nedostatek optimálních lokalit může vést i ke zpožděné reprodukci páru, kdy nový

pár v nehostinných lokalitách může i několik let zůstat bez potomstva (Heidecke, 1991). Vysoké populační hustoty, způsobující vyčerpání optimálních lokalit s hojností kvalitních potravinových zdrojů, vedou k poklesu početnosti nejmladší věkové třídy, zvýšené prenatální úmrtnosti a nejpočetnější skupinou se stávají adulti.

Poměr pohlaví u monogamních druhů by měl být 1:1, aby mohla být zajištěna maximální produktivita, když nedochází k střídání partnerů (Payne, 1989). Samozřejmě mohou existovat jisté odchylky od tohoto vyrovnaného poměru pohlaví, jak v celé populaci, tak v jednotlivých věkových třídách (Osborn, 1953; McTaggart et Nelson 2003). Typická je pro tyto druhy nízká početnost vrhů, s nízkou frekvencí vrhu u mladých a starých zvířat a s těžištěm u jedinců starých 5–9 let (Osborn 1953; Dzieciolowski, 1996).

### **3.2.1 Vývoj populace a populační struktura bobra v zemích Evropy**

NORSKO – Populace asi sta bobrů přežila v jihozápadním Norsku a poskytla genetický zdroj pro všechny recentní populace *C. f. fiber* na území dnešního Norska. Pokusy o legislativní ochranu bobra započaly již kolem roku 1845, ale efektivní právní ochranu lze datovat až od roku 1899. Početnost populace v roce 1880 byla odhadována na 60–120 zvířat. V roce 1910 narostl počet jedinců bobra cca. na 1000 kusů. Kolem roku 1919 početnost stoupla asi na 7000 jedinců, a omezený lov byl znovu povolen. Růst populace se zastavil v roce 1930 kvůli častému ilegálnímu lovu a během války početnost populace ostře klesla. V letech 1942–43 migrovali první bobři z reintrodukce ve Švédsku do východního Norska. Úspěšné reintrodukce na území Norska probíhaly v letech 1925–1965, kdy bylo vypuštěno 40 zvířat na osm lokalit. Početnost populace se v roce 1965 pohybovala mezi 5–10 000. V roce 1975 rozsah populace v jižním Norsku zůstal nezměněný, ale přibyl významný nový faktor v podobě migrace jedinců z prosperující švédské populace. Reintrodukce byly provedeny také v severním Norsku, ale populace zde dále zůstává malá a fragmentovaná (Halley et Rosell 2002).

Bobři jsou chráněni v oblastech s nízkou početností a chráněny jsou také nově vznikající populace. Lovecká sezóna má proměnlivou kvótu v závislosti na velikosti místní populace. Odloveno je asi 10% jedinců z populace za rok (Halley et Rosell 2002).

Věková struktura jižního Norska zahrnuje 14% juvenilů, 22% subadultů a 64% adultů. Obě pohlaví jsou zastoupena rovným dílem (50:50) (Parker et al. 2002).

NĚMECKO – V druhé polovině 19. století dosáhla populace labského bobra svého největšího poklesu, proto byla v roce 1910 zavedena ochranná opatření, která vedla k pozvolnému nárůstu početnosti a osídlování nových lokalit (Heidecke, 1984). V období mezi lety 1947 a 1955 čítala labská populace asi 200 jedinců (Heidecke, 1991). Dnes opět labský bobr kolonizuje údolí Labe od Míšně po Boizenburg a z velké části také povodí Schwarze Elster, Mulde, Saale a Havel, znovu se objevuje i na Peene a Odře. V roce 1988 se početnost zvýšila na 2 400 bobrů v 575 rodinách. Tento vzrůstající trend abundance v posledních letech byl hlavně za přispění intenzivních ochranných opatření (Heidecke, 1991). Heidecke (1991) uvádí, že roční přírůstek činí 34% a 39% procent populace tvoří mláďata.

Od roku 1966 do roku 1970 probíhaly reintrodukce bobra v Bavorsku, ale kvůli studené válce nemohli být použiti jedinci z nejbližšího geografického areálu, tedy labští bobři z východního Německa, proto je tato populace tvořena geneticky odlišnými jedinci. Bavorské reintrodukce byly obzvláště úspěšné a vedly k vytvoření stabilní a silné populace. V roce 2000 její početnost vzrostla asi na 5 000 jedinců. Početnost bobra se zvyšovala i v oblastech, kde docházelo ke střetu zájmů s lidskou činností. Jestli že nemohly být tyto konflikty vyřešeny technickými opatřeními či kompenzacemi způsobených škod, docházelo k odchytům a k přemístění bobrů. Odchycená zvířata byla použita pro reintrodukční programy v Chorvatsku, Maďarsku, Rumunsku a Belgii. Někteří jedinci bobra byli také umístěni do zoologických zahrad a obor (Schwab et Schmidbauer 2001).

HORNÍ RAKOUSKO – V letech 1976 a 1985 proběhla reintrodukce asi 45 polských bobrů v Horním Rakousku. Asi po 10 letech vzrostla početnost na asi 80-100 zvířat a v následujících letech neustále stoupala vzhůru a dnes se velikost populace v Horním Rakousku odhaduje na 300-400 jedinců. Bobři také začali osídlovat celé východní dolní Rakousko, započali také migraci na západní Slovensko a na jižní Moravu (Sieber, 2003).

POLSKO – Tři až čtyři páry *C. f. osteuropaeus* byly reintrodukovány do oblasti severovýchodního Polska v roce 1949, k neznámému množství jedinců nejasného původu, kteří sem byly introdukovány během let 1942–43, kdy bylo území ovládáno Němci. Během let 1975–1986 bylo vypuštěno 223 jedinců v různých místech říčního systému Visly. 48 jedinců, především *C. f. belarusicus*, bylo introdukováno mezi lety 1974 a 1985 na Odře. Probíhala také migrace jedinců z Litvy a Běloruska. Početnost populace bobra byla v roce 1966 asi 270 jedinců; v roce 1974 1000 jedinců; v roce 1987 2900. Od roku 1995 se početnost populace začala rychle zvyšovat a v roce 1998 se pohybovala mezi 13–15 000 jedinci (Czech 1999 in Halley et Rosell 2002).

Dziedziolowski (1996) stanovil procentuální zastoupení jednotlivých věkových kategorií suwalské populace bobra evropského takto: 34% juvenilů, 44% subadultů a 22% adultů.

### **3.3 Metody určování pohlavní a věkové struktury**

#### **3.3.1 Určování věkových kategorií**

Základem pro určování věku jedinců bobra je definování jednotlivých věkových kategorií, do kterých se zvířata dle různých metod stanovení věku zařazují. Distribuce jedinců do věkových tříd se mezi jednotlivými autory různí. Jedna skupina autorů používá klasifikaci do tří věkových tříd: I) juvenilní (do 1 roku), II) subadultní (1–2 roky) a III) adultní (3 roky a starší) (Hay, 1958; Payne, 1982; Parker et al. 2002). Hartman (1992) a Smith et Jenkins (1997) kategorizují jedince také do tří věkových tříd, ale dle jiných věkových rozsahů: I) roční, II) dvouletí a III) starší 2 let. I Troszyński (1977) používá klasifikaci příslušníků druhu *Castor fiber* do tří věkových tříd, ale dle jiných intervalů stáří zařazených jedinců: I) do jednoho roku, II) 1–3 roky a III) starší tří let.

Další skupina autorů využívá klasifikace do čtyř věkových tříd: I) mlád'ata, II) roční, III) dvouletí a IV) dospělí jedinci – starší tří let (Patric et Webb 1960; Svendsen 1980; Brady et Svendsen 1981; Schulte et al. 1995).

Nostrand et Stephenson (1964) dentálními technikami rozdělil jedince druhu *Castor canadensis* do pěti věkových tříd: I) ½–1 roční jedinci, II) 1½–2 roční jedinci, III) 2 ½–3 roční jedinci, IV) 3½–4 roční jedinci, V) 4½–5 roční a starší jedinci.

Robertson et Shadle (1954) dle osteologických kritérií vymezil pro studované jedince *Castor canadensis* šest věkových kategorií: N) mláďata, I) jednoletí, II) dvouletí, III) tříletí, IV) čtyřletí a V) staří bobří.

Piechocki (1986) klasifikuje do sedmi věkových kategorií a to následovně: 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) a VII) senilní (více jak 12 let).

Williamson (1959) za použití dentálních metod klasifikuje dokonce do osmi věkových tříd: I) jedinci mladší jednoho roku II) jednoletí, III) dvouletí, IV) tříletí, V) čtyřletí, VI) pětiletí, VII) šestiletí a VIII) sedmiletí.

K rozlišení věkových tříd bobra, ať u živých či mrtvých jedinců, lze použít různá kritéria a odlišné metody jejich zjišťování. Ke stanovení věku jedince a zařazení do příslušné věkové kategorie může být využito jednoho kritéria, nebo může být kombinováno více určujících znaků. Jednotlivá kritéria mají různou vypovídací schopnost, využitelnost a jejich vhodnost k aplikovatelnosti se hodnotí především z hlediska prostředí a charakteru zkoumaného materiálu.

### **3.3.2 Stanovení stáří u živých jedinců**

Pro určení věku živých jedinců bobra je vhodné použití dvou hlavních kritérií:

- 1) Vnější morfologické vlastnosti
- 2) Hmotnost
- 3) Dentální rentgenografie

Ad 1) VNĚJŠÍ MORFOLOGICKÉ VLASTNOSTI – U odchycených zvířat se měří délka celého trupu, délka plosky nohy, délka ocasu a plocha jeho šupinaté části (Larson et Nostrand 1968). Mezi méně často užívaná kritéria odhadu stáří u živých jedinců patří měření šířky lebky (Patric et Webb 1960) a šířky horních řezáků (Larson et Nostrand 1968). Jako další vhodná kritéria pro určování věku uvádí Patric et Webb (1960) kombinaci hmotnosti zvířete, šířky ocasu, délky ocasu a šířky lebky měřenou na jářmových obloucích. Hmotnostní údaje a data rozměrů

ocasu jsou snadno získatelná, avšak ne plně spolehlivá, jelikož podléhají sezónním změnám. (Smith et Jenkins 1997). Mnohem spolehlivější metodou pro zařazení živě odchycených zvířat do věkových kategorií se dle Patrica et Webba (1960) jeví metoda měření zygomatické šířky lebky. Ačkoli je toto měření obecně spojeno spíše s preparáty lebek je použitelné i u živých jedinců, nicméně vyžaduje jistou technickou dovednost a předchozí zkušenost. Při tomto měření by měl být jařmový oblouk měřen v jeho nejširším bodě a těsným přiložením měřidla by měl být minimalizován efekt vrstvy kůže a srsti. Výsledky této metody vykazují pozoruhodně nízký koeficient odchylek a to odráží i preciznost s jakou mohou být měření provedena.

Ad 2) HMOTNOST – Většina autorů se shoduje v tom, že hmotnost má největší vypovídací hodnotu jako věkové kritérium během prvních dvou let života bobra, poté je její význam již menší a Patric et Webb (1960) přímo ve své studii uvádí, že hmotnost je velmi užitečné kritérium pro určení věku u zvířat do tří let, protože mnoho 3letých jedinců neváží méně než mnohem starší zvířata. Tento fakt demonstrují na zvířeti, které bylo původně chyceno v dubnu 1949. V této době zvíře vážilo 19,1 kg a bylo nesporně dospělcem. Od jeho původního odchytu byl tento dospělý bobr chycený ještě čtyřikrát. Pět hmotností zvířete bylo následujících: duben 1949: 19,1kg; listopad 1953: 16,8 kg; říjen 1954: 17,7 kg; říjen 1955: 17,5; listopad 1957: 17,7 kg. Během 9 let dospělosti nebyl u tohoto bobra evidován žádný přírůstek na váze.

Bobří mláďata mohou vážit v rozmezí 0,5–8,2 kg, a rok starý bobr může vážit od 5,9 do 13,2 kg. Bobři vážící od 15,9 do 22,2 kg byli klasifikováni jako dospělí. Nejtěžší bobr zkoumaný během studie vážil 22,2 kg (Patric et Webb 1960).

Determinace živých jedinců populace je odkázána na uvedené kombinace vnějších morfologických vlastností, a to především váhy, rozměrů trupu a ocasu, jelikož tyto jsou u odchycených jedinců nejsnadněji získatelné. Vyhodnocení spolehlivosti těchto kritérií a hranice vymezující jednotlivé věkové kategorie těchto parametrů probíhá většinou jejich porovnáním s více spolehlivými dentálními technikami (Larson et Nostrand 1968) a osteologickými charakteristikami.

Ad 3) DENTÁLNÍ RENTGENOGRAFIE – Tato metoda byla testována Hartmanem (1992) pro zjištění její vhodnosti k aplikaci u živých zvířat, a také jako levnější a méně náročná alternativa k mikroskopickým řezům zubu u mrtvých jedinců. Nostrand et Stephenson (1964) sledovali každoroční usazování cementových vrstev (viz. níže) u prvního moláru pomocí řezů. Hartman (1992) na rozdíl od nich užíval pro svou práci druhého moláru, protože ve srovnání s prvním molárem je u něj čelist tenčí a pro rentgenografii vhodnější. Své výsledky Hartman (1992) testoval jak z hlediska vhodnosti použití u živých jedinců, tak pro testování přesnosti determinace jedinců do věkových kategorií dle váhy a rentgenografie. Zkoumaný materiál Hartman (1992) rozdělil do tří věkových tříd: I) jednoletí, II) dvouletí a III) starší 2 let. Nejprve vypočetl hmotnostní hranice věkových kategorií: I) < 10 kg, II) 10–15 kg, III) >15 kg. Výsledky zařazení podle hmotnostního kritéria porovnal s všeobecně přesnějším dentálním kritériem a došel k závěru, že využitím hmotnosti jako kritéria stanovení věku jedinců bobra bylo 25% jedinců zařazeno chybně.

### **3.3.3 Stanovení stáří u mrtvých jedinců**

Údaje o stáří mrtvých jedinců lze získat z:

- 1) Velikosti kožešin stažených zvířat
- 2) Osteologických charakteristik

Ad 1) ROZMĚRY KOŽEŠINY – Metoda opatření dat z velikosti kožešin mrtvých jedinců bobra byla použita Larsonem et Nostradem (1968) a Paynem (1979). Oba autoři při zhodnocení tohoto kritéria v kombinaci s kritériem hmotnosti dospěli ke shodným závěrům a sice, že dochází k velkému překrytí mezi jednotlivými věkovými třídami a k silnému podhodnocování jedinců starších dvou let.

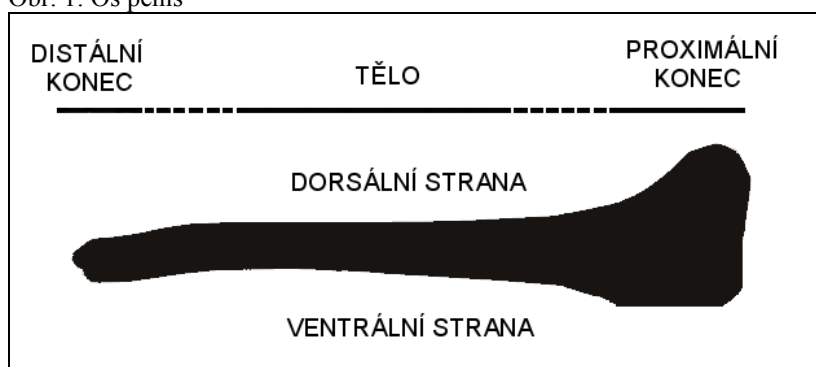


Ad 2) OSTEOLOGICKÁ KRITÉRIA – k determinaci věku jedinců bobra a k jejich segregaci do věkových kategorií, se k zabezpečení vyšší spolehlivosti, většinou využívá kombinace více osteologických kritérií. Mezi osteologická kritéria lze zařadit:

- 2a) Morfologické charakteristiky bacula
- 2b) Osifikace a morfologie skeletu
- 2c) Dentální charakteristiky
- 2d) Kraniometrické analýzy

Ad 2a) MORFOLOGICKÉ CHARAKTERISTIKY BACULA – Baculum nebo také os penis, je umístěna v distální části penisu. Baculum je běžně děleno na tři oblasti: hlava (proximální konec), tělo a ocas (distální konec). U jednoletých a dospělých bobrů je hlava, nebo-li proximální konec, zvětšený a tvarem připomíná golfovou hůl. Ocas, nebo-li distální konec, je v průměru jen mírně větší než tělo a má poněkud hruškovitý tvar. Tělo se nachází mezi proximálním a distálním koncem bacula (obr.1). Mírná ventrální konkávnost těla vytváří celkový zakřivený vzhled bacula. Ani mezi jednou ze třech skladebných částí bacula nejsou patrná žádná zřetelná rozhraní, přesto jsou tyto tři oblasti okamžitě rozpoznatelné. Hlava tvoří asi 30 procent z celkové délky kosti, zbývajících 70 procent připadá na tělo a ocas. V příčném řezu skrze tělo bacula je kost trojúhelníková, s vrcholem na dorsální straně (Friley, 1949).

Obr. 1: Os penis



Výchozím materiálem pro studii Piechockiho (1968) byly kostry bobra, které podrobil morfologicko – osteologickému rozboru. Pro klasifikaci jednotlivých skeletonů do sedmi věkových tříd využil jejich následujících parametrů: sumu kondylobazální délky a šířky jařmových oblouků lebky, vývoje a stavu abraze zubů, stavu epifyzy femuru, hmotnosti a dvou rozměrů bacula (a) celkové délky kosti, (b)

dorso – ventrální výšky. Piechocki (1968) prováděl svůj výzkum s cílem zjistit, zda vývoj os penis může být využit jako dodatečné kritérium pro stanovení stáří samčího jedince bobra. Nejprve provedl matematicko – statistické zpracování materiálu, kdy zjistil, že směrodatná odchylka i variační koeficient dat, získaných z rozměrů a hmotnosti bacula, je vyšší u věkových kategorií zahrnující nedospělé jedince, či jedince, kteří svou reprodukční aktivitu teprve zahájili, než u skupin již plně pohlavně zralých. Pro ověření adekvátnosti dat získaných z bacula k určování stáří provedl korelační analýzu s údaji získaných z lebek, které byly vždy považovány za spolehlivé kritérium pro odhad věku, a zjistil vysoce signifikantní korelaci mezi oběma parametry. Z toho vyplývá, že baculum je mimořádně vhodným, dodatečně použitelným určovacím znakem k odhadu věku.

Friley (1949) také využil rozměrů lebek k primárnímu seskupení vzorků do tří věkových tříd a pro odhad stáří jedince bobra používal u os penis její hmotnosti a oproti Piechockimu (1968) ještě o jednu charakteristikum bacula navíc – podílu mezi délkou proximálního a dorsálního konce v procentech. Průměrná váha os penis a morfologické charakteristiky pro jednotlivé věkové kategorie zjištěné Frileym (1949) byly následující:

I) jednoletí – průměrná délka 26,8 mm; průměrná váha 1,9 dkg; průměrná dorso - ventrální výška 4,8 mm; podíl mezi délkou proximálního a dorsálního konce 72,4%.

II) dvouletí až tříletí – průměrná délka 31,4 mm; průměrná váha 4,1 dkg; průměrná dorso – ventrální výška 6,6 mm; podíl mezi délkou proximálního a dorsálního konce 46,7%.

III) čtyřletí a starší – průměrná délka 34,4 mm; průměrná váha 6,1 dkg; průměrná dorso – ventrální výška 7,9 mm; podíl mezi délkou proximálního a dorsálního konce 42,2%.

Friley (1949) potvrzuje ve své studii tvrzení Piechockého (1968) a sice, že baculum, konkrétně jeho proximální konec, roste během celého života samce a došel ke stejnému závěru jako Piechocki (1968) a to, že kombinace váhy a rozměrů os penis lze využít jako dodatečného kritéria k determinaci věkových kategorií bobra.

Ad 2b) OSIFIKACE A MORFOLOGIE SKELETU – Během života jedince dochází k progresivním změnám v lebních a mimolebních strukturách a toho lze využít jako kritéria pro stanovení stáří jedinců bobra (Robertson et Shadle 1954). Postembryonálně dochází v průběhu života k novému tvoření kosti na podkladě chrupavky. Po narození osifikují enchondrálně samostatně u každé dlouhé kosti obě epifýzy, drobné krátké kosti a větší výběžky kostí. Osifikační jádra se zde objevují v konkrétní době pro každou epifýzu, takže postup epifýzy může být snadno kontrolován. Enchondrální osifikace tedy umožňuje růst kostí do délky, naopak perichondrální osifikace způsobuje růst kosti do šířky (Zrzavý, 1978).

Bobři v průběhu svého života neustále rostou, což koresponduje jak se změnou tvaru a hmotnosti, tak i s rozměry kostí a ty mohou být použity jako indikátory věku (Taylor 1916 in Robertson et Shadle 1954). U jedinců bobra tedy sice dochází k narůstání hmotnosti či velikosti během jejich života, ale pokud jde o růst kosti, tak studie Robertsona et Shadla (1954) signalizuje, že k epifyzeální konsolidaci dochází někdy během čtvrtého roku zvířete. Mezi kosti vhodné k analýze patří lopatka, kost křížová, pánevní a holení, jelikož data o stáří jedince z nich získaná ve studii Robertsona et Shadla (1954) nejvíce korelovaly s jinými daty z osteologických charakteristik – dentálních a kranio-metrických. Stanovení stáří jedinců a jejich zařazení do šesti věkových kategorií dle osteografických charakteristik uvedených kostí bylo takovéto:

N) mláďata – nebyla přítomna data.

I) jednoletí – všech pět křížových obratlů nesrostlých; u kosti pánevní je kost kyčelní volná, ale kost sedací a stydká jsou spojeny posteriorálně; lopatka a kost holení jsou volné.

II) dvouletí – dva křížové obratle srostlé; kost pánevní je také plně srostlá; u lopatky začíná korakoidní proces; kost holení je volná.

III) tříletí – tři křížové obratle srostlé; u kosti pánevní dochází k postupné epifyzeální konsolidaci; epifýzy akromionu lopatky jsou spojeny; u kosti holení dochází ke konsolidaci distální epifýzy.

