

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Garantující pracoviště: Excelentní výzkum EVA 4.0



Bakalářská práce

**Preparace srdcí vybraných skupin ptáků
(Aves) metodou plastinace**

**Preparation of hearts of selected species of birds (Aves) by
plastination method**

Autor práce: Mariia Vasylieva

Obor: Konzervace přírodnin a taxidermie

Vedoucí práce: Ing. Jiří Synek, Ph.D.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Mariia Vasylieva

Lesnictví
Konzervace přírodnin a taxidermie

Název práce

Preparace srdcí vybraných skupin ptáků (Aves) metodou plastinace

Název anglicky

Preparation of hearts of selected species of birds (Aves) by plastination method

Cíle práce

- 1) Vypracování literární rešerše na zvolené téma
- 2) Vyhotovení preparátů srdcí ptáků metodou plastinace
- 3) Změření hmotnosti srdcí a zjištění její případné korelace se způsobem života druhu

Metodika

V rámci literární rešerše bude dle dostupné moderní literatury popsána morfologie srdcí evropských ptáků se zaměřením na jednotlivé řády.

Jako jeden z výsledků práce bude vytvořena řada trvalých preparátů srdcí ptáků (Aves) za pomoci metody plastinace. Preparáty budou opatřeny popisy tak, aby sloužily k výuce na vysoké škole a také bude statisticky ověřena vhodnost této preparační metody pro trvalé preparáty ptačích orgánů. Druhy budou zvoleny tak, aby obsahovaly co nejširší spektrum druhů a řádů ptáků. Bude se jednat především o jedince z řádů vrubozobí (Anseriformes), hrabaví (Galliformes), veslonoží (Pelicaniformes), dravci (Accipitriformes), dlouhokřídlí (Charadriiformes), měkkozobí (Columbiformes), sovy (Strigiformes), šplhavci (Piciformes) a pěvci (Passeriformes). Bude také zjištěna váha srdce a její možná korelace v závislosti na tělesné hmotnosti k trofismu, způsobu života ptáků a relativní délce křídel vůči délce těla.

Harmonogram prací:

Srpen – říjen: Psaní literární rešerše, shromáždování materiálu pro preparaci, vytvoření metodiky zpracování

Listopad – leden: Preparace materiálu, měření výsledných preparátů

Únor – březen – Hodnocení výsledků, sepsání diskuse

Doporučený rozsah práce

40 stran bez příloh

Klíčová slova

Taxidermie, Platinace, Ptáci, Srdce, Anatomie

Doporučené zdroje informací

ČERNÝ, H. *Anatomie domácích ptáků*. Brno: Metoda, 2005. ISBN 80-239-4966-7.

FLEGR, J. – AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY. *Evoluční biologie*. Praha: Academia, 2009. ISBN 978-80-200-1767-3.

GOODFELLOW, P. – RŮŽIČKOVÁ, P. – KAPIC, T. *Ptáci střední Evropy*. V Praze: Slovart, 2018. ISBN 978-80-7529-734-1.

HUME, R. – KHOLOVÁ, H. *Ptáci Evropy*. V Praze: Knižní klub, 2004. ISBN 80-242-1133-5.

Taylor M.: *The pocket book of bird anatomy*. Bloomsbury Wildlife, 2020. 224 pp. ISBN: 9781472976925

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Jiří Synek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Excelentní výzkum EVA 4.0

Elektronicky schváleno dne 30. 8. 2020

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 21. 10. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 16. 04. 2021

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Preparace srdcí vybraných skupin ptáků (Aves) metodou plastinace* vypracovala samostatně pod vedením Ing. Jiřího Synka, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V.....Praze..... dne.....20.4.2021.....

Podpis autora

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu práce Ing. Jiří Synkovi, Ph.D., za pomoc během preparace, konzultace, cenné rady a psychologickou podporu, bez kterých bych nebyla schopna práci vypracovat. Dále děkuji svému příteli za vaření jídla, úklid bytu a podporu během psaní práce.

Abstrakt

V rámci této práce bylo vyhotoveno 29 preparátů srdcí 26 druhů ptáků metodou plastinace. Tyto druhy patří do 7 řádů: Anseriformes, Galliformes, Pelicaniformes, Accipitriformes, Charadriiformes, Columbiformes, Strigiformes, Piciformes a Passeriformes. Metoda plastinace spočívá v nahrazení tkáňové tekutiny tvrdnoucím polymerem. Vyhotovené preparáty srdcí si zachovaly svoji původní strukturu a barvu a mohou být dále použity pro výzkum a vzdělávání. U všech ptáků byla měřena délka těla, rozpětí křídel, stejně jako jejich celková hmotnost a hmotnost jejich srdcí. Byla provedena srovnávací analýza hmotnosti srdcí s dalšími parametry. U pro zkoumané druhy byla nalezena přímá korelace mezi celkovou hmotností jedinců a hmotností srdce a velmi pravděpodobná závislost srdeční hmotnosti na způsobu získávání potravy. Žádná korelace mezi relativním rozpětím křídel vůči délce těla nebyla zjištěna.

Abstract

During the practical part, 29 hearts of 26 bird species were preserved by plastination method. Those species belongs to 7 orders: Anseriformes, Galliformes, Pelicaniformes, Accipitriformes, Charadriiformes, Columbiformes, Strigiformes, Piciformes and Passeriformes. The plastination method is based on replacing tissue fluids by a hardening polymer. Plastinated specimens of the hearts had preserved their original structure and color and can be further used for research and education. All birds were measured for body length, wing-span, as well as their total weight and the weight of their hearts. A comparative analysis of heart weight with other parameters was performed. In the examined species, a direct correlation was found between the total weight of individuals and the weight of the heart and a very probable dependence of the heart weight on the type of feeding. No correlation was found between the relative wing-span and body length.