IV) čtyřletí – čtyři křížové obratle srostlé; epifýzy pánve jsou plně konsolidovány; u lopatky není pouze distální epifýza konsolidována; u kosti holení dochází ke konsolidaci proximální epifýzy.

V) staří jedinci – všech pět křížových obratlů srostlých v kost křížovou; u kosti pánevní je spona stydká osifikovaná; u lopatky nastává plná konsolidace

a u kosti holení dochází k ankyloze s kostí lýtkovou.

Průměrné délky zkoumaných kostí u jednotlivých věkových kategorií zjištěných Robertsonem et Shadlem (1954) byly následující:

N) mláďata – nebyla přítomna data.

I) jednoletí – průměrná délka pánevní kosti 125,9 mm a průměrná šířka 54,7 mm; průměrná délka lopatky 54,1 mm; průměrná délka holení kosti 101,5 mm.

II) dvouletí – průměrná délka a šířka pánevní kosti byla 157,4 a 74,7 mm; průměrná délka lopatky 75,0 mm; průměrná délka holeně 124,5 mm.

III) tříletí – průměrná délka a šířka pánevní kosti byla 167,1 a 79,9 mm; průměrná délka lopatky 79 mm; průměrná délka holeně 134,3 mm.

IV) čtyřletí – průměrná délka a šířka pánevní kosti byla 177,7 a 87,1 mm; průměrná délka lopatky 84,9 mm; průměrná délka holeně 137,5 mm.

V) staří jedinci – průměrná délka a šířka pánevní kosti byla 174,3 a 86,4 mm; průměrná délka lopatky 89,7 mm; průměrná délka holeně 138,7 mm.

Piechocki (1986) užíval oproti předchozím autorům vývoje synostózy femuru, jako jednoho z kritérií ke stanovení věku. Proximální a distální epifýzy jsou s diafýzou u mladých jedinců spojeny syndesmózou, ale v určitém věku se začnou švy postupně obliterovat osifikací vaziva uvnitř švu a vzniká synostóza. Piechocki (1986) využil postupující synostózy femuru k zařazení jedinců bobra do věkových kategorií a to následovně:

I) až IV) – jedinci do 30 měsíců – není patrná žádná synostóza a epifýzy se macerací oddělují od diafýzy.

V) od 3 do 7 let – již dochází k synostóze epifýz, ale švy jsou jasně viditelné.

VI) od 7 do 12 let – jsou epifýzy v pevné synostóze s diafýzou a švy jsou jen částečně patrné.

VII) starší 12 let – dochází k plné synostóze.

Ad 2c) DENTÁLNÍ CHARAKTERISTIKY – Mezi nejvíce užívané a nejspolehlivější metody stanovení stáří jedinců bobra dle vlastností dentice patří: zkoumání uzavření bazální dutiny kořene zubu a vývoj apozice cementových vrstev (Nostrand et Stephenson 1964; Hartman, 1992) u molárů. Této metody se užívá u jedinců straších 2 let, jelikož v tomto věku bývá deponována první cementová vrstva (Nostrand et Stephenson 1964). Determinace do věkových tříd u zvířat mladších 2 let může probíhat na základě abraze a stáčení sklovinových lišt

(Hünemann, 1966) nebo podle erupce a vývoje dentice (Piechocki et Stiefel 1977). Okrajovými metodami, které využívají dentálních charakteristik k stanovení věku bobra, jsou vyhodnocování změny ve tvaru řezáků (Troszyński, 1977) a užití rozměrů jednotlivých zubů chrupu (Borodina, 1970; Stefen, 2009).

**ROZDĚLENÍ ZUBŮ BOBRA A JEJICH VZORCE** – Chrup savců je heterodontní, tj. skládá se ze zubů různých tvarů a u bobra je tvořen celkem 20 zuby (Pillieri, 1983). Znakem který spojuje všechny hlodavce, jsou silně vyvinuté první řezáky (hlodáky). V každé polovině čelisti je vždy jeden, celkem tedy proti sobě stojí těsně vedle sebe 2 řezáky v horní a 2 v dolní čelisti. Jejich vlastností je jednak stálý růst, jednak je přední strana každého z nich pokryta tvrdou sklovinou, zatímco zadní strana (jazyková) je tvořena poměrně měkkým dentinem. Řezáky jsou hlavním pracovním nástrojem bobra, přední strana zubu odolává obrušování, zatímco zadní se s užíváním sbrušuje. Vzhledem k tomu, že bobrům v obou čelistech chybí další řezáky a špičáky, vzniká za hlodáky mezera, zvaná diastema, vytvářející v ústní dutině velký prostor, který může hlodavec využít při přenášení potravy a jednak jej může při hlodání uzavřít a tak bránit pronikání hlodaného materiálu do ústní dutiny. Za diastemou u bobra následuje jeden premolár a tři moláry (Zeida et al. 2002). Vzácně může být přítomen navíc jeden třenový zub (Pillieri, 1983).

**SKLADBA ZUBU** – Zuby jsou jako u všech savců tak i u bobra tvořeny objemnou částí – korunkou, která je povlečená emailem a kořenem, který je potažen cementem a vsazen do zubního lůžka. Kořen se dále zužuje v hrot kořene. Horní část kořene je uložena nad okrajem aleveolu a odpovídá zhruba připojení dásně k zubu. Uvnitř zubu je dutina, která je v rozsahu korunky prostorná a v oblasti kořene je úzká a vyúsťuje na hrotu kořene otvůrkem, jenž slouží pro vstup cév a nervů. Procesem stárnutí se zubní dřevina v zubech zmenšuje a je nahrazována dentinem (Dostálová et Seydlová 2008).

Skladební části zubu lze dělit na tvrdé a měkké. Tvrdé tkáně (dentin, email, a cement) jsou vysoce mineralizované, pevné a v podstatě neživé. Měkké tkáně (pulpa a ozubice) jsou opatřeny cévami, a proto tkáně živé (Zrzavý, 1978). Zubovina, dentin je základní skladebnou částí zubu, ohraničuje dřevinnou dutinu i kanálek kořene. Dentin je složen z organické a anorganické části. Anorganická část

dentinu je tvořena množstvím anorganických kostí, které jsou tvrdší než kost. Dentin kořene je měkčí než v korunce, neboť je nejmladší a má menší podíl anorganických solí. Konstruktivně je tvořen lamelami a po dobu růstu kořene se dentin tvoří aposicí nových lamel na vnitřní straně dřeňové dutiny, která se tak neustále zmenšuje. Sklovina zubní, email kryje dentin v rozsahu korunky a je nejtvrďší hmotou v těle (Zrzavý, 1978). Cement je tvrdá zubní substance pokrývající kořen zubu (Dostálová et Seydlová 2008).

STANOVENÍ VĚKU U JEDINCŮ MLADŠÍCH DVOU LET DLE ERUPCE A VÝVOJE ZUBŮ – Ještě neabradované boční zuby bobra mají korunku ze všech stran pokrytou vrstvou skloviny, tak jak tomu je u zubů jiný savců. Teprve pokračující abrazi vzniká typická podoba stoliček bobra se střídající se strukturou skloviny a zuboviny. Email tvoří pevnou masu, která poskytuje tvrdou brusnou plochu v koruně každého zubu. Naopak dentin dostatečně neodolává usuře, protože má malou tvrdost díky vysokému podílu organických látek, tak se vytvoří prohlubeniny mezi sklovinou (Piechocki et Stiefel 1977). U molárů a premolárů bobra se pokračujícím opotřebením vytvoří jedna mesiální a tři laterální sklovinové smyčky, které mají dvě hrany. Boční zuby jsou tedy vytvořeny ze šesti podélných lišt skloviny a vrstev dentinu mezi něž se během vývoje zubu usazuje cement, který také podléhá abrazi rychleji než email (Nostrand et Stephenson 1964).

U 1 měsíc starého zvířete jsou již podstatné pokroky ve vývoji chrupu. Řezáky plní svou funkci jen krátce, ale jsou již lehce abradovány. U horních řezáků již na dorsální straně existuje hrana skusu a u dolních řezáků teprve vzniká. Ve spodní čelisti mají pm kompletně vytvořeny dva linguální a jeden vestibulární kořen. V horní čelisti mají pm jeden silný kořen na straně patra a 2 vestibulární kořeny. Jedinými vícekořenými zuby u bobra jsou premoláry. Kořeny jsou daleko od sebe a mezi nimi se vyvíjí PM. M1 roste do délky a ve funkci je jen krátkou dobu, což se projevuje malou abrazi žvýkací plošky. M2 se nachází ještě uvnitř dásní a u M3 není patrná žádná mineralizace (Piechocki et Stiefel 1977).

Ve 4 měsících jsou M3 asi z poloviny mineralizovány a začínají se prořezávat. Kořeny pm jsou otevřené a rostou do větší hloubky. M1 vykonává spolu s pm hlavní kousací funkci a tyto oba zuby mají největší žvýkací plošku (Piechocki et Stiefel 1977).

V 6 měsících jsou všechny tři stoličky plně prořezány a u M3 se postupně začínají vytvářet okluzní plošky a na konci šestého měsíce jsou téměř plně funkční (Nostrand et Stephenson 1964; Piechocki et Stiefel 1977). Dvojitě zakořeněný mléčný premolár se jeví jako čepička objevující se na trvalém premoláru (Nostrand et Stephenson 1964).

V 7. a 8. měsíci je M3 plně zapojen do své funkce a jeho žvýkáci ploška dosáhla svého maximálního rozměru (Piechocki et Stiefel 1977, Stiefel et Piechocki 1986).

U 12–16 měsíců starých bobrů je již PM s jedním kořenem plně prořezán (Nostrand et Stephenson 1964). Největší žvýkáci plošku má stále ještě M1 a M2 (Piechocki et Stiefel 1977).

V 17 měsících je PM již silně abradován a stává se zubem s největší žvýkáci ploškou v celém chrupu (Piechocki et Stiefel 1977).

Asi v 19 měsících mají všechny zuby plně vyvinuty okluzní plošky. Avšak růst kořene ještě pokračuje několik dalších let. Od tohoto věku také už bobr není na základě makroskopických dentálních vlastností od starších jedinců svého druhu rozlišitelný. Určení věku starších zvířat je dále možné podle stupně uzavírání bazální dutiny kořene zubu, k tomu však musí být zub odstraněn z čelisti. (Piechocki et Stiefel 1977). U 1–2 roky starých zvířat je u M1 bazální dutina kořene zubu zcela otevřená, ale s přibývajícím věkem postupně snižuje svou velikost aposicí nových lamel dentinu na vnitřní a ukládáním cementu na vnější (Nostrand et Stephenson 1964).

STANOVENÍ VĚKU U JEDINCŮ STARŠÍCH DVOU LET DLE DEPOZIC CEMENTOVÝCH VRSTEV – U 2½–3letých je deponována první cementová vrstva na vnější straně basální dutiny kořene (Nostrand et Stephenson 1964, Stiefel et Piechocki 1986).

Během 4 roku života bobra nános cementu zcela uzavírá basální otvor kořene první stoličky, ačkoli malé otvory mohou zůstat u jiných bočních zubů až do 4 let (Nostrand et Stephenson 1964).

U 4½–5 let jsou všechny basální otvory kořene uzavřeny a na všech stoličkách jsou usazeny tři cementové vrstvy. Cement je stále usazován v každoročních vrstvách během celého života zvířete. Každoroční cementová vrstva

se sestává z široké letní vrstvy a obvykle užší, světleji zbarvené zimní vrstvy (Nostrand et Stephenson 1964, Stiefel et Piechocki 1986).

Díky stále postupující abrazi dochází k postupné redukci skloviny a dentinu, až do té míry, že je tato struktura okluzální plošky zubů plně nahrazena apikální depozicí cementu a tento sekundární cement slouží k dlouhodobé kompenzaci a účastní se přímo žvýkání. Neustáleho vrstvení cementu se využívá k přesnému určování stáří dospělých bobrů (Piechocki et Stiefel 1977).

Konečný věk jedince je určen spočtením deponovaných cementových vrstev a přičtením hodnoty dvě (Nostrand et Stephenson 1964).

#### STANDARTNÍ VĚKOVÁ KRITÉRIA PRO JEDNOTLIVÉ VĚKOVÉ TŘÍDY DLE NOSTRADA ET STEPHENSONA (1964):

- 6 měsíců: plně prořezány všechny moláry, a u M3 se postupně začínají vytvářet okluzní plošky a na konci šestého měsíce jsou téměř plně funkční.
- 1–1 ½ rok: primární třenový zub pokud je přítomen, překrývá stálý třenový zub.
- 2–2½ roky: bazální otvor kořene molárů a premolárů je zcela otevřen.
- 2½–3 roky: bazální otvor kořene M1 je již značně omezen. Bazální dutina třenového zubu má typicky dva otvory, zatímco druhé a třetí stoličky mají jen jeden malý omezený bazální otvor. Podélný řez ukazuje první vrstvu cementu na bázi všech stoliček.
- 3½–4 roky: bazální otvor kořene M1 první stoličky je plně uzavřen. Druhá vrstva cementu je deponovaná na všech bočních zubech líce.
- 4½–5 let: bazální dutiny všech zubů jsou úplně uzavřené a je usazena třetí cementová vrstva.

#### STANDARTNÍ DENTÁLNÍ KRITÉRIA PRO JEDNOTLIVÉ VĚKOVÉ SKUPINY DLE WILLIAMSONA (1959):

Mladší 1 roku: dočasný premolár je dvojitém zakořeněn a je vytlačován premolárem trvalým, který je zakořeněn dvojitém. Dočasný premolár se jeví jako bílá čepička přes stálý třenový zub a je zcela vytěsněn kolem jednoho roku. PM má čtyři lingulární a dvě labiální rýhy. Korunka PM je nižší než korunka M1. U premoláru není patrná žádná abraze. M1 má jeden kořen, čtyři lingulární a dvě labiální rýhy. Na korunce M1 je patrná počínající abraze.



- 1 rok: stálý třenový zub je plně prořezán a je u něj viditelná počínající abraze. Okraje rýh u M1 jsou patrné jen na horní části zubu. Délka moláru se zvětšuje růstem báze. Vnější části externích rýh se prodlužují směrem dolů a obklopují spodní část zubu. Vnitřní rýhy se prodlužují směrem dolů a tvoří hluboké dutiny s otevřenými bázemi. M3 dosahuje téměř stejné výšky jako M1 a M2.
- 2 roky: korunka PM, M1, M2 a M3 se protahuje. Okraje rýh u M1 jsou viditelné jen na horní části zubu. Vnější části externí rýh spodní části zubu se prohlubují. Bazální otvor kořene zubu je sice ještě otevřen, ale viditelně zmenšen usazováním cementu na vnější části.
- 3 roky: báze kořene zubu u M1 je zcela uzavřena zpravidla těsně pod či na dorsální lince zubu.
- 4 roky: okraje rýh u M1 jsou jen slabě viditelné na korunce zubu. Deponovaný cement na bázi kořene zubu M1 se rovná jedné třetině délky zubu.
- 5 let: deponovaný cement na bázi kořene zubu M1 se rovná jedné polovině délky zubu.
- 6 let: okraje rýh u M1 již nejsou patrné. Cement na bázi kořene zubu M1 se usadil více než na tři čtvrtiny délky zubu.
- 7 let: zubní lůžko u M1 se jeví jak mělká jamka v čelisti. Celý M1 se sestává z pevné masy cementu se stopou skloviny a zuboviny na koruně.

#### STANDARTNÍ DENTÁLNÍ KRITÉRIA PRO JEDNOTLIVÉ VĚKOVÉ SKUPINY DLE PIECHOCKIHO (1986):

- 0–5 měsíců: dočasný premolár je přítomen, M3 se nenachází v okluzi.
- 6–12 měsíců: dočasný premolár je přítomen, M3 je částečně abradován.
- 12–16 měsíců: trvalý premolár nastupuje do okluze.
- 17–30 měsíců: všechny trvalé zuby jsou přítomny, bazální otvory kořenů jsou otevřeny.
- 3–7 let: zuby jsou lehce abradovány, bazální otvory kořenů jsou uzavřeny.
- 7–12 let: u zubů je patrná větší abraze, místy dochází k resorpci alveolárních okrajů.
- starší 12 let: zuby silně abradované, resorpce alveolárních okrajů, vypadávání zubů.

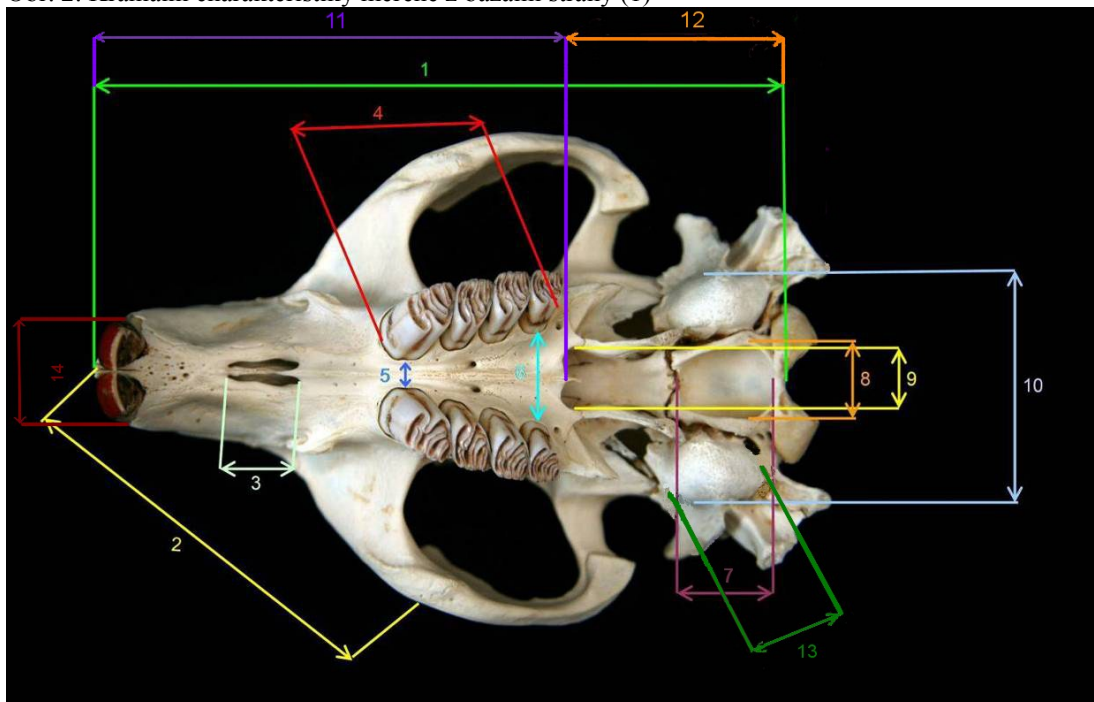
Ad 2d) KRANIOMETRICKÉ ANALÝZY – k zařazení jedinců bobra lze také využít rozměrů lebky odebíraných v soustavě ustálených měrných bodů.

Seznam kraniálních rozměrů používaných Frahnertem et Heideckem (1992) a Frahnertem (2000):

1. Kondylobasální délka – vzdálenost mezi Prosthionem (mezi předními řezáky na okraji alveolárního výběžku) a prohlubní mezi týlními hrboly (obr. 2).
2. Vzdálenost od Prosthionu ke spoji švu zygomaticomaxillaris s margo facialis maxila (obr. 2).
3. Délka foramen incisivum – délka otvoru na tvrdém patře (obr. 2).
4. Délka horní řady zubů (longitudo ordinis superioris dentinum) – nejkratší vzdálenost od předního okraje alveoly P4 k zadnímu okraji M3 (obr. 2).
5. Šířka mezi okraji alveol premolárů (obr. 2).
6. Šířka mezi okraji alveol posledních molárů (obr. 2).
7. Délka týlního otvoru (obr. 2).
8. Šířka týlního otvoru (obr. 2).
9. Šířka otvoru nosní dutiny (choana) (obr. 2).
10. Šířka dvou bubínkových výdutí – nejkratší vzdálenost mezi dvěma postranními hranami bubínkových výdutí (obr. 2).
11. Vzdálenost od Prosthionu k Staphylionu (bod na hrotu zadní hranice tvrdého patra) (obr. 2).
12. Vzdálenost mezi prohlubních týlních hrbolů a Staphylonem (obr. 2).
13. Šířka bubínkové výduti (obr. 2).
14. Šířka obou řezáků (obr. 2).
15. Šířka nosních kostí – největší vzdálenost mezi postranními hranami nosních kostí (obr. 3).
16. Délka od přední hrany nosní kosti ke spoji švu incisivomaxillaris s hranou kosti lící (margo facialis maxila) (obr. 3).
17. Vzdálenost od nejširší části nosní kosti po její nejbližší konec (obr. 3).
18. Délka nosních kostí – vzdálenost mezi předním a zadním okrajem nosních kostí (obr. 3).
19. Meziocní šířka – nejmenší vzdálenost mezi processus postorbitalis a výběžku kosti lící (obr. 3).

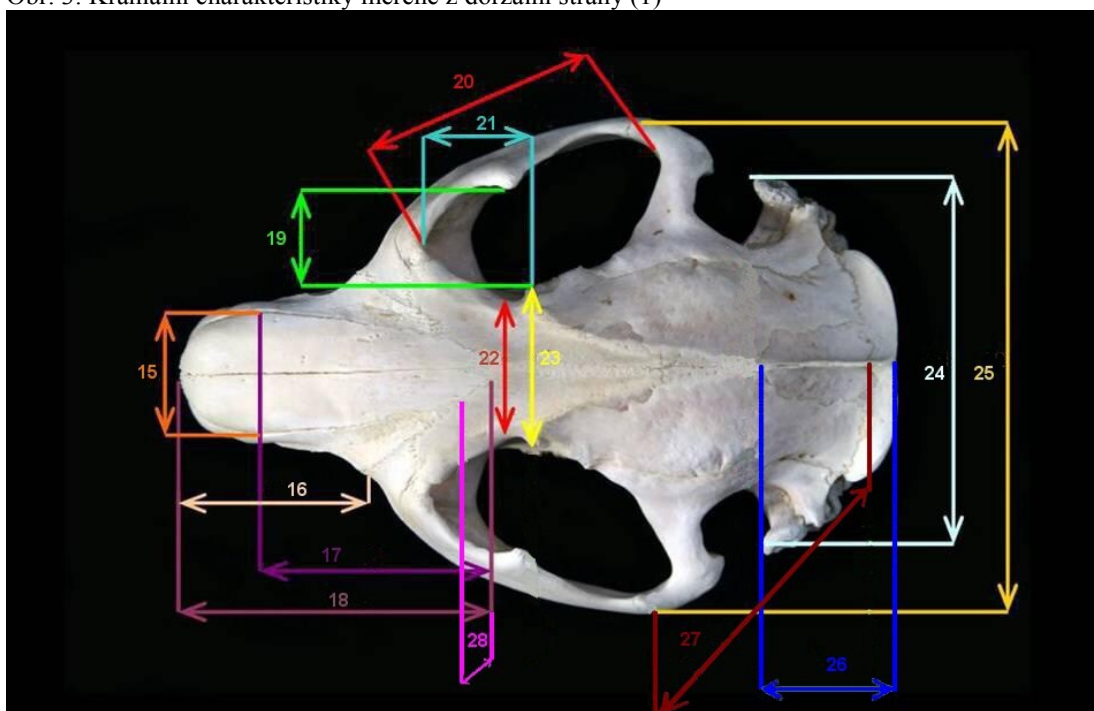
20. Vnitřní délka jařmového oblouku (obr. 3).
21. Vzdálenost od kosti slzní (os lacrimale) k zadnímu okraji nadočnicových výběžků (processus postorbitalis) (obr. 3).
22. Šířka meziočnicového zúžení – nejkratší vzdálenost mezi horními kraji očnic (obr. 3).
23. Šířka čela – vzdálenost mezi postranními hranami processus postorbitalis (obr. 3).
24. Šířka dvou zvukovodů – největší vzdálenost mezi dvěma postranně ležícími zvukovody (obr. 3).
25. Zygomatická šířka lebky (latitudo zygomatici) – největší šířka na jařmových obloucích (obr. 3).
26. Délka sagitálního hřebenu (obr. 3).
27. Vzdálenost od nejširšího bodu jařmového oblouku k zadnímu okraji os interparietale (obr. 3).
28. Délka nosní kosti v kosti čelní – vzdálenost kaudálně položených bodů nosních kostí od spoje sutura nasofrontalis (obr. 3).
29. Vzdálenost mezi dvěma postranními body bradavkových výběžků kosti spánkové (processus mastoideus) (obr. 4).
30. Šířka velkého týlního otvoru – nejkratší vzdálenost mezi postranně ležícími body týlního otvoru (foramen magnum) (obr. 4).
31. Výška šijové roviny – vzdálenost od akrokrania po opisthion (zadní střední bod velkého týlního otvoru) (obr. 4).
32. Týlní výška lebky (obr. 4).
33. Výška dolní čelisti – kolmá vzdálenost mezi nejnižše položeným bodem úhlu dolní čelisti a vrcholem svalového výběžku (obr. 5).
34. Délka dolní řady zubů – vzdálenost mezi předním okrajem alveoly premoláru po zadní okraj posledního moláru (obr. 5).
35. Šířka bazální části nosního otvoru – vzdálenost mezi postranními okraji báze nosního otvoru (obr. 6).
36. Šířka nosního otvoru – největší vzdálenost uvnitř nosního otvoru (obr. 6).
37. Meziočnicová šířka – nekratší vzdálenost mezi oběma foveolae trochleares (obr. 7).

Obr. 2: Kraniální charakteristiky měřené z bazální strany (1)



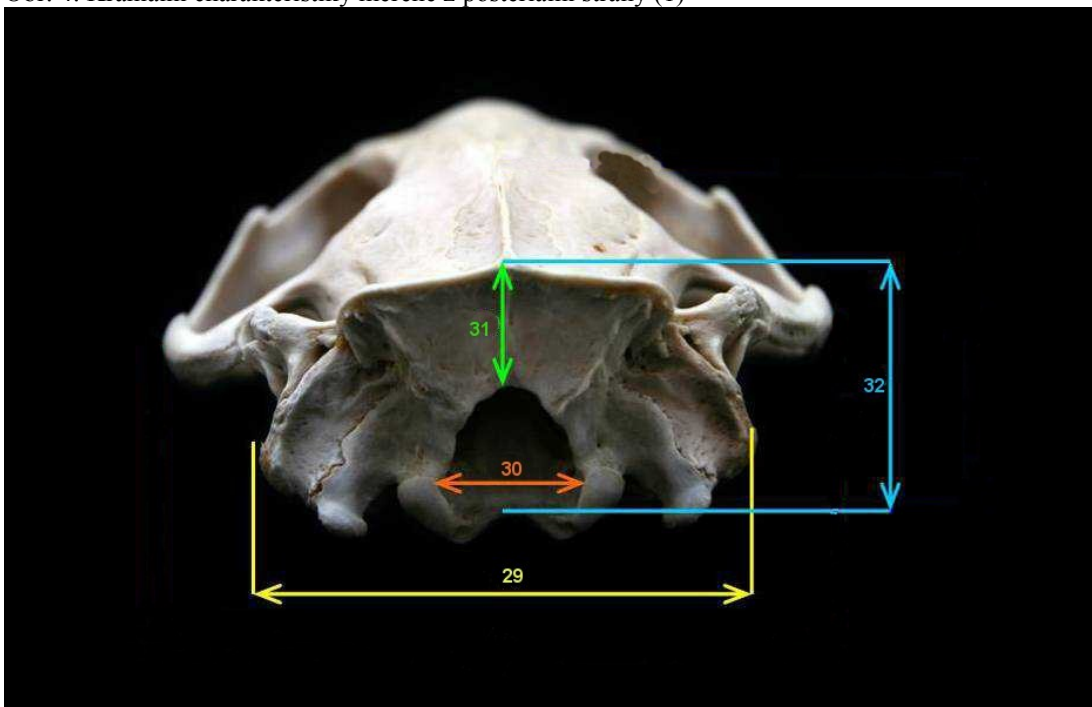
Zdroj: Závěrečná zpráva grantu (Vorel et al. 2009) – upraveno

Obr. 3: Kraniální charakteristiky měřené z dorzální strany (1)



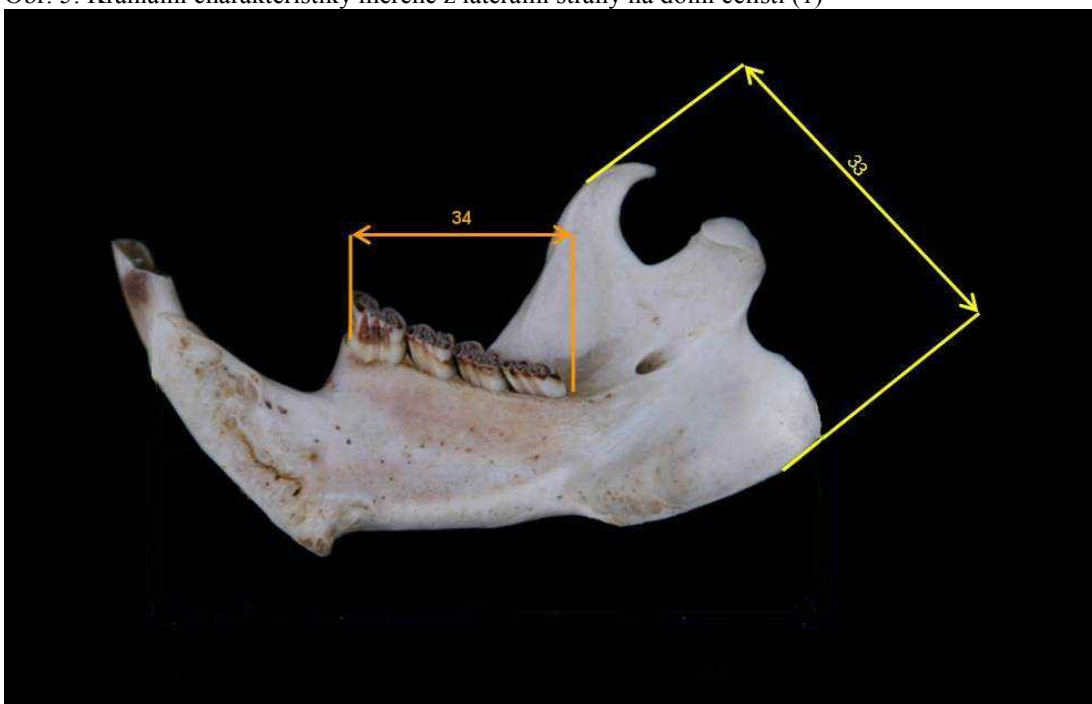
Zdroj: Závěrečná zpráva grantu (Vorel et al. 2009) – upraveno

Obr. 4: Kraniální charakteristiky měřené z posterální strany (1)



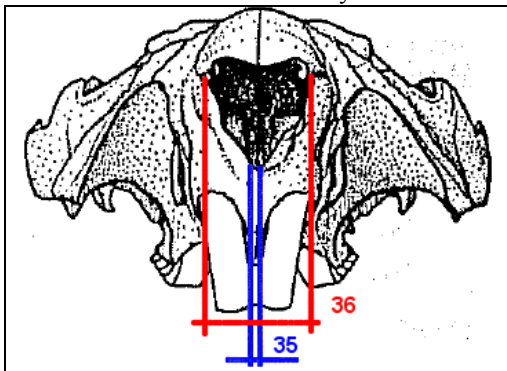
Zdroj: Závěrečná zpráva grantu (Vorel et al. 2009) – upraveno

Obr. 5: Kraniální charakteristiky měřené z laterální strany na dolní čelisti (1)



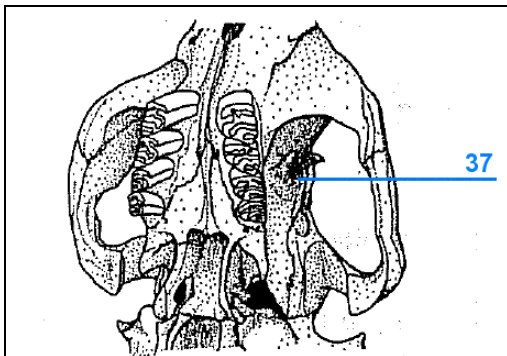
Zdroj: Závěrečná zpráva grantu (Vorel et al. 2009) – upraveno

Obr. 6: Kraniaální charakteristiky měřené z frontální strany



Zdroj: Wachstumsbedingte Proportionsveränderungen am Schädel des Bibers (Frahnert, 2000)

Obr. 7: Mezičnicová šířka



Zdroj: Kraniaometrische Analyse eurasischer Biber (Frahnert et Heideck 1992)

Jednotlivé kraniaální rozměry zmíněné výše v souboru obecně užívaných měření se liší schopností korelace metrických změn s růstem věku jedince bobra. A čím více mezi sebou tyto faktory korespondují, tím se zvyšuje jejich vypovídací hodnota. Obecně mnoho autorů pro standardizaci dat k stanovení stáří bobra používá kraniaálních rozměrů (Rosell et al. 2010) a nejvíce užívanými jsou kondylobasální délka a zygomatická šířka lebky. Kraniaální rozměry používali také Frahnert et Heidecke (1992) k rozlišení poddruhů a Troszynski (1975) k rozlišení mezi druhy.

Piechocki (1986) zjistil u jednotlivých věkových kategorií sumu těchto rozměrů 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 (více jak 12 let): 264–278 mm

Friley (1949) stanovil pro kraniální rozměry (zygomatická šířka lebky (LAZ)), délka spodní čelisti (LMd) a výška dolní čelisti (Amd)) průměrné hodnoty v jednotlivých věkových kategoriích takto:

I) jednoletí: LAZ = 79,7 mm

LMd = 88,1 mm

Amd = 50,4 mm

II) dvouletí až tříletí: LAZ = 92,1 mm

LMd = 100,2 mm

Amd = 58,2 mm

III) čtyřletí a starší: LAZ = 100,0 mm

LMd = 107,5 mm

Amd = 62,9 mm

### 3.3.4 Určování pohlaví

- a) identifikace pohmatem u samců, tzv. „palpací bacula“ (Osborn, 1955);
- b) použití rentgenu, kdy je penisová kost na rentgenových snímcích dobře viditelná;
- c) dle rozdílnosti v konzistenci a barvě výměšků análních žláz (Parker et al. 2002);
- d) další metody – genetické metody (Kühn et al. 2002) nebo zjišťování pohlaví po smrti zvířete.

Ve všech případech určování pohlaví jedinců je nutné mít zvíře fyzicky k dispozici. Zjišťování pohlaví metodami analýzy DNA či použitím rentgenu je finančně a technicky náročné. Jako nejlepší metoda se osvědčila metoda založená na rozdílnosti v konzistenci a barvě výměšků análních žláz, hlavně u mláďat, kdy u samců není baculum osifikované. U samic je výměšek kašovitého charakteru a naředlé barvy, samci mají anální výměšek řidší a světlejší barvy (Rosell et Sun 1999).

## **5. Materiál a metodika**

### **5.1 Charakteristika srovnávaných území**

#### **5.1.1 Oblast jižní Moravy**

**VYMEZENÍ ÚZEMÍ** – Zájmová oblast se nachází na území jižní Moravy u nejj jižnějšího moravského města Lanžhot v okrese Břeclav. Územím protéká tok Kyjovka a řeky Morava a Dyje. Tyto dvě největší moravské řeky vytvářejí u svého soutoku devět kilometrů širokou údolní nivu s řadou mrtvých ramen, kterou pokrývá souvislý porost starého lužního lesa. Jedná se o jeden z nejrozsáhlejších lužních lesů v Evropě. Z hlediska produkce a biodiverzity jsou lužní lesy ojedinělé vegetační útvary, které patří k druhově nejrozmanitějším ekosystémům u nás. V oblasti se nacházejí dvě národní přírodní rezervace Cahnov – Soutok a Ranšpurk, důvodem jejich ochrany jsou především zachovalé fragmenty jihomoravského lužního lesa pralesovitého charakteru

**KLIMA** – Území náleží ke klimatické oblasti T4, která se vyznačuje teplým a suchým klimatem s průměrnou roční teplotou mezi 9–10°C. Průměrný počet letních dnů je v rozmezí 60–70 a průměrná červencová teplota se pohybuje mezi 19–20°C. Počet dní se sněhovou pokrývkou za rok je od 40 do 50 a průměrná teplota v lednu je zde od -2 až do -3° C. Průměrný úhrn srážek se pohybuje mezi 500–550 mm za rok (Tolasz et al. 2007).

**HYDROLOGICKÉ PODMÍNY** – V okolí zájmové území se nacházejí řeky Kyjovka a nivy řek Moravy a Dyje. Hydrologické poměry území jsou dány především rozkolísaností průtoků vody v obou řekách během celého roku. Důležitým faktorem hydrologie tohoto území je propojení stavu vody v řekách s podzemními vodami proudícími v štěrkopískových sedimentech. Obě nivy jsou tak zásobárnou kvalitních kvartérních pitných vod (Hrib et al. 2004).

#### **5.1.2 Vývoj populace bobra na jižní Moravě**

První bobří migrovali na jižní Moravu z rakouské populace, která byla vytvořena z reintrodukcí probíhajících v letech 1976 až 1985 nedaleko Vídně



(Kostkan, 1999). V roce 1986 byly spatřeny bobří ohryzy na řece Jihlavě u Pohořelic, které byly zaznamenány i dále proti proudu u Ivančic, Hrubšic a Dalešic. Zanedlouho po těchto nálezech byl nalezen mrtvý exemplář bobra v kolejišti u Dačic. Poblíž Lednice, na starém rameni Dyje byly v roce 1988 objeveny ohryzy a skluzy asi dvou jedinců bobra a v následujících letech byly nalézány i další pobytové známky bobra (Zajíček et Vlašín 1992), proto lze konstatovat, že od tohoto roku, zde existuje stálá populace bobra. Tato populace se také rychle a úspěšně začla šířit proti proudu řeky Moravy a Dyje (Zajíček et Vlašín 1992) a mezi lety 1995–1998 se u Zlína setkala s bobry reintrodukovanými v Litovelském Pomoraví (Kostkan, 1999).

### **5.1.3 Oblast Českého lesa**

**VYMEZENÍ ÚZEMÍ** – Český les je chráněnou krajinou oblastí o rozloze 473 km<sup>2</sup>, která je tvořena částí pohraničního pohoří Českého lesa, rozkládající se od Broumova po Folmavu v celkové délce 65 km rozdělená Kateřinskou kotlinou na menší, zhruba třetinovou severní a dvoutřetinovou jižní část. Průměrná nadmořská výška oblastí se pohybuje mezi 700–800 m.n.m. Území je tvořeno lesními porosty ve vyšších polohách a rozsáhlými slatiništi v okolí údolních niv toků Radbuzy, Nemanického a Kateřinského potoka. Na území českého lesa také nalezneme Národní přírodní rezervaci Čerchovské hvozdy a Národní přírodní památku Na požárech (Dudák et al. 2005).

**KLIMA** – Většina území Českého lesa patří do mírně teplého klimatu, to se vyznačuje mírným jarem i podzimem, mírně vlhkým létem, a zima je suchá s mírnými teplotami. Polohy nad 700 – 800 m n. m. náleží podle klasifikace klimatických oblastí ČR do klimatu chladného, pro tuto oblast je charakteristické velmi krátké až krátké léto, mírně chladné a vlhké, jaro je mírně chladné, podzim je mírný, zima je dlouhá, mírná, mírně vlhká. Průměrné roční teploty se pohybují kolem 8°C. Průměrné teploty v červenci jsou v rozmezí od 14 do 18°C. Minimální teploty v lednu jsou od -2 až do -4°C. Z pohledu srážkové charakteristiky leží území na východním úpatí ve srážkovém stínu, v průměru se 640 mm srážek (Dudák et al. 2005).

HYDROLOGIE – Český les náleží ke dvěma úmořím, což je dáno, že voda z jeho území odtéká do Severního moře (povodí Labe). Severní část Českého lesa je odvodňováno výhradně do Severního moře, ale probíhá zde rozvodnice oddělující povodí Ohře od povodí Mže. Střední část Českého lesa probíhá hlavní evropské labsko – dunajské rozvodí, které má v této oblasti zhruba severojižní směr (Dudák et al. 2005).

#### **5.1.4 Vývoj populace bobra v Českém lese**

Původ populace v Českém lese lze spatřovat v migrantech z bavorských reintrodukcí probíhajících v letech 1966–1970, jelikož většina zde vysazovaných bobrů pocházela z Polska, je velmi pravděpodobné, že se jedná o poddruh *C. f. vistulanus* (Šafař, 2002). Nejprve byla bobry osídlena řeka Radbuza, její ramena a přítoky, což dokládá v roce 1985 nalezený obsazený hrad (Červený et al. 2000). Od toho roku zde existují známky o nepřetržitém výskytu bobra. V roce 1990 se bobři objevili na Kateřinském potoce a poté byly jejich pobytové známky nalezeny i na Hraničním a Nivním potoce (Kůs, 1999).

#### **5.2 Odchyty**

Zvířata byla odchyťována pomocí živochytných pastí typu Hancock, které byly umístěny do míst s intenzivním pohybem bobrů. Všichni jedinci byli zváženi a změřeni. Měřena byla celková délka těla, délka ocasu, délka šupinaté části ocasu, šířka ocasu v jeho nejširší části, délka nohy a délka ušního boltce. U polapených jedinců také proběhlo určení pohlaví na základě výměšku barvy análních žláz.

Odchyty byly prováděny během let 2004 až 2009 celkem ve čtyřech lokalitách výskytu bobra, a to v oblastech povodí Labe, v Litovelském Pomoraví, v Českém lese a na jižní Moravě. Poslední dvě jmenované lokality jsou územím s největšími a nejvýznamnějšími populacemi bobra, a proto také byla jejich věková kompozice porovnávána.

### **5.3 Sběr metristických charakteristik**

Odchycení jedinci byli zváženi pomocí elektronické závěsné váhy, od celkové váhy byla vždy odečtena váha klece, ve které byla zvířata vážena. Chyba vážení byla asi 0,5 kg. Dále byly všem odchyceným jedincům odebírány vnější rozměry. Byla měřena délka jejich těla (od čumáku po rektální otvor), délka ocasu (od řitního otvoru po konec ocasu), délka šupinaté části ocasu (od konce ocasu po začátek ochlupení), šířka ocasu v jeho nejširší části, délka zadní nohy (od nejdelšího prstu po zalomený patní kloub) a délka ušního boltce (od konce bolce po vnitřní okraj vnějšího zvukovodu). Chyba měření u vnějších rozměrů byla asi 0,5 cm.

### **5.4 Dentální charakteristiky**

K dispozici bylo celkem 51 lebek, u kterých byla provedena sekce premolárů a molárů. Podle vývoje premolárů byli určeni jedinci do věku 2 let. Pokud byl již PM plně prořezán, přistupovalo se k determinaci věku jedince dle usazených cementových vrstev prvního moláru. Z prvního moláru byl připraven mikroskopický preparát jeho řezem. Za pomocí mikroskopu potom byly sečteny jednotlivé vrstvy cementu, které se sestávaly z široké letní vrstvy a užší světleji zbarvené vrstvy zimní (Nostrand et Stephenson 1964, Stiefel et Piechocki 1986). Konečný věk jedince byl tedy určen spočtením deponovaných cementových vrstev a přičtením hodnoty dvě, jelikož první vrstva je usazována kolem 3 roku života bobra (Nostrand et Stephenson 1964).

Mikroskopické řezy prvních molárů byly vyhotoveny na objednávku Ústavem patologické morfologie a parazitologie na Veterinární a farmaceutické univerzitě Brno. Zuby byly odvápněny v kyselině mravenčí, pak se odvodnily v autotechnikonu, následně byly zalévaly do celoidinu. Takto připravené vzorky se krájely sáňkovým mikrotonem, nabarvily a fixovaly na sklíčko (J. Aláčková, pers. comm., III. 2010).