Obsah

ABSTRAKT	6
ABSTRACT	7
1. CÍLE PRÁCE	11
2. METODIKA ZADÁVACÍHO LISTU	12
3. ÚVOD	13
4. LITERÁRNÍ REŠERŠE	14
4.1. PTÁCI.....	14
4.2. TAXONOMIE PTÁKŮ EVROPY.....	16
4.3. MORFOLOGIE PTÁKŮ.....	19
4.4. ANATOMIE PTÁKŮ.....	22
4.4.1. <i>Kosterní soustava</i>	22
4.4.2. <i>Svalová soustava</i>	28
4.4.3. <i>Nervový systém</i>	28
4.4.4. <i>Oběhový systém</i>	29
4.4.5. <i>Dýchací soustava</i>	30
4.4.6. <i>Trávicí soustava</i>	31
4.5. ZPŮSOB ŽIVOTA VYBRANÝCH ŘÁDŮ A JEDNOTLIVÝCH DRUHŮ.....	32
4.5.1. <i>Dravci (Accipitriformes)</i>	32
4.5.2. <i>Hrabavi (Galliformes)</i>	34
4.5.3. <i>Měkkozobí (Columbiformes)</i>	36
4.5.4. <i>Pěvci (Passeriformes)</i>	37
4.5.5. <i>Sovy (Strigiformes)</i>	40
4.5.6. <i>Šplhavci (Piciiformes)</i>	42
4.5.7. <i>Vrubozobí (Anseriformes)</i>	43
4.6. PLASTINACE.....	46
4.6.1. <i>Přístroje používané pro plastinaci</i>	46
4.6.2. <i>Chemikálie používané při plastinaci</i>	47
4.6.3. <i>Postup plastinace</i>	53
4.6.4. <i>Plastinace srdce</i>	57
5. METODIKA	58
5.1. PREPARACE.....	58
5.2. MĚŘENÍ A VÁŽENÍ.....	59
5.3. PLASTINACE.....	60
5.3.1. <i>Fixace</i>	60
5.3.2. <i>Dehydratace</i>	61
5.3.3. <i>Vakuově nucená impregnace</i>	62

5.3.4. Tuhnutí preparátu	64
5.4. STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ	64
6. VÝSLEDKY	65
6.1. PLASTINACE.....	65
6.2. STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ	67
6.2.1. Závislost hmotnosti jedince na hmotnosti srdce	68
6.2.2. Závislost hmotnosti srdce na délce těla a rozpětí křídel.....	69
7. DISKUZE.....	72
7.1. PLASTINACE.....	72
7.2. ZÁVISLOST HMOTNOSTI JEDINCE NA HMOTNOSTI SRDCE	73
8. ZÁVĚR.....	77
9. DOPORUČENÍ PRO PRAXI.....	78
10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	79

Seznam použitých obrázků

- Obrázek č. 1: Kladogram třídy Aves **str. 18**
- Obrázek č. 2: Anatomie slepičí lebky **str. 24**
- Obrázek č. 3: Dorzální vzhled pánevní kosti a synsacra **str. 27**
- Obrázek č. 4: Kostra dolní končetiny slepice (dorzální vzhled) **str. 28**
- Obrázek č. 5: Preparace strakapouda velkého **str. 58**
- Obrázek č. 6: Vypitvané srdce **str. 59**
- Obrázek č. 7: Vážení srdcí **str. 60**
- Obrázek č. 8: Fixace srdcí ve formaldehydu **str. 61**
- Obrázek č. 9: Dehydratace srdcí v acetonu **str. 62**
- Obrázek č. 10: Měření tlaku hned po zapnutí vakuového čerpadla **str. 63**
- Obrázek č. 11: Tuhnutí srdcí **str. 64**
- Obrázek č. 12: Zplastinovaná srdce vybraných jedinců **str. 65**
- Obrázek č. 13: Zplastinované srdce labuti velké, výška 10,4 cm **str. 66**
- Obrázek č. 14: Výřez z grafu č.1 **str. 68**

Seznam použitých grafů

Graf č. 1: Bodový graf závislosti hmotnosti jedince na hmotnosti srdce **str. 68**

Graf č. 2: Sloupcový graf závislosti hmotnosti jedince (g) na hmotnosti srdce **str. 69**

Graf č. 3: Bodový graf závislosti rozpětí křídel (cm) na hmotnosti srdce (g) **str. 70**

Graf č. 4: Zobrazení rozpětí křídel (cm) (délky těla (cm) oranžově) připadající na jeden gram srdce **str. 70**

Graf č. 5: Závislost koeficientu rozpětí křídel (cm)/délka těla (cm) na hmotnosti srdce (g) **str. 71**

Seznam použitých tabulek

Tabulka č. 1 Tabulka naměřených hodnot pro jednotlivé druhy ptáků, řazeno dle váhy srdce **str. 67**

Tabulka č. 2 Barevné odlišení jednotlivých řádů **str. 68**

Tabulka č. 3 Průměrné hodnoty hmotnosti jedinců (g) připadající na 1 gram srdce rozdělené pro jednotlivé řády **str. 69**

Tabulka č. 4: Průměrné hodnoty rozpětí křídel jedinců (cm) připadající na 1 gram srdce rozdělené pro jednotlivé řády **str. 71**

Tabulka č. 5: Průměrné hodnoty délky těla jedinců (cm) připadající na 1 gram srdce rozdělené pro jednotlivé řády **str. 71**

1. Cíle práce

- 1) Vypracování literární rešerše na zvolené téma
- 2) Vyhotovení preparátů srdcí ptáků metodou plastinace
- 3) Změření hmotnosti srdcí a zjištění její případné korelace se způsobem života druhu

2. Metodika zadávacího listu

V rámci literární rešerše bude dle dostupné moderní literatury popsána morfologie srdcí evropských ptáků se zaměřením na jednotlivé řády. Jako jeden z výsledků práce bude vytvořena řada trvalých preparátů srdcí ptáků (Aves) za pomoci metody plastinace. Preparáty budou opatřeny popisy tak, aby sloužily k výuce na vysoké škole a také bude statisticky ověřena vhodnost této preparační metody pro trvalé preparáty ptačích orgánů. Druhy budou zvoleny tak, aby obsahovaly co nejširší spektrum druhů a řádů ptáků. Bude se jednat především o jedince z řádů vrubozobí (Anseriformes), hrabaví (Galliformes), veslonozí (Pelicaniformes), dravci (Accipitriformes), dlouhokřídlí (Charadriiformes), měkkozobí (Columbiformes), sovy (Strigiformes), šplhavci (Piciformes) a pěvci (Passeriformes). Bude také zjištěna váha srdce a její možná korelace v závislosti na tělesné hmotnosti k trofismu, způsobu života ptáků a relativní délce křídel vůči délce těla.

3. Úvod

Plastinace je současná metoda konzervace, patentovaná roku 1977 Dr. Gunther von Hagensem z Univerzity Heidelberg v Německu (Siddiqui, 1988; Henry a kol., 2019). Pomocí této technologie lze uchovávat tkáně a orgány v jejich původní podobě, bez ztráty barvy a struktury. Proto plastinace hraje čím dál tím větší roli v dlouhodobém uchovávání tkání a anatomické výuce (Riederer, 2014). Základní princip plastinace spočívá v nahrazení tkáňové tekutiny tvrdnoucím polymerem (silikony, polyestery, pryskyřice). Výsledkem jsou nádherné, perfektně zachovalé a unikátní preparáty (Dawson a kol., 1900; deJong a kol., 2007; Henry a kol., 2019).