### **5.5 Kraniální rozměry**

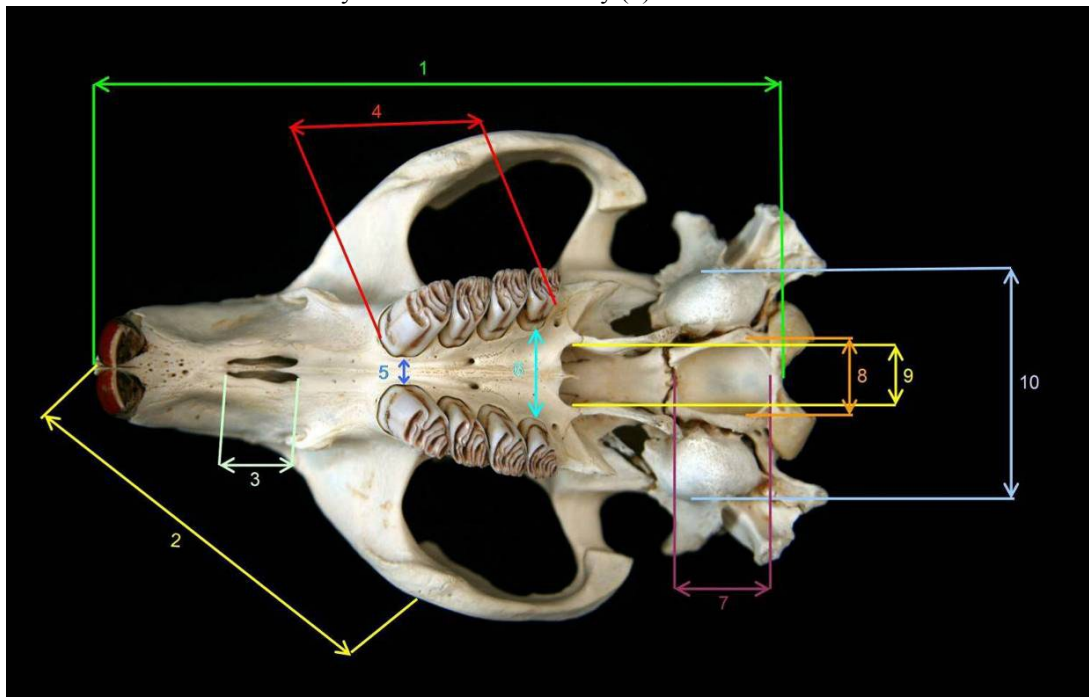
Z 51 lebek bylo ze soustavy ustálených měrných bodů odebráno celkem 33 charakteristických rozměrů. Měření bylo prováděno posuvným měřítkem s přesností  $\pm 0,5$  mm. Jelikož je lebka bobra evropského stejně jako jiného vodního či

semiaquatilního savce asymetrická, rozměry byly měřeny pro každou stranu lebky zvlášť. Pokud byly pro každou stranu lebky zjištěné rozdílné hodnoty, byl udělán z obou údajů dané měřené délky průměr.

1. LCB (longitudo condylobasalis) – vzdálenost mezi nejpřednějším okrajem mezičelisti (ossa incisiva) a prohlubní mezi týlními hrbolky (condylus occipitalis) (obr. 8)
2. Délka od přední hrany nosní kosti po spoj švu incisivomaxillaris s hranou kosti lícní (obr. 8)
3. Délka foramen incisivum – délka otvoru na tvrdém patře (obr. 8)
4. LOSD – délka horní řady zubů (longitudo ordinis superioris dentinum) – vzdálenost mezi předním okrajem alveoly premoláru po zadní okraj posledního moláru (obr. 8, 10)
5. Šířka mezi okraji alveol premolárů (obr. 8)
6. Šířka mezi okraji alveol posledních molárů (obr. 8)
7. Délka týlního otvoru (obr. 8)
8. Šířka otvoru nosní dutiny (choana) (obr. 8)
9. Šířka týlního otvoru (obr. 8)
10. Šířka dvou bubínkových výdutí (obr. 8)
11. Šířka nosních kostí – největší šířka mezi postranními hranami nosních kostí (obr. 9)
12. Délka od přední hrany nosní kosti po spoj švu incisivomaxillaris s hranou kosti lícní (obr. 9)
13. Vzdálenost od nejširší části nosní kosti po její nejbližší konec (obr. 9)
14. LN (longitudo nasalis) – délka nosních kostí – vzdálenost mezi předním a zadním okrajem nosních kostí (obr. 9)
15. Mezioční šířka – nejmenší vzdálenost mezi výběžkem na kosti čelní a na kosti lícní (obr. 9)
16. Vnitřní délka jařmového oblouku (obr. 9)
17. Vzdálenost mezi výběžkem kosti čelní a výběžkem u kosti slzní (obr. 9)
18. LaI (langitudo interorbitalis) – šířka meziočnicového zúžení – nejkratší vzdálenost mezi horními kraji očnic (obr. 9)
19. Šířka čela – vzdálenost mezi výběžky kosti čelní (obr. 9)
20. LaN (latitudo neurocranii) – spánková šířka lebky (obr. 9)

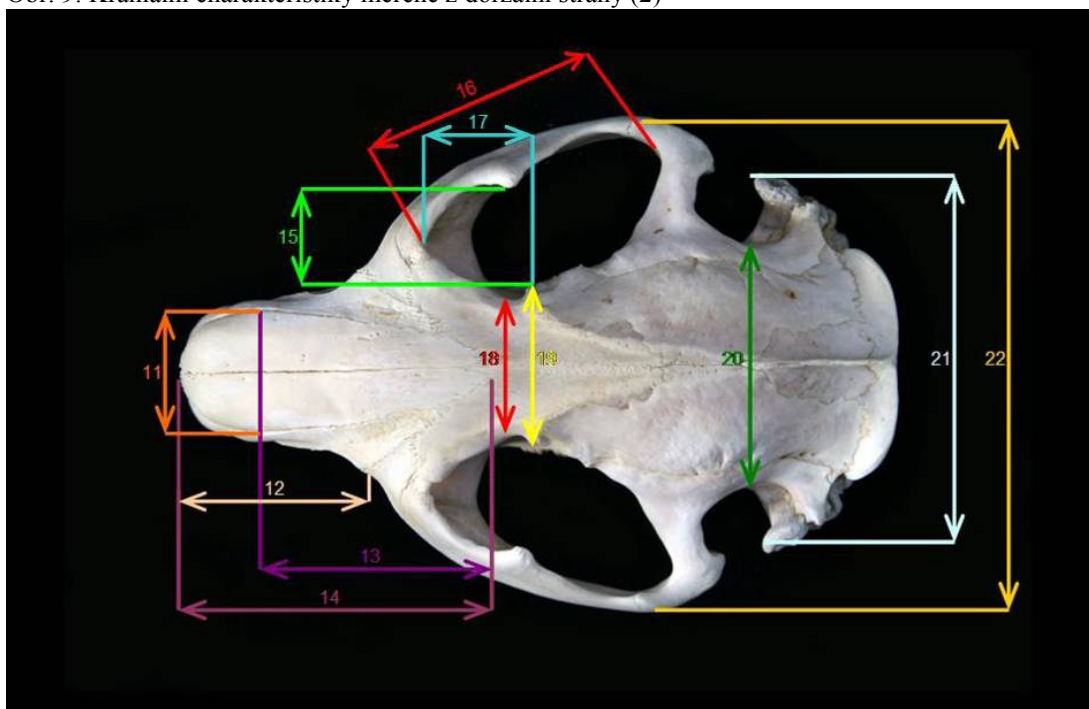
21. Šířka dvou zvukovodů – největší vzdálenost mezi dvěma postranně ležícími zvukovody (obr. 9)
22. LAZ – zygomatická šířka lebky (latitudo zygomatici) – největší šířka na jařmových obloucích (obr. 9, 11)
23. LCr – (longitudo cranii) – nejdelší délka lebky (od předního kraje nosních kostí po zadní výstupek sagitálního hřebene z dorzální strany) (obr. 10)
24. LCB (longitudo condylobasalis) – vzdálenost mezi nejpřednějším okrajem mezičelisti (ossa incisiva) a zadním okrajem týlních hrbolků (condylus occipitalis) (obr. 10)
25. LD – délka diastemy – rozestup mezi zuby měřený při okraji jejich alveol (obr. 10)
26. ACr – týlní výška lebky (longitudo cranii) (obr. 10, 11)
27. Výška lebky – vzdálenost od prohlubně mezi týlními hrbolky a středním bodem hrany spoje kosti temenní a mezitemenní (obr. 10,11)
28. LaM – vzdálenost mezi dvěma postranně ležícími body bradavkovitých výběžků kosti spánkové (processus mastoideus) (obr. 11)
29. Šířka velkého týlního otvoru – nejkratší vzdálenost mezi postranně ležícími body týlního otvoru (foramen magnum) – měřeno vodorovně ze zadní strany lebky (obr. 11)
30. Výška šijové roviny – vzdálenost od akrokrania po opisthion (zadní střední bod velkého týlního otvoru) (obr. 11)
31. LMd – délka dolní čelisti (longitudo mandibule) – vzdálenost od nejpřednějšího bodu dolní čelisti po zadní okraj úhlového výběžku (obr. 12)
32. LOID – délka dolní řady zubů (longitudo ordinis inferioris dentinum) – vzdálenost mezi předním okrajem alveoly premoláru po zadní okraj posledního moláru (obr. 12)
33. Amd – výška dolní čelisti – kolmá vzdálenost mezi nejnižše položeným bodem úhlu dolní čelisti a vrcholem svalového výběžku (obr. 12)

Obr. 8: Kraniaální charakteristiky měřené z bazální strany (2)



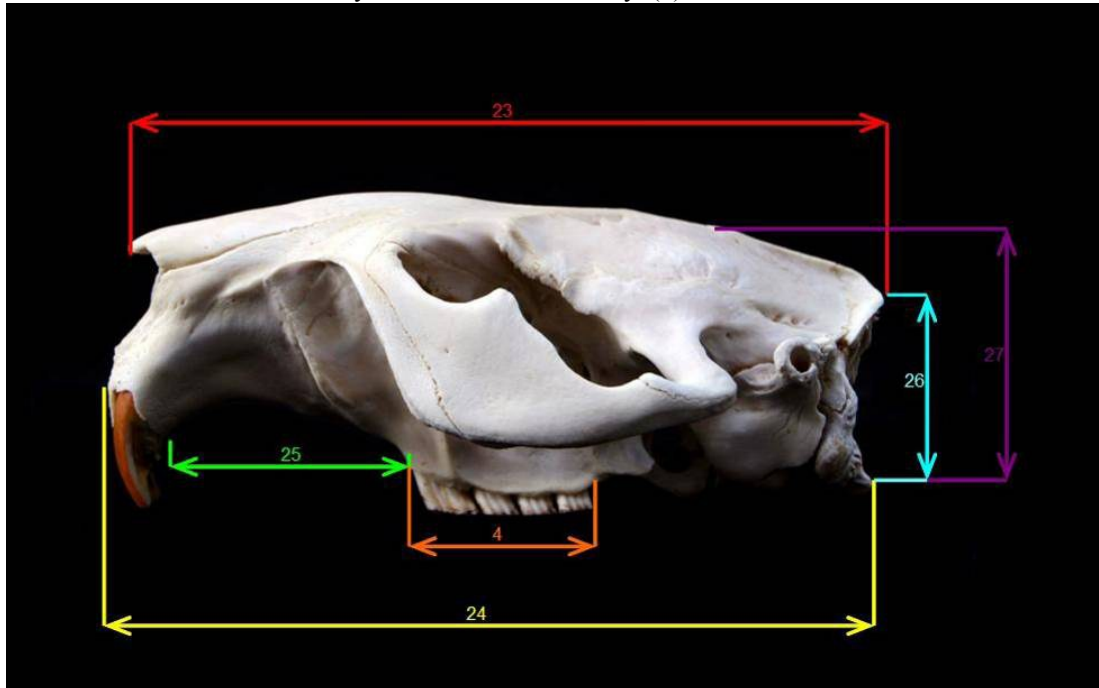
Zdroj: Závěrečná zpráva grantu (Vorel et al. 2009)

Obr. 9: Kraniaální charakteristiky měřené z dorzální strany (2)



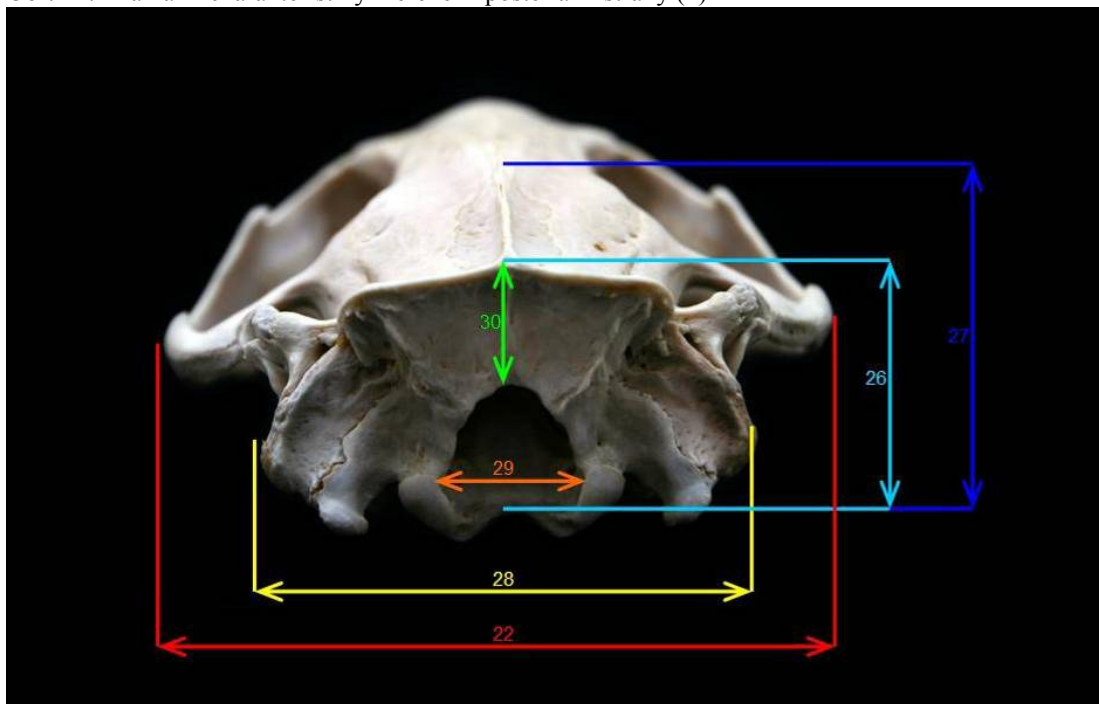
Zdroj: Závěrečná zpráva grantu (Vorel et al. 2009)

Obr. 10: Kraniální charakteristiky měřené z laterální strany (2)



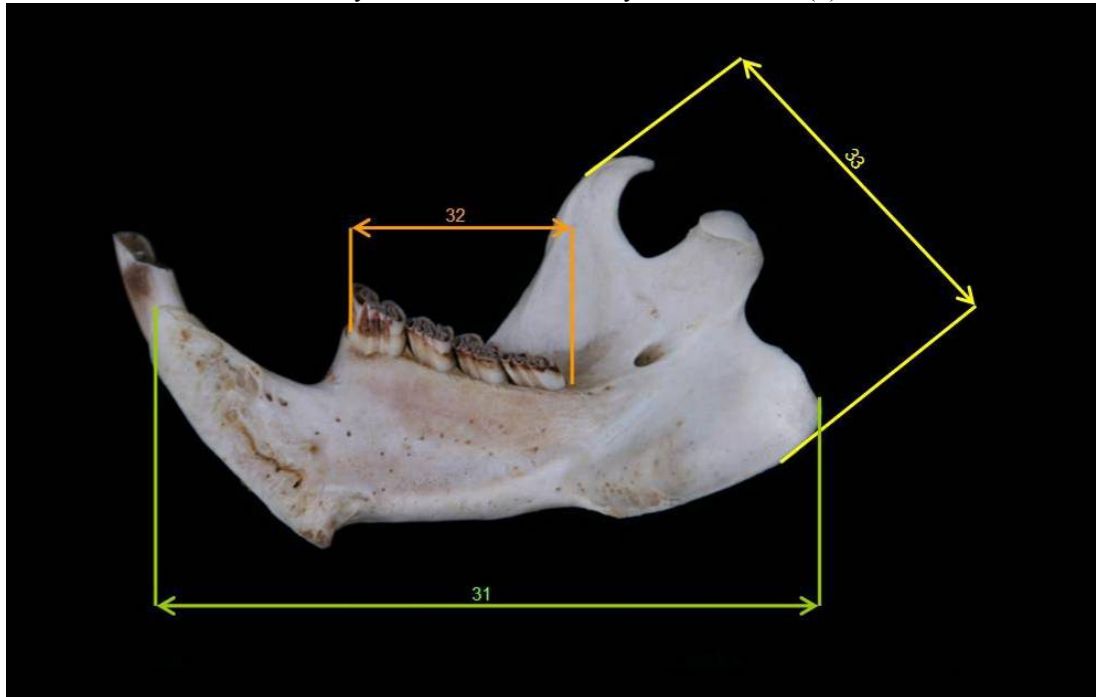
Zdroj: Závěrečná zpráva grantu (Vorel et al. 2009)

Obr. 11: Kraniální charakteristiky měřené z posteriální strany (2)



Zdroj: Závěrečná zpráva grantu (Vorel et al. 2009)

Obr. 12: Kraniální charakteristiky měřené z laterální strany na dolní čelisti (2)



Zdroj: Závěrečná zpráva grantu (Vorel et al. 2009)



## 5.6 Databáze

Veškerá získána data z odchycených živých jedinců, z kadáverů či lebek byla sumarizována do odchytové databáze KE FŽP ČZU. Informace z živých jedinců byly seříděny dle oblasti odchytu (jižní Morava, Český les, Labe, Litovelské Pomoraví) a každému odchycenému zvířeti bylo přiřazeno pracovní jméno a kód, dále byly zaznamenány jeho metristické charakteristiky, pohlaví a datum odchytu.

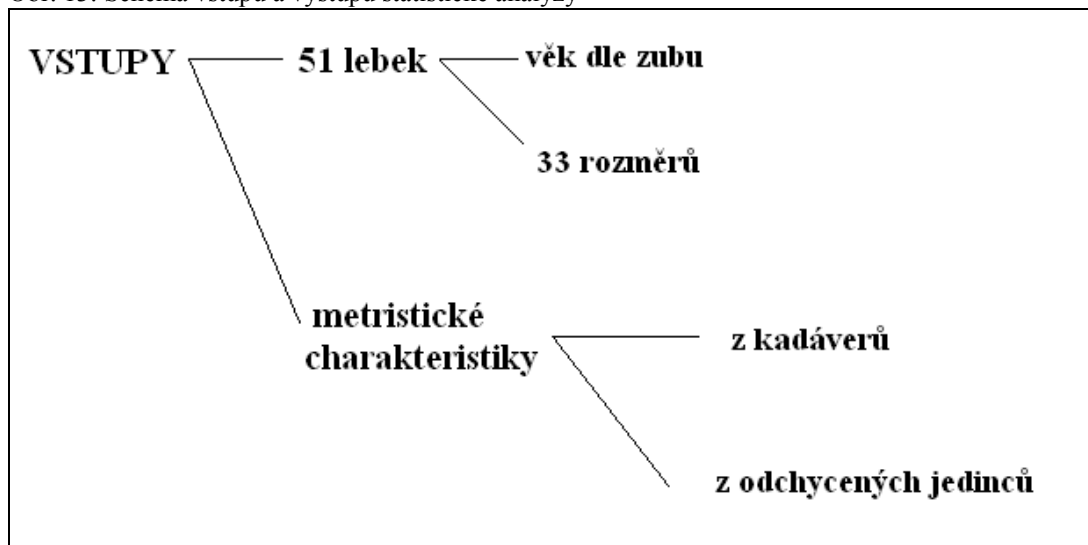
Druhou část odchytové databáze tvořily nalezené kadávery a zapůjčené lebky. U kadáverů proběhl nejprve odběr základních metristických charakteristik, poté byla provedena preparace lebek, u kterých bylo změřeno 33 základních rozměrů a věk byl určen dle stavu dentice. Údaje z těchto kadáverů byly propojeny přes stanovený věk, rozměry lebky a metristické charakteristiky, tyto informace tvořily výchozí vstup pro statistickou analýzu.

## 6. Analýza dat

### 6.1 Analýza dat k stanovení intervalů alometrických charakteristik u všech věkových kategorií

Soubor dat použitých ke statistickému rozboru pocházel z databáze KE FŽP ČZU. Primárními vstupy biometrické analýzy byly údaje zjištěné z 51 lebek mrtvých jedinců. Těmito soubory informací byly: věk krania, který byl určen dle vývoje zubů, a 33 charakteristických rozměrů, jež byly odebrány, pokud to stav zkoumaného materiálu dovolil, ze soustavy ustálených měrných bodů. Sekundárními vstupy byly metristické charakteristiky zvířat, jež byly získány jak z kadáverů, tak z odchycených živých jedinců (obr. 13). Mezi zaznamenávané metristické charakteristiky patřily: hmotnost, délka těla, délka ocasu, délka šupinaté části ocasu, šířka ocasu, délka nohy a délka ušního boltce. Jak u kadáverů, tak u odchycených jedinců nebylo vždy možné odebrat všechny výše zmíněné charakteristiky.

Obr. 13: Schéma vstupů a výstupů statistické analýzy



Celé statistické zpracování získaného souboru dat bylo provedeno v programu R 2.12.2 a lze jej rozdělit na dílčí části či kroky.

- 1) Regresní analýza věku a kraniálních rozměrů
- 2) Shluková analýza metodou CLARA
- 3) Regrese nejvíce signifikantního kraniálního rozměru s metristickými charakteristikami kadáverů
- 4) Shluková analýza metodou PCA

#### Ad 1) REGRESNÍ ANALÝZA VĚKU A KRANIÁLNÍCH ROZMĚRŮ –

Byl testován předpoklad zda, existuje závislost velikosti určitého kraniálního rozměru na stáří jedince bobra. Záměrem bylo nalézt nejtěsnější regresní vztah, na co nejvyšší hladině významnosti, mezi věkem a jedním z 33 kraniálních rozměrů, kdy každý z rozměrů lebky představoval nejkratší či nejdelší vzdálenost mezi soustavou ustálených měrných bodů na lebce bobra. Nulová hypotéza zněla tedy následovně:  $H_0$ : velikost žádného z kraniálních rozměrů není závislá na věku zvířete.