V této práci bude pomocí metody plastinace vyhotoveno 29 preparátů srdcí 26 druhů ptáků, patřících do 7 řádů: Anseriformes, Galliformes, Accipitriformes, Columbiformes, Strigiformes, Piciformes a Passeriformes.

U všech ptáků bude měřena délka těla, rozpětí křídel, stejně jako jejich celková hmotnost a hmotnost jejich srdcí. Bude provedena srovnávací analýza hmotnosti srdcí s dalšími parametry.

4. Literární rešerše

4.1. Ptáci

Ptáci (*Aves*) jsou skupina homoiotermních oviparních obratlovců. Dnes jsou ptáci nejbohatší skupinou teropodních obratlovců (Williams, 2020). Skupina je dobře oddělená od ostatních moderních zvířat. Jedním z jejich nejcharakterističtějších znaků je peří, které chrání tělo před nepříznivými teplotními změnami a hraje důležitou roli při letu (Kaiser, 2007; Taylor, 2020). Velikost ptáků se pohybuje od 2 g u včelího kolibříka (*Mellisuga helenae*) po pštrosa (*Struthio camelus*), který váží kolem 110 kg (Burger, 2007; Taylor, 2020).

Ptáci obývají všechny regiony světa, včetně centrální části Antarktidy. Podle Mezinárodní unie ornitologů bylo v lednu 2021 známo 10 806 druhů živých ptáků (19 990 poddruhů) a 158 druhů, které vyhynuly lidskou vinou od roku 1500 (IOC World Bird List, © 2021; 20. 02. 2021).

Ptáci jsou obratlovci a mají čtyři končetiny, což znamená, že ptáci jsou tetrapody stejně jako savci, plazi a obojživelníci (Taylor, 2020), ale nemůžeme s jistotou říct, že jakýkoliv prehistorický tetrapod byl rozhodně předkem moderních ptáků (Bejček, 2004; Taylor, 2020), nicméně můžeme pozorovat vznik moderních ptačích rysů studiem jejich fosilií. Nejznámějším fosilním „ptákem“ je *Archeopteryx lithographica* „Staré křídlo z litografického vápence“ (Bern, 2001; Lovette, 2016; König, 2016), který žil asi před 150 miliony let. Několik dobře zachovaných fosilních druhů bylo nalezeno na jihu současného Německa (Taylor, 2020). Mnoho druhů ptáků provádí pravidelně dlouhé migrace z jedné oblasti Země do druhé. Ptáci jsou společenská zvířata, která mezi sebou komunikují pomocí vizuálních a zvukových signálů a mohou provádět sociální činnosti: společné hnízdění, společný lov nebo ochrana před predátory. Většina druhů je monogamních. Vejce jsou obvykle kladena do hnízda a inkubována jedním nebo oběma členy páru. Většina ptáků se o své potomky stará dlouho po jejich narození (Bern, 2001; Taylor, 2020; Williams, 2020). Ptáci jsou nejrozmanitější třídou tetrapodů. Podle seznamu faunistické komise ČSO počet ptačích druhů v ČR k roku 2015 činil 394 druhů (FK ČSO, © 2015; 11. 2. 2021). Lidské životy jsou propojeny se životy ptáků. Jíme je, chováme je jako domácí mazlíčky, čerpáme z nich inspiraci pro technologie a umění a lovíme vedle nich. Ptáci zachycují lidskou představivost, snad více než kterákoli jiná skupina zvířat. Jsou významnými postavami náboženství, folklóru a tradic kultur z celého světa. Často jsou to symboly stvoření,

plodnosti, moci, vzkříšení a dalších. V některých kulturách jsou dokonce bohové zobrazováni jako ptáci. Toto rozšířené a opakované zastoupení ptáků hovoří o jejich duchovním významu v lidských tradicích. Jako symbol se vyskytují téměř ve všech náboženstvích a uměleckých dílech ještě z doby kamenné (Williams, 2020). Ptáci a jejich vejce jsou součástí lidské stravy již před vznikem našeho druhu. Paleontologické důkazy a studie zubů a čelistí primátů naznačují, že my, lidé, jsme, a i naši předkové byli již dlouho všežraví, tedy začleňujeme maso, ovoce i zeleninu do naší stravy po miliony let. Naši nejranější předkové, hominidé, pravděpodobně oportunisticky jedli mladé ptáky a ptačí vejce (Williams, 2020; Harari, 2016). Drůbež dnes patří k nejvíce chovaným hospodářským zvířatům na světě (Harari, 2016). K přednostem chovu patří rychlá reprodukce a krátká doba výkrmu. U drůbežního masa, především kuřecího, jsou významné jeho výživové hodnoty a rychlé kulinařní zpracování. Nejrozšířenějším chovaným druhem drůbeže jsou slepice, respektive kuřata. V roce 2017 bylo na celém světě vyprodukováno kolem 118,1 mil. tun ptačího masa. Největšími chovateli kuřat a producenty kuřecího masa jsou USA (21316 tis. tun), Čína (19159 tis. tun), a Brazílie (13992 tis. tun) (EAEU, © 2017; 11. 2. 2021). Archeologická naleziště poskytují důkazy o aktivním lovu volně žijících ptáků, jehož historie sahá přinejmenším do pozdní doby kamenné, asi 12 000 př. n. l. Exempláře odebrané v městě Catalhöyük v jižním Turecku, datované do roku 7000 př. n. l., naznačují využití až 79 druhů ptáků z 23 různých čeledí, s dominancí druhů vázaných na vodu. Artefakty na tomto místě naznačují mnohostranné využití ptáků, nejen k jídlu, ale také ke slavnostním kostýmům a náboženským rituálům. Tradice lovu divokých ptáků pokračuje v mnoha moderních společnostech, např. lov kachen a jiného vodního ptactva zůstává populární ve velké části západního světa. Lov však prochází demografickými změnami a této činnosti se nyní věnuje méně lidí, než tomu bylo dříve. Například v Kanadě za rok 1975 šlo na lov kachen odhadem 380 000 lidí; do roku 2017 tento počet klesl na přibližně 117 000 (Williams, 2020).

V současné době v ČR se dá obhospodařovat lovem hodně druhů pernaté zvěře: bažant královský (*Syrnaticus reevesii*), bažant obecný (*Phasianus colchicus*), hrdlička zahradní (*Streptopelia decaocto*), holub hřivnáč (*Columba palumbus*), husa běločelá (*Anser albifrons*), husa polní (*Anser fabalis*), husa velká (*Anser anser*), kachna divoká (*Anas platyrhynchos*), krocan divoký (*Meleagris gallopavo*), lyska černá (*Fulica atra*), orebice horská (*Alectoris graeca*), perlička obecná (*Numida meleagris*), polák chocholačka (*Aythya fuligula*), polák velký (*Aythya ferina*), straka obecná (*Pica pica*), špaček obecný (*Sturnus*

vulgaris), vrána obecná (*Corvus corone*) podle § 2 zákona č. 449/2001 Sb., Zákon o myslivosti.