Vstupem pro tuto regresní analýzu byl věk lebek a 33 kraniálních rozměrů. K zjištěnému věku lebky dle zubu byla vždy přiřazena velikost konkrétních kraniálních rozměrů. Nezávislou proměnnou v tomto lineárním regresním modelu představoval věk a byl označen jako X. Závislou proměnnou zastupovaly jednotlivé rozměry krania a v modelu jim náležel symbol Y. V průběhu regresní analýzy byla prováděna logaritmická, exponenciální a mocninná transformace vstupních dat.

Ad 2) SHLUKOVÁ ANALÝZA METODOU CLARA – Vstupními daty pro tuto klusterovou analýzu byly věk a kraniální rozměry. Metodou CLARA byl nad hodnotami rozřazenými do tří shluků, z důvodu požadované klasifikace do tří kategorií (juvenil, subadult a adult), vytvořen graf obrysů shluků (Silhouette plot), kterým je posouzena kvalita zařazení hodnot do jednotlivých shluků. Z šířky obrysu pro jednotlivé hodnoty je možné vypočítat průměrné šířky obrysu pro jednotlivé shluky a podobně celkovou průměrnou šířku obrysu. Ta umožňuje posoudit kvalitu nalezené klasifikace. Když je hodnota mezi 0,71 a 1 vypovídá o nalezení silné klasifikační struktury, hodnota v rozmezí 0,7 a 0,51 o přijatelné struktuře, hodnota mezi 0,5 a 0,26 naznačuje slabší a možná umělé vztahy. Hodnota nižší než 0,26 znamená, že žádná výrazná klasifikační struktura nalezena nebyla (Rousseeuw et al. 1996).

Ad 3) REGRESE NEJVÍCE SIGNIFIKANTNÍHO KRANIÁLNÍHO ROZMĚRU S METRISTICKÝMI CHARAKTERISTIKAMI KADÁVERŮ – Výstupem regresní analýzy věku a 33 kraniálních rozměrů byl zjištěn rozměr s nejsilnější závislostí na věku. Změna ve velikosti tohoto rozměru nejtěsněji koresponduje se vzrůstajícím stářím jedince bobra a jako takovýto může být vhodným prediktorem věku bobra.

Vstupními daty této regresní analýzy byly metristické charakteristiky kadáverů a zmíněný kraniální rozměr. Pojítkem mezi těmito proměnnými byl zase věk, kdy k určitému věku kadáveru stanoveného podle vývoje zubu, byly přiřazeny jak velikosti kraniálních rozměrů, tak metristické charakteristiky. Nezávislou nebo-li vysvětlující proměnnou (X) v této části statistického rozboru byla velikost kraniálního rozměru. Jako závislé nebo-li vysvětlované proměnné (Y) byly označeny metristické charakteristiky. V průběhu regresní analýzy byla prováděna logaritmická, exponenciální a mocninná transformace vstupních dat. Účelem této regresní analýzy bylo najít nejtěsnější regresní vztah na co nejvyšší hladině významnosti mezi kraniálním rozměrem a metristickými charakteristikami. Proto byla testována tato nulová hypotéza: H<sub>0</sub>: žádná z metristických charakteristik není závislá na velikosti kraniálního rozměru.

Ad 4) SHLUKOVÁ ANALÝZA METODOU PCA – V procesu rozboru studovaných dat byly vstupy pro shlukovou analýzu metodou PCA nejsignifikantnější kraniální rozměr, zjištěný v prvním kroku a věk. Při této klusterové analýze bylo provedeno nehierarchické shlukování hodnot. Množina vstupních dat byla seskupena do tří podmnožin dle kritéria kraniálního rozměru a věku. Tyto tři podmnožiny, z důvodů požadované kategorizace do tří věkových tříd (juvenil, subadult a adult), byly od sebe odděleny na základě metody euklidovské vzdálenosti, kdy k separaci jednotlivých shluků dojde podle vzdálenosti jejich těžišť.

## **6.2 Analýza dat k stanovení regresních rovnic pro metristické charakteristiky**

Vstupy pro tuto analýzu tvořil věk, určený dle vývoje zubu a metristické charakteristiky naměřené u kadáverů. Hodnotám rozměrů metristických charakteristik naměřených byly přiřazeny hodnoty věku. Poté byla provedena regresní analýza a stanoveny regresní rovnice. Nezávislou proměnnou v této regresní analýze představoval věk a je označován jako  $X$ . Závislou proměnnou zastupovaly jednotlivé hodnoty metristických charakteristik a náležel jim symbol  $Y$ . V průběhu regresní analýzy byla prováděna logaritmická, exponenciální a mocninová transformace vstupních dat.

Kombinací těchto odvozených výsledných rovnic a zjištěných intervalů pro jednotlivé metristické charakteristiky byla po dosazení dat zjištěných z odchycených jedinců odvozena věková struktura populace ČR a významných dílčích populací na jižní Moravě a v Českém lese.

## **6.3 Testování rozdílů věkové struktury mezi velkými populacemi**

Vstupními daty pro tento dílčí statistický rozbor byla zjištěná početnost jednotlivých věkových kategorií ve významných populacích bobra evropského na území ČR. Pomocí  $\chi^2$ -kvadrát testu byla testována odlišnost těchto dvou lokalit z hlediska početnosti jednotlivých věkových tříd. Nulová hypotéza byla stanovena následovně  $H_0$ : lokality jižní Moravy a Českého lesa se neliší z hlediska početnosti

jednotlivých věkových tříd bobra. Nulová hypotéza byla zamítnuta tehdy, když  $X^2 \geq X^2_{N-1}(\alpha)$ .

## 6.4 Analýza dat k stanovení pohlavní struktury populace

Vstupními daty pro stanovení poměru pohlaví byly jak jednici z odchytné databáze, tak informace o pohlaví zjištěné z nalezených kadáverů. Konečný poměr pohlaví byl vypočten podle vzorce  $R = N_F/N_M$  ( $N_F$  – počet samic,  $N_M$  – počet samců).

Bylo také stanoveno zastoupení pohlaví v jednotlivých věkových kategoriích pro ČR.

## 6.5 Testování rozdílů mezi pohlavími

Vstupy pro tuto analýzu byly tvořeny údaji o velikosti rozměru LCr, o hmotnosti, délce těla a délce ocasu pro obě pohlaví. Data pro tyto vstupy byla získána z kadáverů a z databáze odchycených jedinců. Cílem bylo zjistit, zda je velikost uvedených rozměrů závislá na pohlaví. Nulová hypotéza byla stanovena následovně  $H_0$ : velikost rozměru LCr (délky ocasu, délky těla, hmotnosti) se u obou pohlaví neliší. Jestliže byla hodnota  $p$  byla menší než stanovená hladina  $\alpha = 0,05$  byla nulová hypotéza zamítnuta.

Nejprve bylo testováno normální rozdělení vstupních dat pomocí Shapiro-Wilkova testu normality. Jestliže měla vstupní data normální rozdělení, byl pro porovnání dvou výběrů použit dvouvýběrový  $t$ -test s rovností rozptylů. Pokud nebyla zjištěna normalita, byly použity logaritmické, exponenciální a mocninné transformace vstupních dat. Jestliže ani po aplikované transformaci vstupních dat nebylo dosaženo normálního rozdělení, bylo pro testování nulové hypotézy využito neparametrické obdoby  $t$ -testu, a to dvouvýběrového Wilcoxonova testu. Tyto testy byly ještě doplněny „boxplot grafy“, demonstrujícími průměrné hodnoty kritérií u pohlaví.

## 7. Výsledky

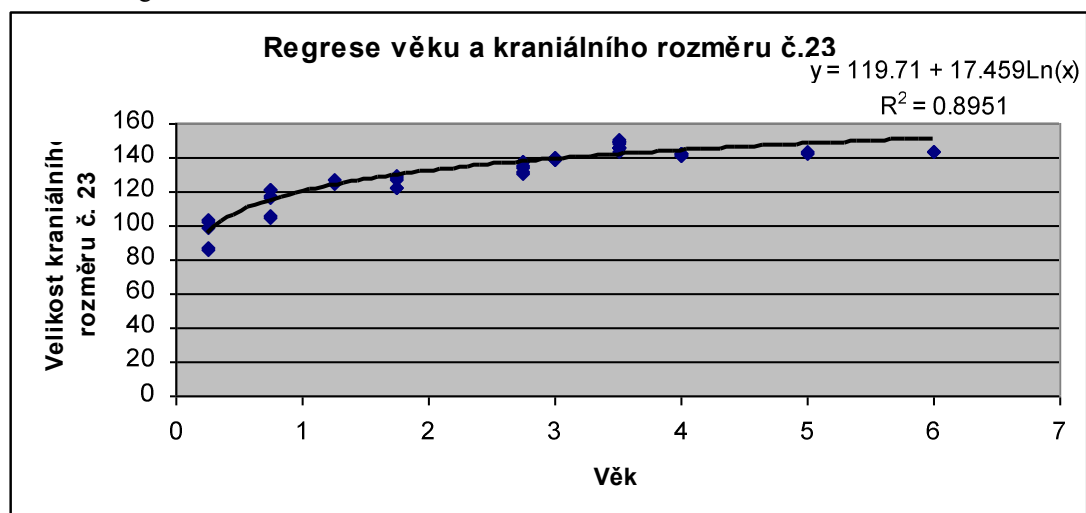
### 7.1 Výsledky analýzy dat k stanovení intervalů alometrických charakteristik u všech věkových kategorií

1) REGRESNÍ ANALÝZA VĚKU A KRANIÁLNÍCH ROZMĚRŮ – touto analýzou byla na hladině významnosti  $\alpha = 0,0001$  zamítnuta nulová hypotéza  $H_0$ : velikost žádného z kraniálních rozměrů není závislá na věku zvířete a byla přijata alternativní hypotéza  $H_1$ : velikost některých kraniálních rozměrů je závislá na věku zvířete. Nejvíce statisticky průkazný vyšel rozměr č.23, kterým je longitudo cranii (LCr) – nejdelší délka lebky (od předního kraje nosních kostí po zadní výstupek sagitálního hřebene z dorzální strany). Tento rozměr měl hodnotu koeficientu determinace  $R^2 = 0,8951$ , což znamená, že velikost tohoto kraniálního rozměru vysvětluje 89,51% variability věku. Tímto je i prokázána závislost změny velikosti tohoto rozměru s růstem věku jedince bobra a také to, že velikost LCr je dobrým odhadem věku bobra.

Pokud z výsledné logaritmické rovnice (obr.14) pro LCr vyjádříme věk (X) dostaneme exponenciální rovnici, do které budeme moci dosazovat naměřené kraniální rozměry a zařazovat tak zvířata (lebky) neznámého věku do věkových kategorií. Tato rovnice bude vypadat následovně:

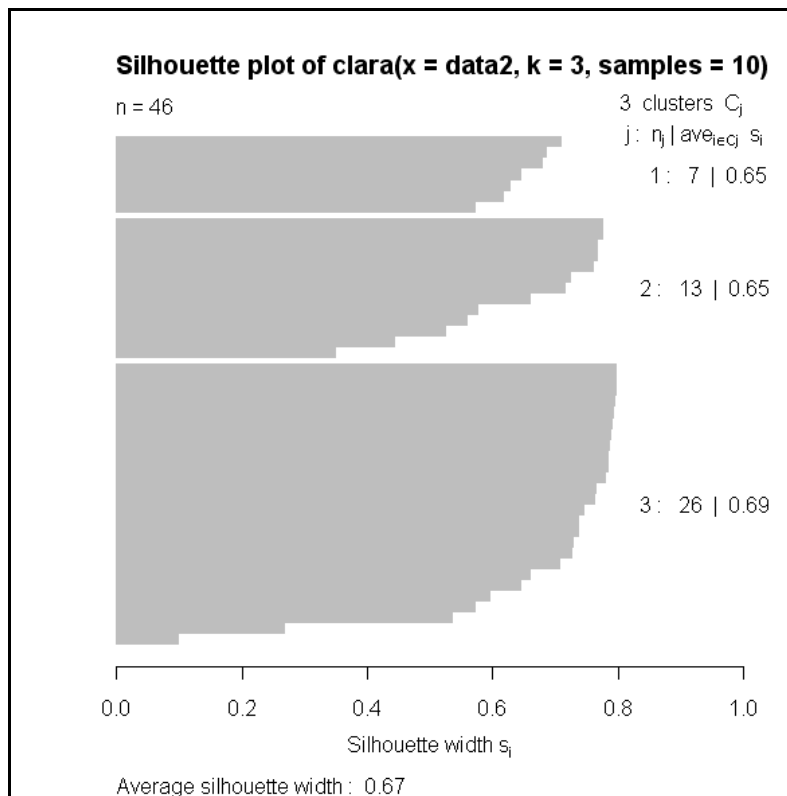
$$\text{Rovnice pro výpočet věku z LCr: } \text{Vek} = e^{\frac{\text{LCr}-119,71}{17,459}}$$

Obr. 14: Regresní rovnice věku a kraniálního rozměru LCr



2) SHLUKOVÁ ANALÝZA METODU CLARA – Největší celkovou průměrnou šířku obrysu měl opět rozměr č.23. Celková průměrná šířka obrysu shluku u LCr byla 0,67, což vypovídá o nalezení přijatelné klasifikační struktury a z toho také vyplývá, že LCr spolehlivě determinuje jedince do tří věkových tříd (obr. 15).

Obr. 15: Graf obrysů shluků pro kraniální rozměr č. 23.



3) REGRESE NEJVÍCE SIGNIFIKANTNÍHO KRANIÁLNÍHO ROZMĚRU S VNĚJŠÍMI CHARAKTERISTIKAMI KADÁVERŮ – Z výše uvedených výstupu již víme, že nejvíce signifikantním kraniálním rozměrem byl rozměr č. 23 nebo-li LCr, proto byla provedena regresní analýza tohoto rozměru a vnějších charakteristik (hmotnost, délka těla, délka ocasu, délka nohy, délka ušního boltce, délka šupinaté části ocasu a šířka ocasu. Touto regresní analýzou byla na hladině významnosti  $\alpha = 0,0001$  zamítnuta nulová hypotéza  $H_0$ : žádná z metristických charakteristik není závislá na velikosti kraniálního rozměru a byla přijata alternativní hypotéza  $H_1$ : velikost některých metristických charakteristik je závislá na velikosti kraniálním rozměru č. 23. Nejvíce statisticky průkazné vyšly hmotnost, délka těla a délka ocasu, v uvedeném pořadí (tab. 1).

Tab. 1: Výsledky regresní analýzy LCr a metristických charakteristik

<b>Metristická charakteristika</b>	<b>R</b>	<b>P (<math>\alpha=0,0001</math>)</b>
Hmotnost	0,9789	$3,44 e^{-08}$
Délka těla	0,8707	$3,50 e^{-09}$
Délka ocasu	0,8646	$5,18 e^{-09}$
Délka šupinaté části ocasu	0,8492	$6,54 e^{-07}$
Délka ušního boltce	0,7924	$2,80 e^{-05}$
Šířka ocasu	0,7852	$6,72 e^{-06}$
Délka nohy	0,6874	$1,28 e^{-05}$

Pokud z výsledných regresních rovnic, u kterých byla použita logaritmická transformace vyjádříme X dostaneme následující exponenciální rovnice pro výsledné vnější charakteristiky:

$$\text{Rovnice pro hmotnost dle LCr: } G = e^{-1.8.5114 * LCr} 4..3355$$

$$\text{Rovnice pro délku těla dle LCr: } LC = e^{-1..5278 * LCr} 1.1703$$

$$\text{Rovnice pro délku ocasu dle LCr: } LCd = e^{-3.7658 * LCr} 1.4974$$

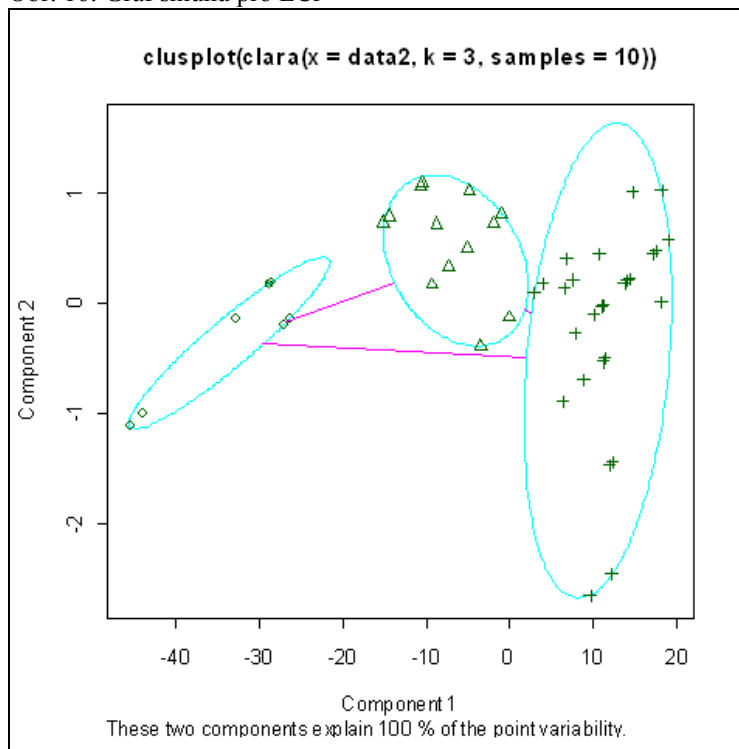
4) SHLUKOVÁ ANALÝZA METODOU PCA – Klusterová analýza PCA přiřadila každé velikosti LCr a vnějším charakteristikám hodnotu 1,2 a nebo 3, které vyjadřují číslo příslušné věkové kategorie, do které byly rozměry zařazeny. Na základě tohoto rozřazení byla pro každou vnější charakteristiku vytvořena množina všech jejích velikostí a ta byla seskupena do 3 podmnožin, dle požadované kategorizace velikostí do tří věkových tříd (obr. 16.).

K rozhraní oddělující jednotlivé věkové kategorie byly přiřazeny hraniční hodnoty kraniálního rozměru LCr, těmito hodnotami byly hodnoty 116,6 pro rozhraní juvenil – subadult a číslo 134,55 pro rozhraní subadult – adult. Dosazením těchto hraničních hodnot do rovnic pro hmotnost, délku těla a délku ocasu byly zjištěny hraniční hodnoty pro jednotlivé věkové kategorie na základě těchto kritérií (tab. 2).

Když byly hraniční hodnoty LCr dosazeny do rovnice pro výpočet věku z LCr (viz. výše) zjistily se věkové rozsahy pro jednotlivé věkové kategorie (tab. 3).



Obr. 16: Graf shluků pro LCr



Tab. 2: Hraníční hodnoty pro jednotlivé věkové kategorie

Věk. kat.	LCr	Hmotnost	Délka těla	Délka ocasu
<b>J</b>	0 – 116,6 mm	0 – 8,3 kg	0 – 56,9 cm	0 – 28,8 cm
<b>S</b>	166,6 – 134,55 mm	8,3 – 15,5 kg	56,9 – 67,3 cm	28,8 – 35,7 cm
<b>A</b>	134,55 mm a více	15,5 kg a více	67,3 cm a více	35,7 cm a více

Pozn.: J – juvenil, S – subadult, A – adult

Tab. 3: Věkové rozsahy pro jednotlivé věkové kategorie

Věk. kategorie	věk v letech
<b>J</b>	0 – 1
<b>S</b>	1 – 2,5
<b>A</b>	2,5 a více

Pozn.: J – juvenil, S – subadult, A – adult

## 7.2 Analýza dat k stanovení regresních rovnic pro metristické charakteristiky

Do této regresní analýzy vstupovaly vnější charakteristiky a věk, tím byly zjištěny regresní rovnice pro jednotlivé rozměry a jejich determinační koeficienty (tab. 4). Vyjádřením věku (X) z těchto regresních rovnic získáme exponenciální rovnice pro determinaci odchycených jedinců do jednotlivých věkových kategorií dle těchto kritérií. Tyto rovnice byly stanoveny následovně:

$$\text{Rovnice pro stanovení věku dle hmotnosti (G): } Vek = e^{\frac{G-11,707}{6,6429}}$$

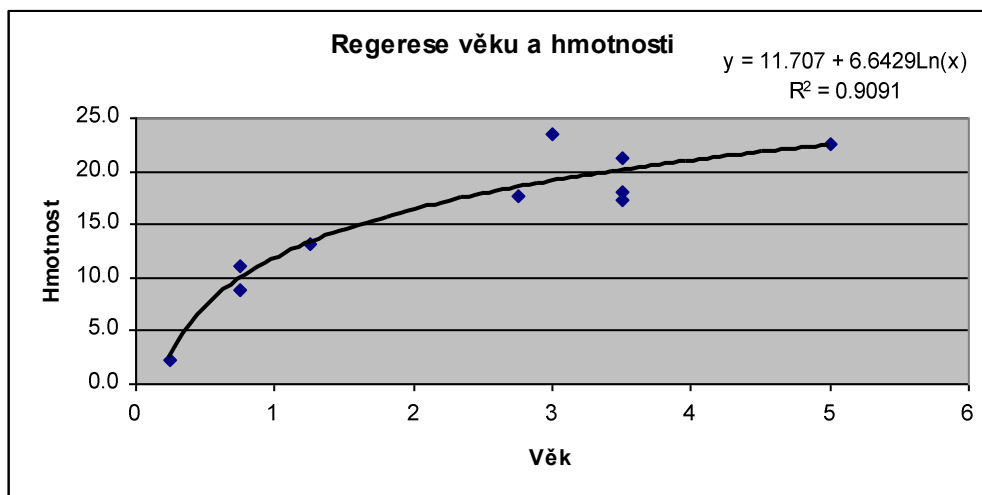
$$\text{Rovnice pro délku těla dle délky ocasu (LCd): } Vek = e^{\frac{LCd-31,292}{5,9485}}$$

$$\text{Rovnice pro délku ocasu dle délky těla (LCd): } Vek = e^{\frac{LC-59,375}{9,7869}}$$

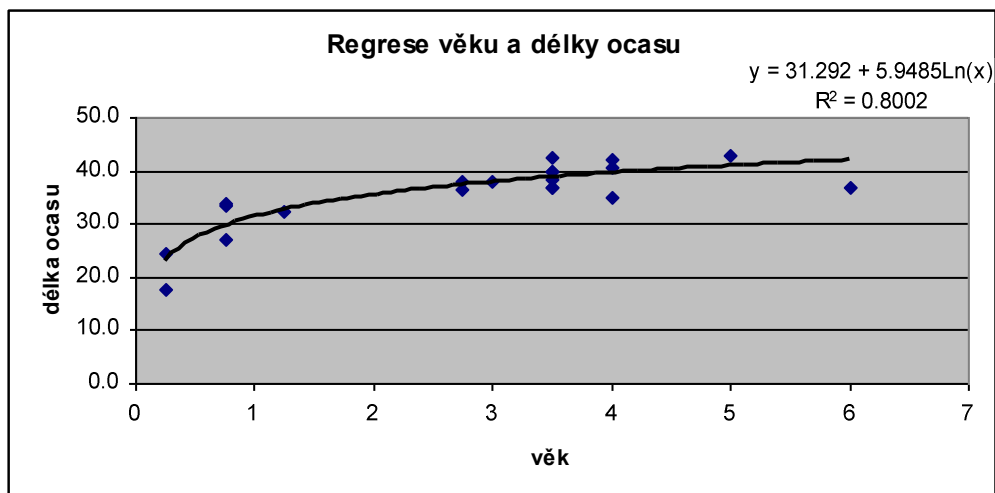
Tab. 4: Výsledky regresní analýzy věku a metristických charakteristik

Metristická charakteristika	R	p ( $\alpha=0,0001$ )
Hmotnost	0,9091	1,936 e <sup>-05</sup>
Délka ocasu	0,8002	1,041 e <sup>-07</sup>
Délka těla	0,7752	3,045 e <sup>-07</sup>
Délka ušního boltce	0,7754	4,445 e <sup>-05</sup>
Délka šupinaté části ocasu	0,7215	6,14 e <sup>-05</sup>
Délka nohy	0,6824	1,317 e <sup>-05</sup>
Šířka ocasu	0,5622	2,236 e <sup>-04</sup>

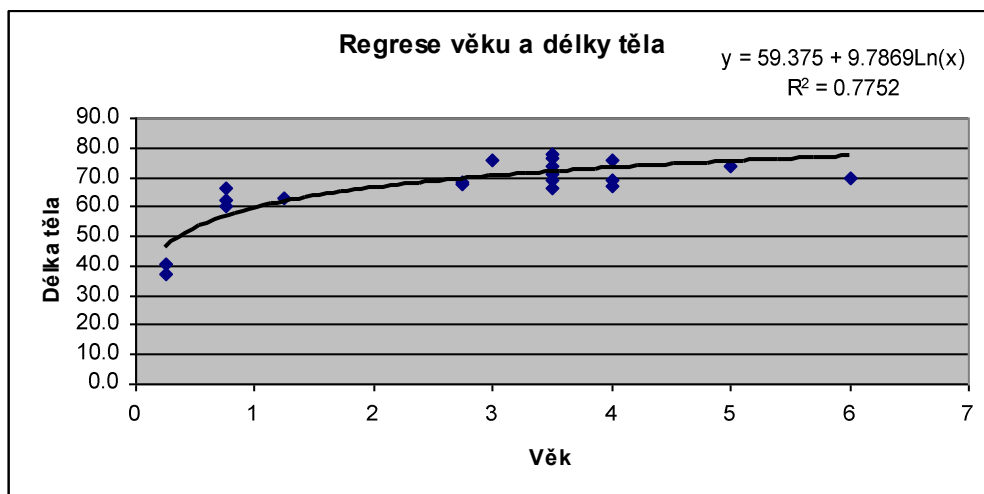
Obr. 17: Regrese věku a hmotnosti



Obr. 18: Regrese věku a délky ocasu



Obr. 19: Regrese věku a délky těla



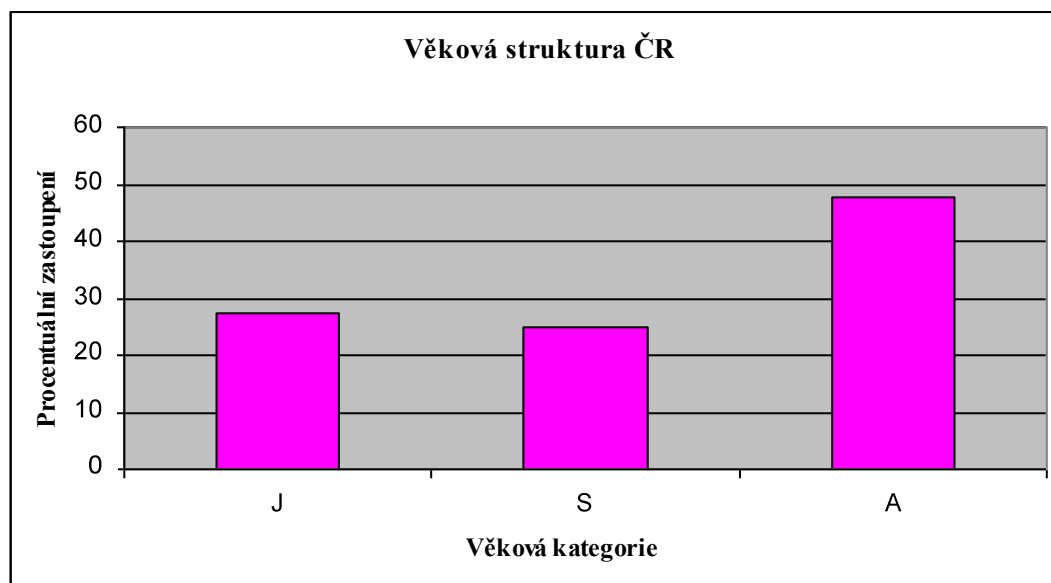
### 7.3 Věková struktura ČR

Věk všech odchycených bobřů byl determinován podle jejich hmotnost. Celkem bylo 209 jedinců a nejvíce početnou věkovou třídou byli adulti, početnost subadultů a juvenilů byla vyrovnaná (tab. 5 a obr. 20).

Tab. 5: Početnost věkových kategorií v ČR

Věková kategorie	Juvenil	Subadult	Adult
Početnost	57	52	100

Obr. 20: Věková struktura bobra v ČR



Pozn.: J – juvenil, S – subadult, A – adult

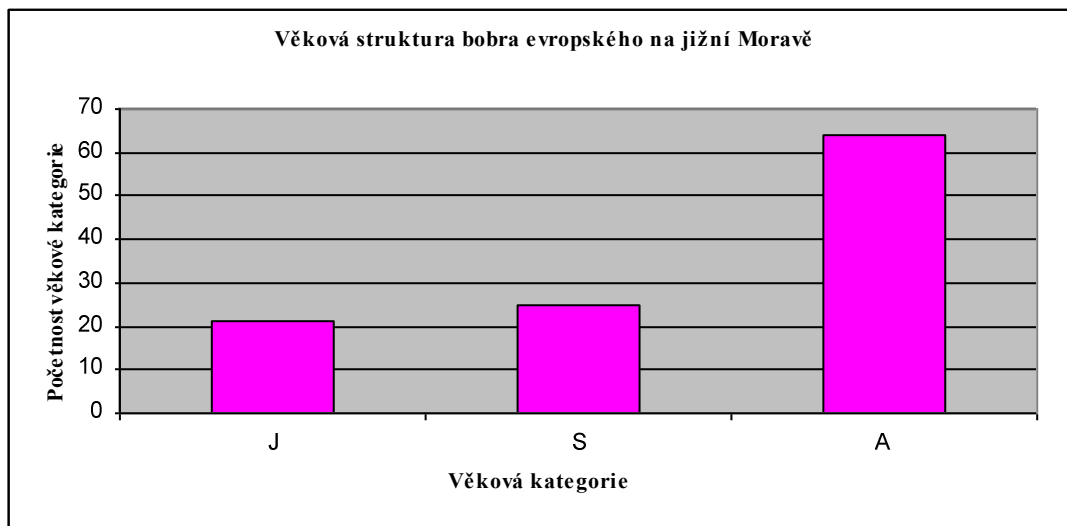
#### 7.4 Věková struktura ve velkých populacích

Na jižní Moravě byli nejpočetnější věkovou třídou adulti a početnost juvenilů a subadultů byla vyrovnaná (tab. 6 a obr. 21). V Českém lese tomu bylo přesně naopak, kdy nejpočetnější věkovou třídu tvořili juvenilové, poté subadulti a nakonec adulti (tab. 6 a obr. 22). Ve srovnání s věkovou strukturou ČR, s ní lépe koresponduje věková kompozice populace na jižní Moravě a věková struktura v Českém lese je jejím opakem.

Tab. 6: Početnost věkových kategorií na JM a v ČL

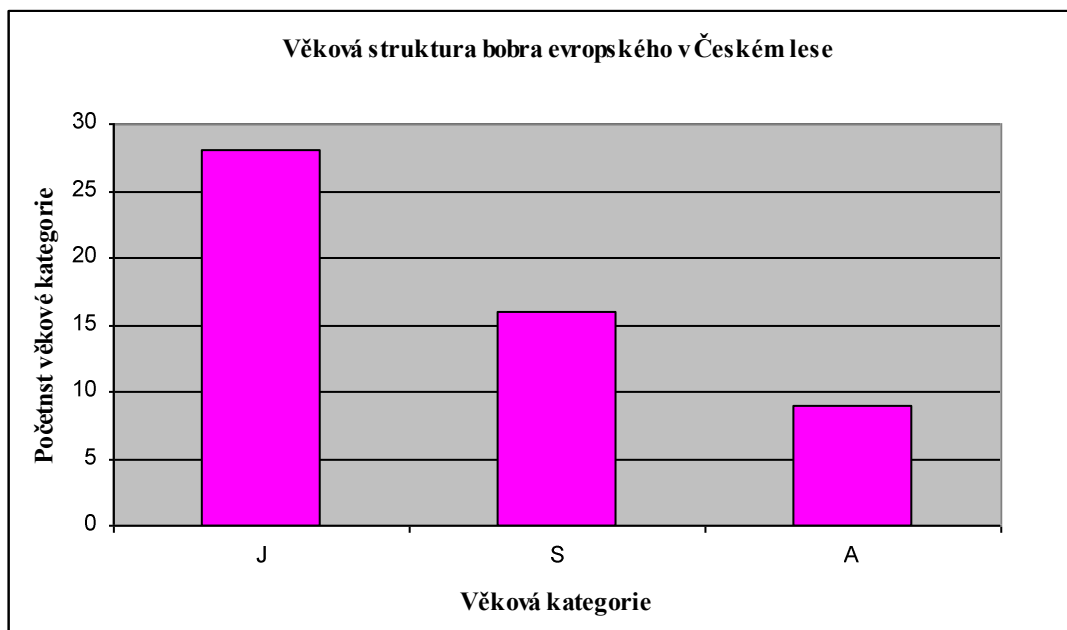
Věková kategorie	Juvenil	Subadult	Adult
<b>Početnost na JM</b>	21	25	64
<b>Početnost v ČL</b>	28	16	9

Obr. 21: Věková struktura bobra evropského na jižní Moravě



Pozn.: J – juvenil, S – subadult, A – adult

Obr. 22: Věková struktura bobra evropského na jižní v Českém lese



Pozn.: J – juvenil, S – subadult, A – adult

Dále byla pomocí Chí–kvadrát testu testována odlišnost těchto dvou lokalit z hlediska početnosti jednotlivých věkových tříd. Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  zamítnuta nulová hypotéza  $H_0$ : lokality jižní Moravy a Českého lesa se neliší z hlediska početnosti jednotlivých věkových tříd bobra, jelikož hodnota testovacího kritéria byla vyšší, než příslušná kritická hodnota ( $X^2 = 27,89 > 3,841 = X_1^2(0,05)$ ), byla přijata alternativní hypotéza  $H_1$ : lokality jižní Moravy a Českého lesa se liší z hlediska početnosti jednotlivých věkových tříd.

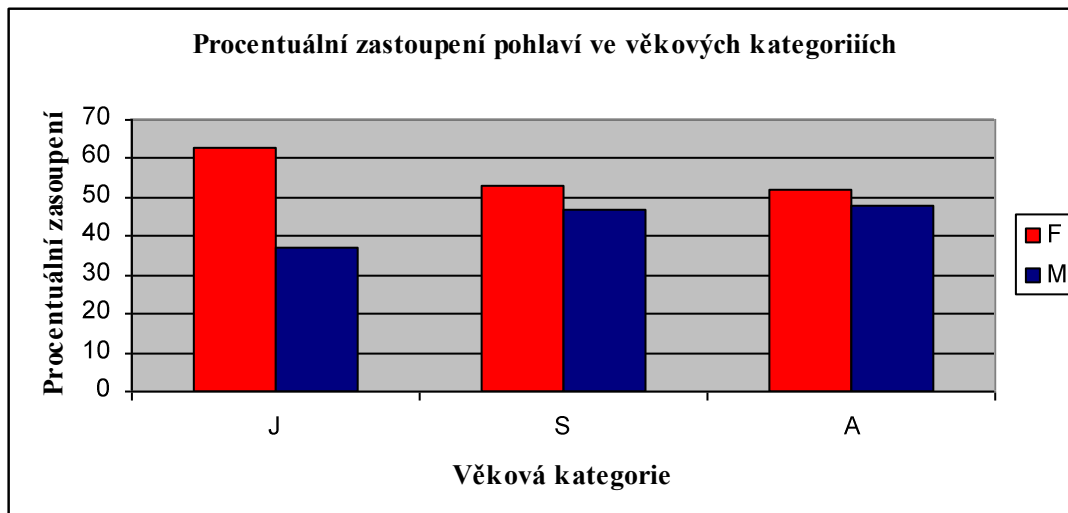
## 7.5 Pohlavní struktura ČR

Celkem bylo odchyceno 97 samic a 88 samců, zjištěný poměr pohlaví byl proto 1,1. Procentuální zastoupení pohlaví v jednotlivých věkových kategoriích je demonstrováno na obr. 23. Poměr pohlaví pro juvenily byl 1,69; pro subadulty 1,15 a pro adulty 1,09. (Pozn. celkový počet samců a samic není totožný s celkovým součtem ve všech věkových kategoriích, neboť nebyly vždy u všech jedinců odebrány metristické charakteristiky).

Tab. 7: Procentuální zastoupení pohlaví ve věkových kategoriích v ČR

Věková kategorie	Juvenil	Subadult	Adult
Početnost samic v %	63	53	52
Početnost samců v %	37	47	48

Obr. 23: Procentuální zastoupení pohlaví ve věkových kategoriích v ČR



Pozn.: J – juvenil, S – subadult, A – adult, F – female, M – male

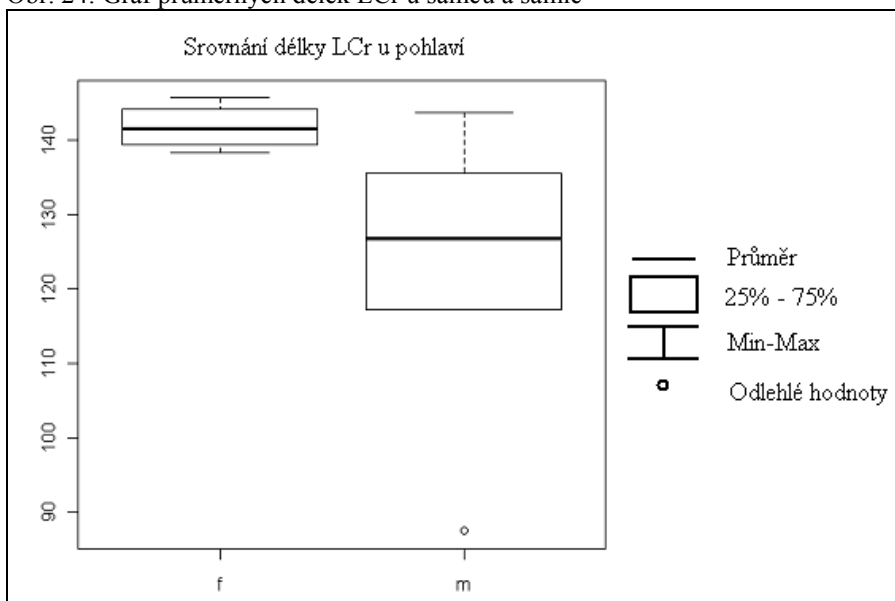
## 7.6 Rozdíly mezi pohlavími

Na hladině významnosti  $\alpha = (0,05)$  byla potvrzena nulová hypotéza  $H_0$ : velikost rozměru LCr se u obou pohlaví neliší, jelikož hodnota  $p$  byla vyšší než hodnota  $\alpha = (0,05)$ . Také další nulové hypotézy nebyly vyvráceny:  $H_0$ : délka těla (délka ocasu, hmotnost) se u obou pohlaví neliší (tab. 8). Nesignifikantní rozdíly průměrů kritérií u obou pohlaví jsou patrné i z obr. 24, 25, 26, 27 a 28.

Tab. 8: Výsledky statistické analýzy rozdílů mezi pohlavími

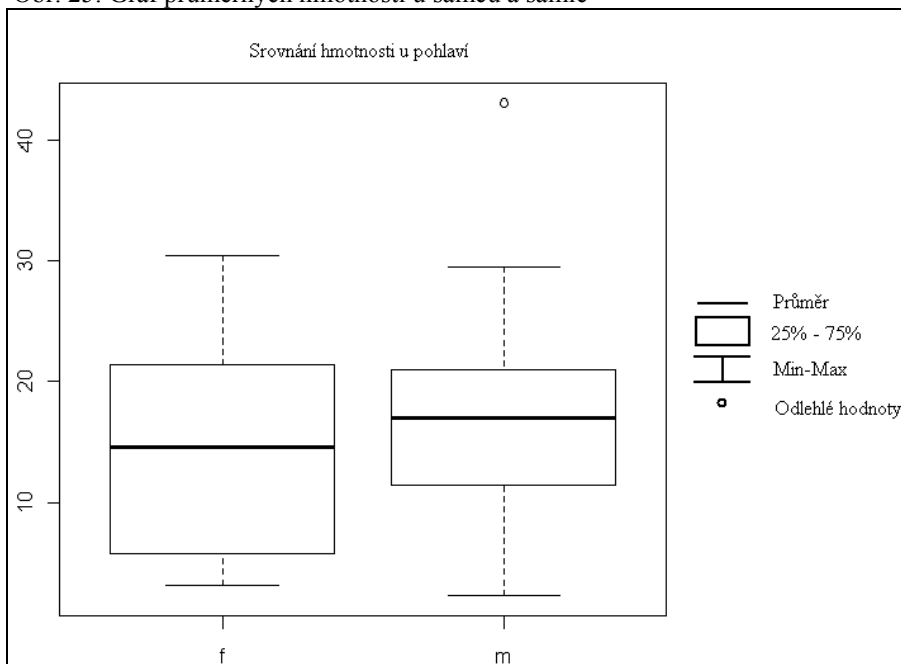
Kritérium	Hodnota testu	<i>p</i>
<b>LCr</b>	t = 1,9886	0,1141
<b>Hmotnost</b>	W = 3412	0,2784
<b>Hmotnost adultů</b>	t = 1,3859	0,1694
<b>Délka těla</b>	W = 4439,5	0,8481
<b>Délka ocasu</b>	W = 4228,5	0,4927

Obr. 24: Graf průměrných délek LCr u samců a samic



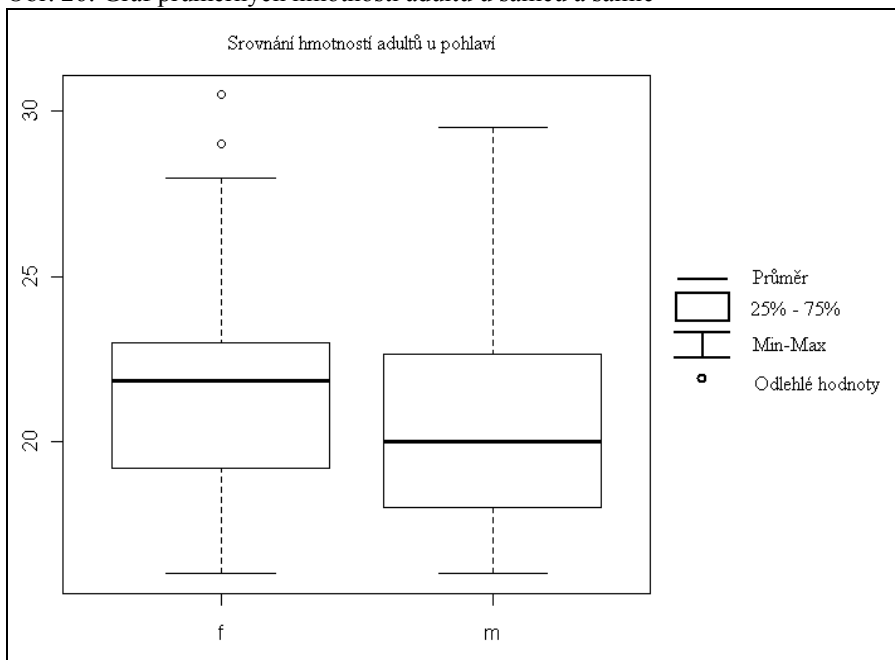
Pozn.: f – female, m – male

Obr. 25: Graf průměrných hmotností u samců a samic



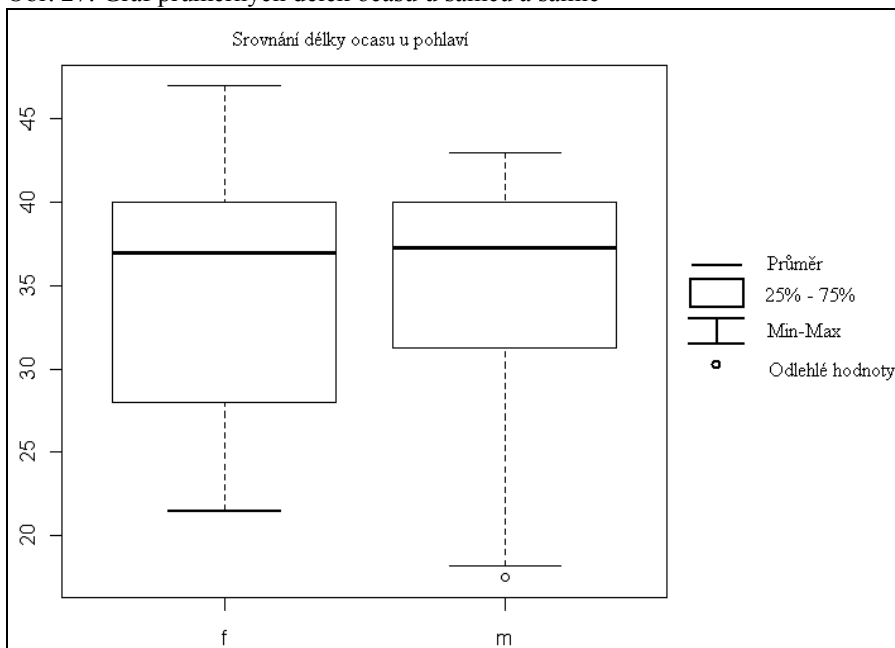
Pozn.: f – female, m – male

Obr. 26: Graf průměrných hmotností adultů u samců a samic



Pozn.: f – female, m – male

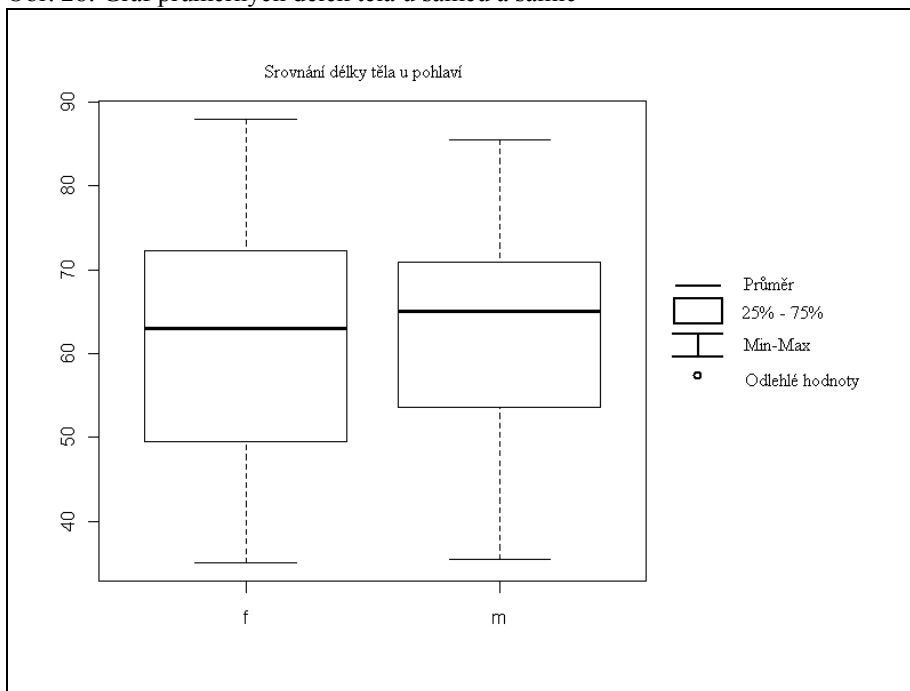
Obr. 27: Graf průměrných délek ocasů u samců a samic