4.2. Taxonomie ptáků Evropy

První pokus o systematizaci zvířat byl učiněn ve 4. století před naším letopočtem. Řecký vědec Aristoteles ve svých pracích „O částech živočichů“ a „O původu živočichů“ zařadil všechny ptáky do „vyššího rodu“ Ornithes (Aristoteles, přel. Karpov, 1937; 1940).

Ptáci se ve vztahu ke všem ostatním známým vyhynulým i živým druhům zdáli nezvratně jedineční, takže i jejich umístění na strom života bylo obtížné. Necelých 100 let poté, co ji švédský taxonom Carl Linnaeus pojmenoval „Třída Aves“, však první důkaz příbuznosti ptáků s některými vyhynulými druhy plazů (Dinosauria) zaznamenal britský anatom Sir Richard Owen a biolog Thomas Huxley, současníci přírodovědce Charlese Darwina. Některé fosilie dinosaurů měly také duté kosti, zatímco jiné měly výrazně kostnaté rysy, které jinak byly vidět jen u ptáků (Williams 2020).

Moderní fylogeneze a klasifikace ptáků se stále ještě tvoří. Srovnávací analýza anatomie ptáků, fosilií a DNA dosud problém klasifikace ptáků neřeší (Burger, 2007).

V posledních letech byla ptačí taxonomie charakterizována menší důvěrou v morfologickou kladistiku moderních taxonů, intenzivním paleornitologickým výzkumem stimulovaným novými objevy a analýzami založenými na DNA sekvencích. Na rozdíl od významného pochopení bazálního původu bohužel celkový obraz fylogeneze neornithinů zůstává do značné míry nevyřešen (Zusi a kol., 2007). Kvůli nevyřešeným obtížím s klasifikací ptáků je zde uvedena kompromisní klasifikace podle Howarda a Moora (2003), kterou používá IOC (IOC World Bird List, © 2021; 2. 3. 2021).

V rámci práce se budeme zabývat pouze druhy zastoupenými v Evropě, proto taxony, které se vyskytují pouze mimo Evropský kontinent nejsou uvedeny. Úplný seznam řádů je uveden na kladogramu (viz obrázek č. 1).

Říše: *Animalia*

Kmen: *Chordata*

Třída: *Aves*

(Williams, 2020)

Do třídy Ptáci (*Aves*) patří podtřída Neognathae neboli letci, zahrnující dva nadřády:

○ **Galloanseres** (2 řády):

řád Galliformes, Hrabaví, 5 čeledí, 117 druhů

řád Anseriformes, Vrubozobí, 3 čeledí, 178 druhů

○ **Neoaves** (33 řádů):

řád Caprimulgiformes, Lelkové, 4 čeledí, 122 druhů

řád Apodiformes, Svišťouni, 3 čeledí, 126 druhů

řád Otidiformes, Dropovití, 1 čeleď, 26 druhů

řád Cuculiformes, Kukačky, 1 čeleď, 149 druhů

řád Pteroclidiformes, Stepokurové, 1 čeleď, 16 druhů

řád Cuculiformes, Měkkozobí, 1 čeleď, 344 druhů

řád Gruiformes, Krátkokřídlí, 6 čeledí, 189 druhů

řád Podicipediformes, Potápky, 1 čeleď 23 druhů

řád Charadriiformes, Dlouhokřídlí, 3 čeledí, 387 druhů

řád Gaviiformes, Potáplice, 1 čeleď, 5 druhů

řád Procellariiformes, Trubkonosí, 4 čeledí, 147 druhů

řád Ciconiiformes, Brodiví, 1 čeleď, 19 druhů

řád Suliformes, 4 čeledí, 61 druh

řád Pelecaniformes, Veslonozí, 5 čeledí, 118 druhů

řád Accipitriformes, Dravci, 4 čeledi, 266 druhů

řád Strigiformes, Sovy, 2 čeledi, 248 druhů

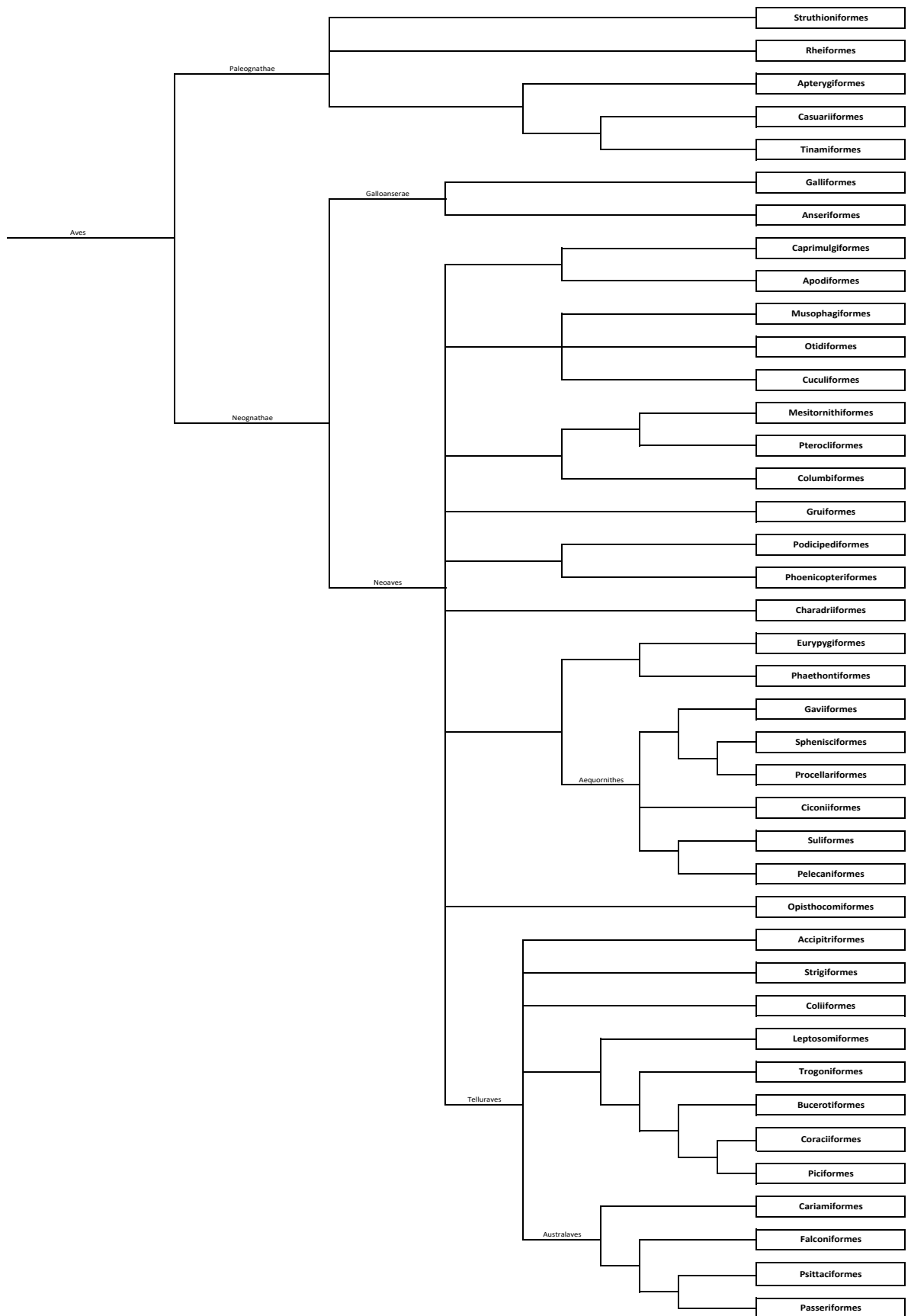
řád Coraciiformes, Srostloprstí, 3 čeledi, 178 druhů