Pozn.: f – female, m – male



Obr. 28: Graf průměrných délek těla u samců a samic



Pozn.: f – female, m – male

## 8. Diskuse

### 8.1 Věkové kategorie

Základem předkládané práce byla distribuce, ať živých či mrtvých jedinců, do tří věkových kategorií (juvenil, subadult a adult). K zařazení jedince do příslušné věkové kategorie se vždy přistupuje přes stanovení jeho stáří, ovšem jednotlivá věková kritéria se liší z hlediska exaktnosti stanovení věku. Přesný věk lze určit pouze na základě dentálních charakteristik, s odchylkou kolem 4 týdnů u bobrů do 1,5 let (Piechocki et Stiefel 1977), s odchylkou mezi 1–2 měsíci u starších jedinců (Stiefel, 1986). Tato precizní metoda ovšem není vždy použitelná a nelze ji aplikovat u odchycených živých jedinců. Jiná známá kritéria věku již neposkytují naprosto přesné údaje o stáří zvířete, proto musí být přistoupeno k determinaci jedinců do věkových tříd.

Rozčlenění do tří věkových kategorií má své opodstatnění také z hlediska ontogeneze a zahrnuje i etoekologický aspekt. Jednotlivé kategorie oddělují jedince lišící se postavením v procesu involuce. Na základě předělů, utvářených během ontogeneze fyziologickými a behaviorálními změnami, jsou odděleny tyto tři věkové kategorie: juvenilové, subadulti a adulti.

Juvenilové nebo-li mláďata jsou pohlavně nezralými jedinci, z pohledu osteologických kritérií jsou charakteristická přítomností mléčných premolárů (Piechocki et Stiefel 1977) a nesrostlými křížovými obratli (Piechocki, 1986).

V období mezi květnem a červnem (Heidecke, 1991) se rodí nová mláďata, juvenilové se tedy stávají subadulty překročením hranice jednoho roku života. Ve fázi subadulta je již v chrupu přítomen trvalý premolár, který je prořezán mezi 12–16 měsíci věku (Nostrand et Stephenson 1964). Hlavním znakem subadulta je pohlavní zralost, která u bobra nastává asi kolem 15 měsíců věku (Larson, 1967). Mezi 21 až 24 měsíci nastává migrace (Brady et Svendsen 1981). Věk, ve kterém dochází k migraci, může být značně variabilní v závislosti jak na populační hustotě, tak na dostupnosti optimálních lokalit. Jsou-li optimální teritoria obsazena, mladí jedinci nenalézají místa pro založení nových a při své migraci se často dostávají do střetů s jinými jedinci. Proto může dojít i k opožděné migraci subadultů, když je populační hustota vysoká a lokalita je nasycena a nebo také v případě, kdy jsou hustoty nižší, ale není dostupná optimální lokalita. Subadulti přispívají rodinné

jednotce péčí o mláďata, stavbou hrází apod., proto se zdá, že „alloparenting“ (o mláďata se starají i jiní členové rodiny než rodičovský pár) je jednou z jasných výhod teritoriality a hraje důležitou roli ve zpožděné disperzi mladých jedinců. Když je dostupná kvalitní lokalita, „alloparenting“ se zastaví.

K formování párů dochází během ledna až března a první potomstvo má bobr průměrně kolem 3 let věku (Heidecke, 1991). V této životní etapě je již jedinec bezpochyby adultem a vstupuje do ní opuštěním rodinné jednotky. Mezi 2,5–3 lety je také deponována první vrstva cementu na vnější straně basální dutiny kořene zubu a věk mrtvých jedinců může být určen sčítáním těchto vrstev (Nostrand et Stephenson 1964, Stiefel et Piechocki 1986).

Sumarizací výše uvedených faktů průběhu ontogenetického a behaviorálního vývoje bobra, je logické dojít k následujícím věkovým intervalům, definujících zmíněné věkové kategorie: juvenilové (do 1 roku), subadulti (1–2 roky) a adulti (2,5 a více let). Tyto věková rozhraní jsou podpořena i výsledky statistické analýzy, kdy dosažením hraničních hodnot LCr do rovnice pro výpočet věku byly tyto věkové rozsahy pro jednotlivé věkové kategorie zjištěny a lze říci, že kopírují mezní události průběhu involuce a také korespondují s morfologickými a anatomickými změnami, na základě kterých je možné tyto tři skupiny odlišit. Rozčlenění do tří věkových tříd je také v souladu s větší skupinou autorů, která sice používá odlišné věkové rozsahy tříd, ale toto členění převažuje, oproti autorům používajících čtyři a více kategorií. Z velkého množství počtu věkových tříd lišících se svými rozsahy, uváděnými různými autory, lze usuzovat, že množství a intervaly věkových kategorií nelze nijak paušalizovat, a proto jejich počet může být přizpůsoben z hlediska potřeb použití a dostupných determinačních kritérií.

## **8.2 Zhodnocení metod stanovení stáří u mrtvých jedinců**

Stanovení stáří mrtvých jedinců může být dosaženo na základě široké škály věkových kritérií. Z hlediska použitelnosti je v našich podmínkách zcela nevyhovujícím věkových kritériem velikost kožešin (suma délky a šířky kožešiny), jelikož zákon nepovoluje lov a odstřel bobra. Tato metoda odhadu stáří je vhodná především pro Severní Ameriku, protože zde je lov bobra povolen, a proto je k dispozici velké množství studijního materiálu. Autoři Larson et Nostrand (1968) a Payne (1979) při zhodnocení tohoto kritéria v kombinaci s kritériem hmotnosti

dospěli ke shodným závěrům a sice, že dochází k velkému překrytí mezi jednotlivými věkovými třídami a k silnému podhodnocování jedinců starších dvou let. Nevhodnost této metody pro definování věkových kategorií dokládá i to, že byla aplikována u obou druhů rodu bobra, byla porovnána s údaji získanými přesnými dentálními technikami ze stejného studijního materiálu a data z velikostí kožešin byla vyhodnocena jako nespolehlivá. Univerzálnost kritéria velikosti kožešiny je také značně pochybná, jelikož se může lišit díky geografickým a genetickým aspektům a rozměry kožešiny mohou být ovlivněny také populační hustotou a kvalitou lokality (Payne, 1979).

K spolehlivějším kritériím stanovení věku u mrtvých jedinců patří bezesporu kritéria osteologická, ty také dovolují využití více věkových tříd. Jako nejméně použitelné kritérium se jeví velikost bacula, jelikož jej lze použít pouze u samců bobra a také jeho spolehlivost správně determinovat jedince je nižší u nejmladších věkových tříd. Lze předpokládat, že toto je způsobeno vlivem pohlavních hormonů, kdy dochází k výraznému růstu os penis ještě před zahájením pohlavní aktivity a tento jev je podmíněn velkým rozptylem kostní hmoty, kdy průměrná velikost roste s věkem zvířete (Piechocki, 1968). Piechocki (1968) využíval širokou škálu věkových tříd, proto se lze domnívat, že úspěšnost zařazení pouze do tří věkových tříd dle rozměrů bacula by mohla být značná. Pro ověření adekvátnosti dat získaných z bacula k určování stáří provedl Piechocki (1968) korelační analýzu s údaji získaných z lebek, které byly vždy považovány za spolehlivé kritérium odhadu věku, a zjistil vysoce signifikantní korelaci mezi oběma parametry. Z toho vyplývá, že baculum je dostatečně spolehlivým určovacím znakem odhadu věku. Tento Piechockiho (1968) závěr potvrzuje ve své studii i Friley (1949) výrokem, že baculum, konkrétně jeho proximální konec, roste během celého života samce a že kombinace váhy a rozměrů os penis lze využít jako solidního dodatečného kritéria k determinaci věkových kategorií bobra.

Studie Robertsona et Shadlea (1954) a Piechockiho (1968) dokazují použitelnost osteografických změn v mimolebních strukturách k věkové determinaci jedinců bobra. Tyto osteografické charakteristiky jsou vhodné především k rozlišení věkových kategorií, kdy lze spolehlivě determinovat jedince do věku 4 let, neboť v tomto věku dochází k ukončení progresivních změn ve skeletu. U jedinců bobra tedy sice dochází k narůstání hmotnosti či velikosti během jejich života, ale pokud jde o růst kosti, tak studie Robertsona et Shadlea (1954) signalizuje, že k epifyzeální

konsolidaci dochází někdy během čtvrtého roku zvířete. Spolehlivost aplikace osteografického kritéria dokázali Robertson et Shadlea (1954) korelací s dentálními kritérii stanovení stáří, kdy věk určité části skeletu koreloval s věkem určeným dle vývoje dentice. Pokud nastaly nějaké odchylky v zařazení do věkové kategorie, vysvětlují je Robertson et Shadle (1954) individuálními rozdíly, tedy že různá zvířata nerostou v úplně stejném poměru. Nebo chybou na straně pozorovatele, a sice že některé charakteristické změny mohou být špatně interpretovány. Robertson et Shadle (1954) také naznačují možnou využitelnost změn skeletu v rentgenografii živých jedinců.

Kritériem poskytujícím nejpřesnější informace o stáří bobra jsou dentální charakteristiky, kdy největší vypovídací schopnost mají výsledky získané u bobrů starších dvou let, kdy dochází k deponování první cementové vrstvy na bázi kořene zubu (Stiefel et Piechocki 1986), stanovení stáří u mladších jedinců se provádí dle vývoje jednotlivých zubů chrupu (Piechocki et Stiefel 1977). Nostrand et Stephenson (1964) uvádějí, že u relativně malého procenta jedinců starších dvou let je věk určen chybně a poukazují na to, že tyto nedostatky jsou nejčastěji způsobeny nedokonalým broušením zubů či nesprávným výkladem pozorovaných kritérií. Piechocki et Stiefel (1977) zjistili, že u mladších jedinců mohou existovat nepřesnosti ve stanovení věku kvůli dřívější či pozdější erupci zubů, z důvodů raných či pozdějších vrhů, či individuálních rozdílů v konstituci dentice. Přes všechny uvedené zdroje nepřesností, zůstávají dentální charakteristiky nejpreciznějším možným kritériem, podle kterého lze určit věk bobra a determinovat jej do věkové kategorie. Přesností tohoto kritéria je také umožněno přesně datovat dobu úmrtí i fosilní nebo subfosilní nálezy a určit přesnou dobu smrti, neboť mineralizovaná tkáň zubu je odolná proti vnějším vlivům (Stiefel et Piechocki 1986). Stáří jedinců bobra stanovené na základě dentálních charakteristik bylo také výchozí informací pro tuto diplomovou práci, kdy bylo využito určeného věku a morfologických charakteristik kadáverů pro vytvoření rovnic pro jednotlivá metrická kritéria. Proto je také z pohledu této práce na údaje zjištěné pomocí dentálních charakteristik nahlíženo, jako na nejpřesnější možné.

V literatuře je na kraniální charakteristiky pohlíženo spíše jako na prostředek k nalezení určitých charakteristických struktur použitelných k diferenciaci druhů a poddruhů bobra. Avšak v oblasti využitelnosti velikosti kraniálních rozměrů pro odlišení různých poddruhů bobra evropského jsou výsledky autorů spíše sporné.

Frahnert et Heidecke (1992) uvádějí, že velikost kraniálních rozměrů se u poddruhů a druhů úměrně snižuje od západu na východ. Tedy od poddruhu labského bobra až k bobru kanadskému, zároveň ale upozorňují, že na jejich výsledky musí být nahlíženo kriticky, jelikož neměli dostatečně velký zkoumaný vzorek pro zabezpečení vysoké statistické významnosti. Později Frahnert (2000) vydává novou studii s větším počtem vzorků, ovšem ani zde nedošel k průkazným výsledkům. Existence vysoké variability velikostí určitých kraniálních rozměrů může být způsobena nestejným stářím vzorků zkoumaných poddruhů, různou dobou izolovanosti populací zkoumaných poddruhů, či populační hustotou, kdy vysoké populační hustoty mohou vést k snížení počtu optimálních lokalit z hlediska potravní nabídky a tím způsobit změnu ve velikosti. Proto je jistě bezpečnější k rozpoznání jednotlivých poddruhů používat metody analýzy mDNA. Naopak k eminentním výsledkům došel Troszynski (1975), který definoval určité kraniální odlišnosti u bobra evropského a u bobra kanadského. Lebka bobra evropského je masivní, silná a poměrně krátká a široká. Naopak lebka bobra kanadského je úzká a protáhlá. Rozdíly jsou také patrné u mezitemenní kosti, kdy u bobra evropského má trojúhelníkový tvar a u bobra kanadského má tvar písmene T.

Pro tuto diplomovou práci jsou velikosti kraniálních rozměrů důležité z hlediska schopnosti korespondovat s věkem jedince. V průběhu postembryonálního vývoje se velikost lebky bobra zvýší asi na dvojnásobek. Musí se vycházet z toho, že na základě funkčních souvislostí neroste velikost lebky izometricky ve všech směrech. Během ontogenetického vývoje roste lebka více ve své délce než v šířce, což objasňuje skutečnost existence negativní alometrie zygomatické šířky lebky k bazální délce (Frahnert, 2000). Regresní analýzou věku, určeného dle dentálních charakteristik, a kraniálních rozměrů bylo potvrzeno, že změna ve velikosti určitých kraniálních rozměrů těsně souvisí s růstem věku. Největší vypovídací schopnost měl rozměr LCr, tedy největší délka lebky od předního kraje nosních kostí po zadní výstupek sagitálního hřebene. Za ní následovaly: kondylobazální délka, délka spodní čelisti, délka nosní kosti a délka horní řady zubů. Nejhorší vypovídací schopnost na základě hodnoty regresního koeficientu měly velikosti rozměrů šířky lebky. Těmito rozměry byly: šířka velkého týlního otvoru, šířka mezi okraji alveol premolárů a šířka otvoru nosní dutiny. Výsledky regresní analýzy jsou tedy v souladu s předchozím tvrzením o alometrickém vztahu mezi délkou a šířkou lebky a vyplývá z nich, že lepším

prediktorem stáří jsou velikosti rozměrů délky krania než šířky. Tyto závěry potvrzuje i studie Rosella et al. (2010), kdy autoři testovali závislost velikostí kraniálních rozměrů na věku a celou studii uzavírají tvrzením, že sice velikosti délky lebky nejsou schopny přesně stanovit stáří jedince, ovšem jsou dostatečně způsobilé k determinaci jedinců do věkových tříd. Což je také v souladu s výsledky shlukové analýzy použité v této diplomové práci a proto mohlo být rozměru LCr využito k standardizaci věkových intervalů pro věkové kategorie. Na základě zmíněných výsledků může být konstatováno, že signifikantní rozměry krania lze využít jako levnější a technicky méně náročnější alternativu determinace kadáverů do věkových tříd oproti dentálním kritériím, kdy musí být přistoupeno k sekci zubu, což je drahá a technicky náročná procedura.

Na základě alometrického vztahu mezi kraniálním rozměrem LCr a metristickými charakteristikami, potvrzeného výsledky regresní analýzy, byly také definovány rozsahy intervalů jednotlivých vnějších charakteristik pro věkové třídy.

### **8.3 Zhodnocení metod stanovení stáří u živých jedinců**

K determinaci živých jedinců do věkových tříd je využíváno vnějších rozměrů, hmotnosti a dentální rentgenografie. Z výsledků regresní analýzy věku a metristických charakteristik této diplomové práce vyplývá, že největší vypovídací schopnost má hmotnost, která měla nejvyšší hodnotu determinačního koeficientu. Po hmotnosti následuje délka ocasu, délka těla, délka ucha, délka šupinaté části ocasu, délka nohy a šířka ocasu. Pozitivem zjištěného faktu je, že u odchycených jedinců je hmotnost snadno získatelná a je zatížena menší chybou měření než měření délky ocasu. Negativem kritéria hmotnosti je značná sezónní proměnlivost, závislost na dostupnosti potravinových zdrojů, tedy kvalitě lokality a na přítomnosti či nepřítomnosti mlád'at v rodině. Smith et Jenkins (1997) ve své studii zjistili, že větším úbytkům hmotnosti podléhali subadulti a adulti, kteří byli zatíženi péčí o mlád'ata než ti, kteří zimní měsíce přežívali bez přítomnosti mlád'at. Smith et Jenkins (1997) uvádějí, že snížení váhy během zimy nebylo závislé na pohlaví.

Patric et Webb (1960) během své studie zjistili, že hmotnost jednotlivých zvířat je docela spolehlivou metodou pro posouzení věku. Střední chyba zůstává relativně nízká a je pravděpodobné, že odchylky pro dané věkové třídy vyplývají z: (a) střídání jedinců, (b) střídání místa kolonie, (c) změny data porodu a (d) nestejně

doby vývoje jedné věkové třídy. Vývoj jedinců během několika prvních měsíců je tak rychlý, že váhový přírůstek během daného měsíce je velmi důležitý. V pozdějších letech se váhový přírůstek v každém měsíci úměrně snižuje. Růst hmotnosti bobra je rychlý a jednotný od května do října. V říjnu se může růst zpomalit změnou stravy či větší tělesnou zátěží při shánění zimních zásob. Růst během zimy se u starších zvířat zastaví a tak zvířata mohou být značně lehčí na jaře než tomu bylo v předcházejícím podzimu. Dále Patric et Webb (1960) ve své studii naznačují, že hmotnost je velmi spolehlivým kritériem do věku 2–3 let, protože po překročení tohoto věku se její vypovídací schopnost snižuje, neboť mnoho starších zvířat neváží více než 3 letí. Toto tvrzení je v souladu se studií Heideckeho (1984), kde uvádí, že prudký nárůst váhy u bobrů trvá do tří let věku. V této diplomové práci jsou jako adulti bráni všichni jedinci starší 2,5 let a podle kritéria hmotnosti jsou jedinci překračující tento věk zařazováni do této kategorie, proto lze konstatovat, že pro tyto definované rozsahy stáří stanovených věkových kategorií je hmotnost vhodným kritériem determinace. Co se týká sezónní proměnlivosti hmotnosti, tak největší hmotnostní úbytek nastává v zimních měsících, přičemž v období léta je hmotnost konstantní, proto lze tento faktor eliminovat odchytem probíhajícím od července do září. Další neopomenutelnou skutečností, proč by se odchvy měly uskutečňovat v tomto období je přítomnost mláďat, která již začínají opouštět nory. Negativní vliv nízké kvality potravní nabídky na pokles hmotnosti bohužel vyloučit nelze.

Rozsahy hmotností pro jednotlivé věkové kategorie vcelku korespondují s intervaly zjištěnými Patricem et Webbem (1960), kdy uvádějí, že bobří mláďata váží v průměru do 8,165 kg a subadulti od 8,165 kg do 13,154 kg.

Druhým nejvíce signifikantním kritériem determinace živých jedinců byla dle koeficientu determinace délka ocasu. Podle výsledků zjištěných Patricem et Webbem (1960) je společným znakem hmotnosti a délky ocasu to, že se oba snižují během zimních měsíců. Ovšem snížení rozměrů ocasu probíhá spíše v jeho šířce a tento fakt může být úzce spjat s tělesnou kondicí či hmotností jedince. Pouze šířka ocasu je tedy sezónně variabilní, délka je ovšem zatížena větší chybou měření než šířka či hmotnost. Údaje o intervalech délky ocasu pro jednotlivé věkové kategorie jsou také velmi podobné s výsledky zjištěnými Patricem et Webbem (1960), kdy uvádějí délku ocasu u mláďat průměrně kolem 26 cm a pro subadulty od 26 cm do 35,7.