řád Piciformes, Šplhavci, 4 čeledi, 445 druhů

řád Falconiformes, Sokoli, 1 čeleď, 66 druhů

řád Passeriformes, Pěvci, kolem 80 a 6533 druhů

(IOC World Bird List, © 2021; 06. 02. 2021).



Obrázek č.1: Kladogram třídy Aves (IOC World Bird List, © 2021; 06. 02. 2021)

4.3. Morfologie ptáků

Vnější morfologie ptáků odráží jejich způsobilost k letu (Bern, 2001; Williams, 2020). Existuje 38 druhů a endemických ostrovních poddruhů nelétavých suchozemských ptáků a 26 nelétavých vodních ptáků, kteří v průběhu evoluce ztratili schopnost létat, kterou měli jejich předkové (Roots, 2006). Tělo ptáků je kompaktní, silné a aerodynamické, s mohutnými svaly a zadními končetinami, které zajišťují vzlet do vzduchu a změkčují dopad při přistání (Bern, 2001; Videler, 2005), taky mohou fungovat jako vzduchové brzdy, nést náklad, regulovat polohu středu gravitace a slouží i jako námořní kotvy. Tvar ptačích těl, včetně hlavy, je obvykle poměrně přesně přizpůsoben na největší objem pro nejnižší odpor. Někteří ptáci s bizarními zobáky se pravděpodobně vyvinuli pod selekčními tlaky, kde aerodynamický tvar nehrál důležitou roli. Ocasy jsou vlevo a vpravo symetrické, mohou být jak v roztažené, tak i ve složené poloze a mohou se hýbat do stran. Tvar se velmi liší a závisí na množství a délce peří (Videler, 2005).

Peří je charakteristickým znakem ptáků (Bern, 2001), pravděpodobně se peří hojně vyskytovalo také u dinosaurů, střednějurské až svrchně křídové usazeniny ze severovýchodní Číny obsahovaly opeřené teropodní dinosaury. Vlákňité kožní struktury byly též popsány u ornitischianských dinosaurů, ale zda lze tato vlákna považovat za součástevoluční linie směrem k peří zůstává kontroverzní (Godefroit a kol., 2021).

Peří je skvěle lehké, ale také nabízí velmi účinnou izolaci, takže je dokonalým potahem těla pro endotermické létající zvíře. Peří na těle ptáka, které tvoří jeho vnější povrch, se nazývá obrysová peří a je přizpůsobeno (svým tvarem a uspořádáním v per k zajištění pevného pokrytí). Jejich vnější části jsou hladké a těsně se překrývají, odolávají větru a vodě, zatímco v blízkosti pokožky jsou měkké a nadýchané, aby zadržovaly vzduch (Taylor, 2020; König, 2016).

Krycí peří má dobře vyvinutou osu, jejíž základem je dutý brk ponořený do kůže. Z pružných ostnů vyrůstají větvičky s paprsky nesoucími háčky, které zapadají do háčků sousedních paprsků a tvoří prapor. Na samém spodku pera jsou větvičky obvykle měkké a delší a paprsky nemají háčky (Šilov, 1982). Stejně jako prachové chmýří na brku obrysového peří, jsou zde také drobné, prachová pera, která přispívají k zahřátí těla (Taylor, 2020). Volavky, několik druhů lelků, dropi i papoušci mají po stranách hrudi a na dolní části zad "pudřenky" – speciální druh peří, který se rozpadá na prášek (Šilov, 1982). Funkce prášku se jeví jako hygienická (například volavky jej používají k odstraňování rybího slizu z peří) a možná také hydroizolační (Taylor, 2020). Podél pterilií, nebo po celém těle pod krycím

peřím, je peří podobné vláknům s dlouhým tenkým ostnem, tzv. filoplumem (Taylor 2020). Je možné, že vykonává roli receptorů, které zachycují proudy vzduchu v tloušťce opeření (Šilov, 1982; Taylor, 2020). Filoplumy citlivé na dotek také rostou blízko úst a očí. Někteří ptáci chytající hmyz mají na okrajích úst malá, tuhá a ostnatá peří – riktální štětiny, která pomáhají zachytit kořist (Šilov, 1982; Taylor, 2020).

Peří různých typů je na těle uspořádáno zvláštním způsobem. Toto uspořádání je velmi podobné pro různé čeledi, přestože peří samotné se liší velikostí, barvou a strukturou (Taylor, 2020). Různé skupiny nebo plochy peří jsou od sebe odděleny oblastmi holé kůže nebo apterií. Obrysové peří u většiny ptáků, kromě pštrosů, tučňáků a ptáků z čeledi kamišovití, je umístěno podél určitých oblastí kůže (pterilia), a oddělené oblastí bez peří (apteria). To umožňuje, aby celé tělo bylo „zakryto“ menším počtem per a zajišťuje pohyblivost jednotlivých oblastí. Umístění a šířka pterilií a apterií se velmi liší u různých skupin ptáků, a je využíváno jako taxonomický znak. Největší apterie jsou ve středech zad a břicha (Šilov, 1982). Pterilia (pernice nebo pteryly) jsou uspořádány tak, že když jsou pera uhlazená, tvoří "krycí vrstvu", která hladce pokrývá celé tělo ptáka, ale pokud je peří zvednuto, je možné vidět oblasti holé kůže mezi nimi (Taylor, 2020). Každé pero vyrůstá z folikulu v kůži a tyto folikuly jsou navzájem spojeny pomocí kožních svalů, které umožňují ptákovi zvednout nebo zploštit konkrétní pera (Roots, 2006).

Díky kožnímu svalstvu může pták měnit polohu obrysového peří, zmenšuje nebo zvětšuje vzduchovou mezeru a tím reguluje ztráty tepla v určitých mezích. Změnou polohy opeření ptáci v určitých situacích vyjadřují emoční stav (agresivita, strach, vzrušení atd.) (Šilov, 1982). Peří na křídlech lze rozdělit na letky, které vyrůstají od zadní hrany křídla v jedné vrstvě, a kryty křídla, menší peří, které pokrývá vnitřní části křídla na horní i spodní straně. Ocas je strukturován podobným způsobem, přičemž rýdovací peří vyrůstá v jedné vrstvě z kůže na samém konci těla a krycí peří vyrůstá na horní a spodní straně (Taylor, 2020). Podrobná struktura peří se u různých skupin ptáků liší. U druhů žijících v drsných teplotních podmínkách je obvykle prachové peří vyvinuto více. Mnoho ptáků má více nebo méně vyvinutý brk, nesoucí měkké větvičky a paprsky bez háčků, jehož přítomnost zvyšuje tepelnou izolaci opeření (není u sov, holubů atd.). Lelkové a zejména sovy mají výrazně chlupaté peří, včetně letek a rýdovacích per. Ochlupení poskytuje nehlučnost letu potlačením turbulence proudění vzduchu. Vodní ptáci mají relativně krátké a silně zakřivené peří, k sobě těsně přiléhající, což zabraňuje zvlhnutí per. Peří se pohybuje od hlavy k ocasu a roste směrem dozadu, aby se pták mohl pohybovat dopředu a přední peří překrývalo zadní. Obecně platí, že peří se směrem k zadní části těla zvětšuje, přičemž nejmenší pera se nachází v přední

části hlavy (Taylor, 2020). Větší druhy mají větší celkový počet per. Kolibříci mají tedy asi 1 tisíc per, drobní pěvci 1,5 až 2,5 tisíce, rackové 5 až 6 tisíc, kachny 10 až 12 tisíc, labutě 25 tisíc atd. Počet per, jejich velikost a strukturální detaily se také liší mezi blízkými příbuznými skupinami v závislosti na jejich ekologické specializaci (Šilov, 1982). Peří je vyrobeno z proteinu zvaného keratin, proteiny jsou zkroucené a spojené chemickými vazbami, aby vytvořily extrémně silný, ale stále velmi lehký materiál (Roots, 2006). Barvy ptáků a jiných zvířat jsou vytvářeny dvěma hlavními způsoby. Nejprve existují pigmentové molekuly, které jsou začleněny do struktury kůže nebo peří a dodávají barvu. A také metalické zbarvení per, které „iluzorní“ a tvořeno odražejícím se světlem (Taylor, 2020).

Zbarvení ptáků úzce souvisí s jeho typem stanoviště. Většina ptáků musí být alespoň po nějakou dobu nenápadná. Z tohoto důvodu jsou hnědé a zelené barvy nejběžnější pro ptačí zbarvení, přičemž hnědé odstíny jsou nejběžnější u ptáků žijících na otevřených biotopech a zelené převládají u ptáků, kteří obývají lesy. Mořští ptáci většinou mají peří, které kombinuje bílou, šedou a černou barvu. Nejúžasnější zbarvení ptáků se vyskytuje v tropických deštných pralesech. Papoušci, kolibříci a rajky vykazují v celém spektru výjimečně živé barvy, což usnadňuje rozpoznávání jedinců vlastního druhu (Šilov, 1982; Taylor, 2020).

Během tvorby peří v keratinizujících buňkách se akumulují pigmenty, které zvyšují mechanickou pevnost peří. Nejběžnější pigmenty jsou dvou typů: melaniny a lipochromy.

V závislosti na oxidačním stavu pigmentu, hrdky melaninů (zumelanin, pheomelanin) určují barvu peří v různých odstínech černé, hnědé, červenohnědé a žluté barvy. Pigmenty obsahující tuk (lipochromy) jsou rozmanitější a obvykle poskytují více pestré barvy: červená (zoerethrin, phasianerethrin), zelená (zooprazin, fazianoverdin), žlutá (zooxanthin), modrá (ptylopin) atd. Kombinace různých pigmentů v jednom pířku zajišťuje komplikovanější zbarvení, zpestří jej. Bílá barva je vytvořena plným odrazem světla od vzduchem naplněných průhledných dutých rohovinových buněk. Kovový lesk opeření, vlastní mnoha ptákům, je vytvořen rozkladem světla povrchem buněk peří. V kombinaci s pigmenty peří to obohacuje barvu peří, zvyšuje jeho druhovou specificitu. Přebarvení již vytvořeného peří není možné. Pod vlivem vnějších faktorů jsou pigmenty postupně ničeny a barva peří v průběhu času bledne (Šilov, 1982).

Při zpětném sledování evoluční cesty peří se dostáváme k šupinám, které pokrývají těla plazů: šupiny jsou stále patrné na zadních končetinách moderních ptáků (Taylor, 2020), přičemž počáteční fáze vývoje embryonálního peří jsou podobné vývoji šupin (Šilov, 1982).