Vysvětlení proč nejmenší hodnotu determinačního koeficientu dle regresní analýzy LCr a metristických charakteristik, měly délka ušního boltce, šířka ocasu a délka nohy, lze spatřovat v tom, že tyto rozměry jsou nízké délky a tudíž alometrie s LCr není tak výrazná a to se odráží i na hodnotě determinačního koeficientu.

Patric et Webb (1960) uvádějí jako další možné kritérium determinování živých jedinců do věkových tříd měření lícni šířky. Toto kritérium je sice, pokud je dobře provedeno, zatíženo menší chybou měření než předchozí uvedená, nepodléhá také sezónní variabilitě, ale na rozdíl od hmotnosti či délky ocasu nelze samozřejmě očekávat takto dobré výsledky u již osifikovaných kostí, a proto je toto kritérium vhodné především pro snadné oddělení zvířat do dvou let věku od dospělých jedinců. Další jeho nevýhodou je problematické získávání u živých odchycených jedinců nepodrobených narkóze.

Značně pochybné je také použití dentální rentgenografie u odchycených živých zvířat praktikované Hartmanem (1992), kdy její hlavní nevýhoda spočívá v nutnosti použití anestezie a transportu zvířat do laboratoře s rentgenem, proto není moc vhodná pro terénní podmínky a její využití lze spatřovat spíše u mrtvých jedinců, kdy může být levnější alternativou k sekci a řezům dentice.

## **8.4 Věková struktura významných populací a ČR**

Nejpočetnější věkovou kategorií na jižní Moravě byli adulti (58%), poté následovali subadulti (23%) a nejméně početnou třídou byli juvenilové (19%). V Českém lese tomu bylo přesně naopak, kdy nejpočetnější věkovou třídou byli juvenilové (53%), poté subadulti (30%) a nejméně početná kategorie byla tvořena adulty (17%). Hned na první pohled je jasné, že tyto dvě populace jsou svým opačným extrémem z hlediska věkové kompozice, toto bylo potvrzeno i výsledky statistické analýzy. Důvod odlišnosti lze spatřovat především v různém časovém vývoji jejich mateřských populací, ze kterých se bobří rozšířili na území ČR a v době osídlení lokalit jižní Moravy a Českého lesa. Bobří populace v Českém lese má svůj původ v bavorské populaci, která vznikla díky reintrodukcím probíhajících v letech 1966–1970 (Schwab et Schmidbauer 2001) a bobří začali na území Českého lesa pronikat kolem roku 1990 (Kůs, 1999). Předci jedinců populace jižní Moravy jsou původem z Horního Rakouska, kde reintrodukce probíhaly v letech 1976 až

1985 (Sieber, 2003), na území jižní Moravy začali bobři z Rakouska pronikat kolem roku 1986 (Zajíček et Vlašín 1992). Na základě nastíněné časové osy vývoje obou populací, lze konstatovat, že populace obývající oblast jižní Moravy je starší než populace Českého lesa, s tím také souvisí rozdílná věková struktura těchto populací.

Populace ČL se stále nachází v počáteční fázi zrychleného růstu, kdy je přítomno největší množství mláďat. Počet subadultů v ČL je výrazně nižší než počet juvenilů, což značí vysokou úmrtnost (44%) jedinců do jednoho roku života. Ještě vyšší míru úmrtnosti (57%) mláďat zjistili ve své studii i McTaggart et Nelson (2003). Takto vysoká mortalita juvenilů může také naznačovat, že lokality se blíží k horní hranici únosnosti a dochází ke snížení dostupnosti potravinových zdrojů a v budoucnu k celkovému vyčerpání, což bude mít za následek značné zpomalení růstu populace nebo rozšíření do nových lokalit s hojností potravy. Toto je potvrzováno i nižší úrovní přežívání subadultů, k jejichž úmrtnosti dochází především v důsledcích bojů o nová teritoria, z toho lze také usuzovat, že brzy dojde k nasycení lokalit ČL. Početnost celé populace ČL je nyní odhadována asi na 160–230 jedinců.

Populace JM má fázi exponenciálního růstu (s velkým podílem mladých jedinců) již za sebou. Největší procento populace je tvořeno adulty (58%), poté subadulty (23%) a nejméně početná je věková kategorie juvenilů (19%). Pravděpodobně již došlo k značnému vyčerpání potravinových zdrojů a jedinci byli nuceni obsazovat méně optimální lokality, což vedlo k menším velikostem vrhu a to mohlo mít za následek vyšší podíl resorpce plodů, který se projevuje především v nasycených lokalitách v důsledku vnitropopulačního tlaku (Heidecke, 1991). Tyto uvedené zákonitosti způsobují nižší početnost juvenilů. Na JM je také nižší míra mortality jedinců do jednoho roku, což může naznačovat, že početnost vrhů je opravdu nízká a menší počet mláďat jsou schopni členové rodiny lépe zajistit, i v méně optimálních lokalitách s nižší potravní nabídkou. Populace se nachází ve vyrovnaném stavu a její hustota osciluje kolem únosné kapacity prostředí. Početnost celé populace JM je nyní odhadována asi na 840–1220 jedinců.

Spojením informací o věkové struktuře těchto dvou zmíněných populací s údaji, zjištěnými z dalších lokalit výskytu bobra (Labe, Litovelské Pomoraví), bylo možné odhadnout věkovou strukturu bobra pro celou Českou republiku. Nejpočetnější věkovou kategorií v ČR jsou adulti (48%), poté juvenilové (27%) a nakonec subadulti (25%). Tato věková struktura je dána především spojením dvou

extrémů z populací ČL a JM, přesto pro ni budou platit podobné charakteristiky jako pro populaci JM. Převaha adultních jedinců ve věkové kompozici populace signalizuje stabilní a stárnoucí populaci (Dzieciolowski, 1996).

## 8.5 Pohlavní struktura ČR a rozdíly mezi pohlavími

Monogamie zajišťuje dostupnost partnerů, když je dlouhý prenatalní a postnatalní vývoj (Svendsen, 1980) a proto by se měl poměr pohlaví v populaci rovnat jedné. Výsledek poměru pohlaví u odchycených jedinců, u nichž jediných bylo možno určit pohlaví byl 1,1, s tím že samic bylo 97 a samců 88. Zjištěný poměr pohlaví je tedy vyrovnaný (Novak 1987 in McTaggart et Nelson 2003), vyrovnaný poměr pohlaví byl zjištěn také autory Svendsenem (1980) a Parkerem et al. (2002). McTaggart et Nelson (2003) ve své studii udávají, že pokud se poměr pohlaví liší od vyrovnanosti, je to kvůli nedostatečné (především malé) velikosti vzorku, selektivně odchytových metod či náhodným lokálním odlišnostem. Ať tak nebo onak, poměry pohlaví mohou být zešikmené uvnitř specifických věkových tříd. V této diplomové práci byla ve všech věkových třídách zjištěná převaha samic. Ve studii McTaggarta et Nelsona (2003) samci převládali ve věkové kategorii adultů. Zatímco Osborn (1953) udával, že samci často převyšovali počtem samice jen u mláďat a jednoletých zvířat, naopak starší třídy jsou zešikmené směrem k samicím. Převahu samic ve věkové třídě adultů vysvětluje Osborn (1953) tím, že více samců zahyne při bojích v době páření. Vyšší proporce samců při narození proto mohou být adaptivním mechanismem vyrovnání vyššího stupně úmrtnosti rozptylujících se jednoletých a dvouletých samců. Tímto mechanismem by byl vždy zajištěn funkční poměr pohlaví blízko jedné. Detailní výzkum na podporu této hypotézy ovšem chybí (Novak 1999 in McTaggart et Nelson 2003). Výsledky této diplomové práce nemohou s jistotou toto tvrzení potvrdit, protože nejsou k dispozici přesné údaje o poměru narozených mláďat, ale převaha samic v adultní věkové třídě může nasvědčovat, že by mohlo být pravdivé.

Při testování rozdílů ve velikosti metristických charakteristik u pohlaví nebyl prokázán žádný statisticky významný rozdíl (viz. grafy). Samice by obecně měly být těžší než samci, neboť velké samice vykonávají volbu partnera a aktivně brání teritorium (Willson 1966 in Heidecke 1984). Toto tvrzení by částečně mohlo podporovat zjištění, že v adultní věkové třídě jsou průměrné hmotnosti vyšší u samic

než u samců, ovšem tento fakt nebyl statistickou analýzou potvrzen. Studie Frahnerta et Heideckeého (1992) a Rosella et al. (2010) uvádějí existenci pohlavního dimorfismu ve velikosti délek krania, ale naopak studie Frahnerta (2000) tuto domněnku nepotvrdila. Ani výsledky výše uvedené statistické analýzy odlišnosti délky LCr u pohlaví nebyly průkazné, z obr. 24 je ovšem možné vysledovat, že samice vykazují vyšší průměrné délky LCr. Z toho lze usuzovat, že pokud existuje alometrický vztah mezi LCr a vnějšími charakteristikami a samice jsou větší než samci z hlediska etologického, měly by mít i větší naměřené hodnoty délek LCr, pro podporu tohoto tvrzení by ovšem bylo nutné analyzovat větší vzorek dat.

## 9. Závěr

Z důvodu velkého množství věkových tříd a jejich rozsahů, které byly definovány variabilně podle různých autorů, lze vyvodit, že věkové kategorie a intervaly je utvářející nelze nijak paušalizovat a jejich užití může být přizpůsobeno podle použitých kritérií determinace věku. Pro potřeby této diplomové práce byly stanoveny tři věkové kategorie (juvenilové, subadulti, adulti), především z hlediska určování stáří u odchycených jedinců, kdy není možné určit přesný věk a proto musí být přistoupeno k zařazování jedinců do věkových tříd.

Všechna běžně užívaná kritéria (osteologické a metristické charakteristiky) jsou schopna determinovat jedince do těchto věkových kategorií, ale největší vypovídací hodnotu má u živých jedinců hmotnost, i když může být sezónně variabilní. Avšak tento faktor lze vyloučit odchvy v letních měsících, kdy je hmotnost převážně konstantní. Na základě souvztažnosti mezi věkem, určeným dle charakteru dentice a kraniálním rozměrem LCr a také díky existenci alometrie mezi LCr a metristickými charakteristikami, lze konstatovat, že délka LCr může být použita jako levnější a méně technicky náročná alternativa určení věku jedinců a stanovení rozsahů intervalů jednotlivých věkových tříd bobra.

Zjištěný poměr pohlaví bobrů v ČR byl vyrovnaný, což koresponduje s charakteristikou monogamních druhů a i s výsledky zjištěnými jinými autory, avšak v jednotlivých věkových kategoriích byla převaha samic. Pro objasnění tohoto trendu, by bylo třeba detailnější studium zaměřené pouze na pohlavní strukturu populace a se zohledněním etologického aspektu.

Výsledky statistické analýzy zkoumající rozdíly pohlaví, nebyl prokázán rozdíl ve velikosti délky LCr, hmotnosti a dalších vnějších charakteristik u samců a samic, i když poskytly lehký náznak existence větších hmotností a délek LCr u samic, pro potvrzení této hypotézy by bylo třeba prozkoumat větší množství vzorek dat.

Věkové struktury populací v ČL a na JM korespondují s vývojem jejich mateřských populací. Populace v ČL je blízko stavu nasycení lokalit a populace JM dosáhla již únosné kapacity prostředí a nachází se v rovnovážném stavu. Nejpočetnější třídou věkové kompozice populace bobra celé ČR jsou adulti a nejméně početnou subadulti následováni juvenily, to může být dáno jednak spojením dvou extrémů věkového složení zmíněných velkých populací a obraz o celkové věkové kompozici značně zkreslovat, nebo to může značit, že doposud osídlené území ČR zahrnuje populaci bobra, která vstupuje do fáze stárnutí.

## 10. Literatura

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

**BRADY CH. A. et SVENDSEN E., 1981:** Social behaviour in family of beaver (*Castor canadensis*). *Biology of behaviour* 6: 99–114.

**CAMPBELL R. D., ROSSEL F., NOLET B. A., VILMAR A., DIJKSTRA A., 2005:** Territory and group sizes in Eurasian beavers (*Castor fiber*): echoes of settlement and reproduction? *Behaviour Ecology Sociobiology* 58: 597–607.

**ČERVENÝ J., MÁLKOVÁ P., BUFKA L., 2000:** Současné rozšíření bobra evropského (*Castor fiber* L.) v západních a jižních Čechách. *Lynx* 31: 13–22.

**DOSTÁLOVÁ T. et 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.

**DUDÁK V. [ed.], 2005:** Český les: příroda, historie, život. *Baset, Praha, 880s.*

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

**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. et HEIDECHE D., 1992:** Kranimetrische Analyse eurasischer Biber, *Castor fiber* L. (*Rodentia, Castoridae*) – Erste Ergebnisse. *Semiaquatische Säugetiere, Wiss. Beitr. Univ. Halle: 175–189.*

**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. et ROSELL F., 2002:** The beaver's reconquest of Eurasia: status, population development and management of a conservation success. *Mammal Review* 32 (3): 153–178.

**HALLEY D. J. et ROSELL F., 2003:** Population and distribution of European beavers (*Castor fiber*). *Lutra* 46 (2): 91–101.

**HARTMAN G., 1992:** Age determination of live beaver by dental X-Ray. *Wildlife Society Bulletin* 20: 216–220.

**HAY K. G., 1958:** Beaver census methods in the Rocky mountain region. *Journal of Wildlife Management* 22 (4): 395–402.

**HEIDECHE D., 1984:** Untersuchungen zur Ökologie und Populationsentwicklung des Elbebibers, *Castor fiber albicus* Matschie (1907). Teil 1. Biologische und populationsökologische Ergebnisse. *Zool. Jb. Syst.* 111: 1–41.

**HEIDECHE D., 1991:** Zum Status des Elbebibers sowie etho-ökologische Aspekte. *Seevögel, Zeitschrift Verein Jordsand* 12 (1): 33–38.

**HRIB M., [ed.], 2004:** Lužní les v Dyjsko-moravské nivě. *Moraviapress, Břeclav: 591 s.*

**HÜNERMANN K. A., 1966:** Der Bau des Biber-Praemolaren und seine Verwendbarkeit für die Systematik der *Castoridae* (Rodentia, Mammalia). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen* 125: 227–234.

**KOSTKAN V., 1998:** Bobr se vrací. *Vesmír* 77: 403–404.

**KOSTKAN V., 1999:** The European beaver (*Castor fiber* L.) population growth in the Czech republic. In: Hollmann H [ed.]: *Proceedings of the III International Symposium on Semiaquatic Mammals and their Habitats, Osnabrück/Germany 25–27 May 1999*. Universität Osnabrück, Osnabrück, Germany. Abstract: 22–23.

**KÜHN R., SCHWAB G., SCHRODER W., ROTTMANN O., 2002:** Molecular Sex Diagnosis in Castoridae. *Zoo Biology* 21: 305–308.

**KŮS E., 1999:** Savci Přimorského lesa. *Lynx* 30: 77–100.

**LARSON J. S., 1967:** Age structure and sexual maturity within a western Maryland beaver (*Castor canadensis*) population. *Journal of Mammalogy* 48: 408–413.

**LARSON J. S. et NOSTRAND VAN F. C., 1968:** An evaluation of beaver aging techniques. *Journal of Wildlife Management* 32 (1): 99–103.

**MCTAGGART S. T. et NELSON T. A., 2003:** Composition and Demographics of Beaver (*Castor canadensis*) Colonies in Central Illinois. *The American Midland Naturalist* 150: 139–150.

**OSBORN D.J., 1953:** Age classes, reproduction, and sex ratios of Wyoming beaver. *Journal of Mammalogy* 34(1): 27–44.

- OSBORN D.J., 1955:** Techniques of sexing beaver (*Castor canadensis*). *Journal of Mammalogy* 36: 141–142.
- PARKER H., ROSELL, F., HERMANSEN, T.A., SØRLØKK, G. et 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. et WEBB W. L., 1960:** An evaluation of three age determination criteria in live beavers. *Journal of Wildlife Management* 24: 37–44.
- PAYNE N. F., 1979:** Relationship with pelt, weight and age of beaver. *Journal of Wildlife Management* 43 (3): 804–806.
- PAYNE N. F., 1982:** Colony size, age, and sex structure of Newfoundland beaver. *Journal of Wildlife Management* 46(3): 655–661.
- PAYNE N. F., 1989:** Population dynamics and harvest response of beaver. *Eastern Wildlife Damage Control Conferences, Lincoln*: 126–134.
- PIECHOCKI R., 1986:** Osteologische Kriterien zur Altebestimmung 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.
- ROBERTSON R. A. et SHADLE A. R., 1954:** Osteologic Criteria of Age in Beavers. *Journal of Mammalogy* 56 (2): 197–203.
- ROUSSEUW P., STRUYF A., HUBERT M., 1996:** Clustering in an Object-Oriented Environment. *Journal of Statistical Software* 1: 1–30.
- ROSELL F. et SUN L., 1999:** Use of anal gland secretion to distinguish the two beaver species *Castor canadensis* and *C. fiber*. *Wildlife Biology* 5: 119–123.
- 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.
- SIEBER J., 2003:** Biber – Die erfolgreiche Rückkehr. *Wiss. Redaktion. Biologiezentrum der OÖ. Landesmuseen*, 23s.
- 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 Museum für Tierkunde Dresden* 41 (14): 165–175.

**SCHULTE B. A., MÜLLER-SCHWARZE D., SUN L., 1995:** Using anal gland secretion to determine sex in beaver. *Journal of Wildlife Management* 59(3): 614–618.

**SCHWAB G. et SCHMIDBAUER M., 2001:** The Bavarian Beaver Re-introductions. In: Czech A. et Schwab G. [eds.]: *The European Beaver in a new millennium*. Proceedings of 2nd European Beaver Symposium, 27-30 Sept. 2000, Białowieża, Poland. Carpathian Heritage Society, Kraków: 51–53.

**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.

**TOLASZ R. [ed.], 2007:** Atlas podnebí Česka. *Český hydrometeorologický ústav, Praha*, 255 s.

**TROSZYŃSKI W., 1975:** The main differences in the structure of the skull of both the Canadian and the European Beaver. *Prezglad Zoologiczny* 19(4): 181–186.

**TROSZYŃSKI W., 1977:** Changes in the form of incisors as an age criterion for beaver (*Castor fiber* L.). *Zoologica Poloniae* 26 (2): 167–175.

**NOSTRAND VAN F. C. et STEPHENSON A. B., 1964:** Age determination for beavers by tooth development. *Journal of Wildlife Management* 28: 430 – 434.

**VOREL A., 2003:** Labští bobři a loňské povodně. *Vesmír* 82: 578.

**VOREL A., 2006:** Program péče o populaci bobra evropského. *Ochrana přírody* 61: 202–207.

**VOREL A., MALOŇ J., HAMŠÍKOVÁ L., VÁLKOVÁ L. et JOHN F., 2006:** Metodika monitoringu populace bobra evropského v České republice. In: Nová P.,

Petrusková T. et Uhlíková J. [eds.]: *Sborník příspěvků ze semináře „Budou tu žít s námi“*. Agentura ochrany přírody a krajiny, Praha, *Příroda* 25: 75–94.

**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.

**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.

**ZAJÍČEK R. et VLAŠÍN M., 1992:** Návrat bobrů. *Ekocentrum Brno, Brno*, 23 s.

**ZEJDA J. [ed.], 2002:** Hlodavci v zemědělské a lesnické praxi. *Agrospol s.r.o., Praha*, 284 s.

**ZRZAVÝ J., 1978:** Anatomie pro stomatology. Avicentrum, zdravotnické nakladatelství, Praha, 560 s.

## 11. Seznam obrázků a tabulek

### Obrázky

- Obr. 1: Os penis
- Obr. 2: Kraniální charakteristiky měřené z bazální strany (1)
- Obr. 3: Kraniální charakteristiky měřené z dorzální strany (1)
- Obr. 4: Kraniální charakteristiky měřené z posteriální strany (1)
- Obr. 5: Kraniální charakteristiky měřené z laterální strany na dolní čelisti (1)
- Obr. 6: Kraniální charakteristiky měřené z frontální strany
- Obr. 7: Meziočnicová šířka
- Obr. 8: Kraniální charakteristiky měřené z bazální strany (2)
- Obr. 9: Kraniální charakteristiky měřené z dorzální strany (2)
- Obr. 10: Kraniální charakteristiky měřené z laterální strany (2)
- Obr. 11: Kraniální charakteristiky měřené z posteriální strany (2)
- Obr. 12: Kraniální charakteristiky měřené z laterální strany na dolní čelisti(2)
- Obr. 13: Schéma vstupů a výstupů statistické analýzy
- Obr. 14: Regresní rovnice věku a kraniálního rozměru LCr
- Obr. 15: Graf obrysů shluků pro kraniální rozměr č. 23
- Obr. 16: Graf shluků pro LCr
- Obr. 17: Regrese věku a hmotnosti
- Obr. 18: Regrese věku a délky ocasu
- Obr. 19: Regrese věku a délky těla
- Obr. 20: Věková struktura bobra v ČR
- Obr. 21: Věková struktura bobra evropského na jižní Moravě
- Obr. 22: Věková struktura bobra evropského na jižní v Českém lese
- Obr. 23: Procentuální zastoupení pohlaví ve věkových kategoriích v ČR
- Obr. 24: Graf průměrných délek LCr u samců a samic
- Obr. 25: Graf průměrných hmotností u samců a samic
- Obr. 26: Graf průměrných hmotností adultů u samců a samic

- Obr. 27: Graf průměrných délek ocasů u samců a samic
- Obr. 28: Graf průměrných délek těla u samců a samic

#### Tabulky

- Tab. 1: Výsledky regresní analýzy LCr a metristických charakteristik
- Tab. 2: Hraníční hodnoty pro jednotlivé věkové kategorie
- Tab. 3: Věkové rozsahy pro jednotlivé věkové kategorie
- Tab. 4: Výsledky regresní analýzy věku a metristických charakteristik
- Tab. 5: Početnost věkových kategorií v ČR
- Tab. 6: Početnost věkových kategorií na JM a v ČL
- Tab. 7: Procentuální zastoupení pohlaví ve věkových kategoriích v ČR
- Tab. 8: Výsledky statistické analýzy rozdílů mezi pohlavími