4.4. Anatomie ptáků

4.4.1. Kosterní soustava

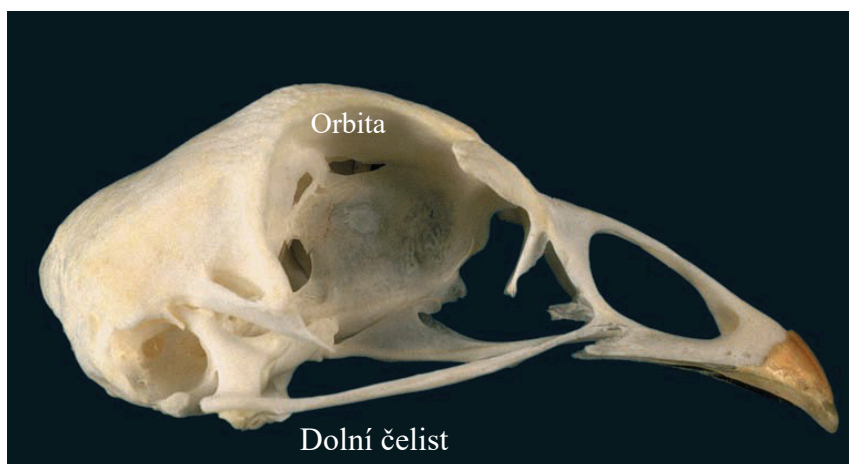
Ptáci se vyvinuli mnohem později než savci a jejich společní předkové jsou podobní plazům (ptáci a plazi jsou souhrnně označovány jako sauropsidi), proto ptáci tedy mají větší anatomickou podobnost s plazy než se současnými savci (König, 2016). Jedna z významných evolučních adaptací ptáků je postupný pokles tělesné hmotnosti. Zároveň těžké části těla přeměrovali blíže k těžišti. Ve srovnání s relativně protáhlým, pohyblivým tělem plazů se u ptáků vyvinulo krátké a kompaktní tělo (König, 2016; Taylor, 2020). Svaly, které vytvářejí tah potřebný k letu si zachovaly svoji hmotu a tvoří přibližně 15 až 20 procent tělesné hmotnosti moderních ptáků. Tvrdá kost ptáka váží asi 1,6 gramu na centimetr krychlový, a je mnohem hustší než svalovina (1,06 gramu na cm³), tuk (0,9 gramu na cm³) nebo krev (1,04 gramu na cm³) (Taylor, 2020). Ve srovnání s těžkými dlouhými kostmi savců, plných kostní dřevě, velké dlouhé kosti ptáků (pažní, stehenní) byly pneumatizovány (i když existují dobří letci, například rackové, u kterých je humerus bez vzduchových dutin a je vyplněn kostní dřevě) (König, 2016). Ačkoli tvrdá kost ptáka je ve skutečnosti hustší než kost savců stejné velikosti, kostra ptáků má hodně adaptací ke snížení hmotnosti (König, 2016; Taylor, 2020). Kostra ptáků se také vyznačuje velkým dlouhým krkem a zadními končetinami, ale u mnoha ptáků není tato vlastnost na pohled patrná kvůli hustému opeření. Dalším zjevným rozdílem mezi kostrou ptáků a kostrou ostatních čtyřnohých zvířat je absence řetězu ocasních obratlů a absence zubů. Ocasní obratle jsou redukovány na srostlý a silně zkrácený pigostyl. Zubní sklovina má velkou hustotu (kolem 2,7 gramu na cm³), takže absence skloviny vede k významným úsporám hmotnosti. I když může být zobák velmi velký, tak kost, která ho tvoří, je tenká a získává další tuhost díky své lehké keratinové bláně. Kýl je dalším charakteristickým rysem ptáků, je to dlouhá plochá kost, která poskytuje bod připojení pro silné prsní svaly, které umožňují let (a plavání, v případě potápivých ptáků). Obratle ptáků jsou také kompaktnější než u jiných obratlovců. Kostry plazů a savců mají obvykle silnější lebky a obratle než ptáci a obsahují mnohem více jednotlivých kostí. Sloučení některých kostí nebo jejich ztráta je dalším znakem ptačí kostry. Přesný počet kostí se u jednotlivých druhů velmi liší, zejména v počtu krčních obratlů, od 11 do 25. Ptáci však mají obecně méně kostí než savci (například kuře má 120 kostí a kočka 244.). Klíční kosti jsou srostlé a tvoří jednu kost (sáňky). Mnoho kostí v dolní části nohy je spojeno do jednoho tarsometatarsu (běháku). Počet prstů křídla se zmenšil (v důsledku fúze některých kostí a ztráty dalších) pouze na tři, z nichž pouze druhý prst má výraznou velikost. Některé obratle v dolní části

zad jsou srostlé do kosti zvané synsacrum a pánevní pletenec se také spojuje s touto kostí (König, 2016; Taylor, 2020). Výsledkem všech těchto úprav je například to, že hmotnost kostry holuba je pouze 4,5 % z celkové tělesné hmotnosti. U savce stejné hmotnosti bude hmotnost kostry zhruba 6 % (König, 2016).

Anatomie lebky

Lebka poskytuje ochranu a podporu mozku, očím, vnitřnímu uchu a dalším křehkým strukturám. Lebka ptáka je jako taková rozpoznatelná podle přítomnosti zobáku a absence zubů, stejně jako podle velmi velkých očních důlků (orbita), které lze vidět na obrázku č. 2. Některé rysy struktury ptačí lebky naznačují příbuznost ptáků s plazy. Například nepárový okcipitální kondyl, který spojuje lebku s páteří a umožňuje větší rozsah pohybu než u savců. Čtvercová kost a pterygoid jsou pohyblivé, čtvercová kost tvoří spojení s kostí dolní čelisti. Dolní čelist se nejčastěji skládá z pěti nebo šesti kostí. Kosti hlavy jsou složeny z tenkých desek, které jsou tvořeny buď chrupavkou nebo pojivovou tkání. Pro zlepšení letových schopností jsou kosti lebky vysoce pneumatizovány. To je usnadněno srůstem kostí lebky v relativně raných fázích růstu. U dospělých ptáků jsou zbytky spojů vzácné. Vzhledem k tomu, že se objem mozku zvětšuje jenom trochu, vzhledem k velikosti těla, mají menší ptáci relativně větší hlavu než větší druhy (König, 2016). U savců nosní dírky označují špičku tlamy a nos často přesahuje čelist. Ale u ptáků jsou špičky čelistí podlouhlé a tvoří zobák, který sahá daleko před nosní dírky. Horní čelist je obecně dutá s velkými otvory na každé straně, které odpovídají nosní dírce. Dolní čelist je ve tvaru písmene V, se dvěma vidlicemi, které se kloubově pohybují v zadní části lebky (viz obr. č. 2). Čelní kost tvoří horní část lebky a nosní kost tvoří část před očnicemi. Vzhledem k tomu, že obě kosti mají pohyblivý spoj, může pták pohybovat horní čelistí nezávisle na zbytku lebky. Tento pohyb, známý jako prokineze, umožňuje zobáku velmi široké otevření (což může být pozorováno například při zívání). Někteří ptáci s dlouhým zobákem, jako jsou kolihy a brodiví ptáci, mohou také ohýbat horní konec zobáku nahoru, jedná se o rhynchokinesi, o níž se věří, že jim pomáhá efektivněji chytat malou kořist. Sklerotikální prstenec se skládá z drobných překrývajících se kostních desek, které obklopují oko, je přítomen u mnoha ptáků. Je obzvláště velký a patrný u sov a některých dalších dravých ptáků, nebo u volavek. Vyskytuje se však také u menších ptáků, dokonce i u kolibříků. Předpokládá se, že prstenec poskytuje oční bulvě určitou podporu. Prstenec je pevnější u ptáků, kteří se potápějí hluboko pod vodou, kde bude na oko působit značný tlak (Taylor, 2020). Výhodou může být asymetrie lebky, mnoho sov má asymetricky rozmístěné ušnice, což jim dává polohově přesný sluch (protože zvuk přímo nad nebo pod ptákem dosáhne jednoho ucha rychleji než druhého). U některých druhů tato

asymetrie zasahuje do skutečné anatomie postranních částí lebky. Druhy s tímto znakem jsou ty, které mají nejvíce noční návyky, například sýc rousný (*Aegolius funereus*), který dokáže určit pohybující se kořist v téměř úplné tmě (König, 2016; Taylor, 2020).



Obrázek č. 2: Anatomie slepičí lebky (König, 2016)

Páteř (columna vertebralis)

Páteř ptáků se vyznačuje složitější diferenciací než u jiných tříd obratlovců. U ptáků je extrémně dlouhý a pohyblivý krk, ale prakticky nepohyblivá páteř trupu, ve které mají význačnou pevnost složité křížové kosti, zahrnující obratle čtyř různých oddělení, včetně několika ocasních obratlů. Za těmito obratli následuje několik volných, které umožňují pohyb ocasu, a nakonec pygostyl, srostlé poslední obratle, poskytující podporu pro rýdovací peří (Gurtovoj, 1992; König, 2016).

Krční páteř (vertebrae cervicales)

Velmi se liší podle délky, od 13 (u některých papoušků, lelků, rorýsů) do 25 (u labutí) obratlů, u vrány a holuba jich najdeme 14 a u kuřete 15. Dva přední obratle, atlas a čepovec jsou vysoce přizpůsobeny k rotaci a vzájemné mobilitě. Většina krčních obratlů má redukované a úplně přirostlá žebra a pouze dva zadní krční obratle (u vrány 13. a 14.), takzvané cervicodorsal (vertebrae cervicodorsales), jsou vybavené volnými žebry, která jsou jen hřbetní a nejsou spojeny s hrudní kostí (u vrubozobých a některých dalších ptáků jsou rudimenty žebér i na prvních dvou obratlích). Krk má celkově esovitě zakřivení, dovolující pohyby hlavou v širokém rozsahu, zejména v sagitální oblasti (Gurtovoj, 1992).

Hrudní páteř (vertebrae thoracales)

Zahrnuje obratle vybavené pravými žebry (spojené s hrudní kostí). Počet hrudních obratlů se liší: u vrány jich najdeme šest, u kuřete a holuba pět. Poslední obratel je pevně připojen k přední bederní a kyčelní kosti, a proto se také někdy řadí k další části páteře, komplexní křížové kosti. Tímto způsobem dělení hrudní část zahrnuje u vrány pouze pět

obratlů. Tvar hrudních obratlů je mnohem jednodušší než u krčních (Gurtovoj, 1992). U některých ptáků, zejména u kuřat a holubů, jsou tři přední hrudní obratle srostlé (u kuřete také s posledním krčním obratlem) do pevného komplexu (notarium, os dorsale), který je vybaven silným ventrálním hřebenem, produktem srostlých ventrálních výběžků obratlů (Gurtovoj, 1992; König, 2016).

Křížová kost (synsacrum)

Je dlouhý vertebrální komplex, zahrnující poslední hrudní obratel, šest bederních obratlů (vertebrae lumbales), postrádající viditelné zbytky žeber, dva pravé křížové obratle (vertebrae sacrales) s dobře viditelnými zbytky žeber (proc. costalis) a nakonec šest předních ocasních obratlů (Gurtovoj, 1992).

Ocasní páteř (vertebrae caudales)

Zahrnuje obratle tří kategorií. Jedná se zaprvé o srostlé přední obratle, zahrnuté do synsacra. Zadruhé o 5-6 volných obratlů, které poskytují pohyb ocasu a nakonec pygostyl, několik posledních kaudálních obratlů, poskytující podporu pro ocasní pera (Gurtovoj, 1992).

Žebra (costae verae)

Nejvýznamnější je pět pravých žeber (u slepice a holuba vždy čtyři), kloubově spojená s hrudní kostí. Hrudní žebro se skládá ze dvou částí, obratlové (costa vertebralis)

a hrudní (costa sternalis). Obratlová část žebra (costa vertebralis) je mnohem větší, než hrudní část. Žebro je připojeno k obratli na dvou místech: hlavou (capitulum costae) k tělu obratle a tuberculem (tuberculum costae) k příčnému výběžku. Háčkovité výběžky žeber jsou unikátní pro ptáky a některé plazy. Vycházejí kaudálně z obratlové části žebra, a na sebe se navzájem napojují, čímž poskytují bezpečnější místa pro svalové připojení, a tak zpevňují hrudní koš (Lovette a kol., 2016).

Hrudní kost (sternum)

Zvětšení rozměru hrudní kosti a vývoj hrudního hřebně je zajištěno místem připojení silných hrudních svalů, které odpovídají za pohyb křídel (Gurtovoj, 1992).

Kostra končetin

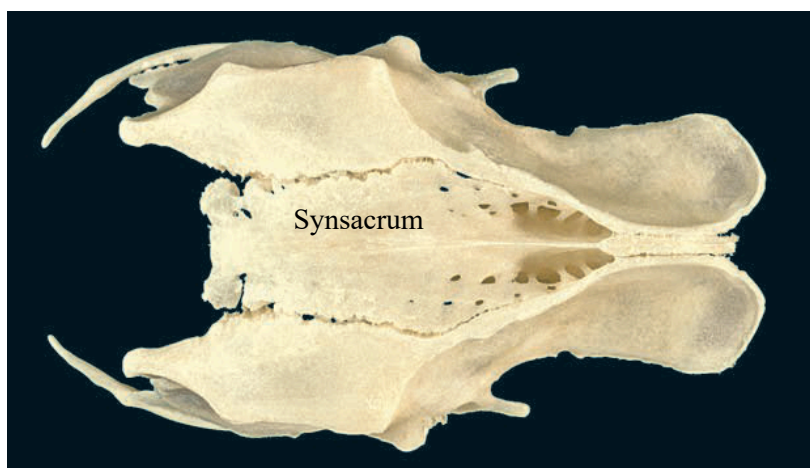
Lopatkové pásmo (ossa cinguli membri thoracici) tvoří tři párové kosti: klíční kost (clavicula), kost krkavčí (coracoideum) která je nejsilnější kost v lopatkovém pásmu (König, 2016; Gurtovoj, 1992) a lopatka (scapula), která má pro ptáky charakteristický šavlovitý tvar. U téměř všech ptáků jsou klíční kosti na distálním konci srostlé v charakteristickou vidlici (furcula), také známá pod názvem sánky. U většiny ptáků je ventrální konec připojen k hrudní kosti pomocí vazů, ale u několika skupin ptáků, jako jsou například pelikáni, jsou tyto dvě kosti srostlé dohromady (König, 2016).

Kostra křídla (Ossa alae)

V evolučním procesu, který proměnil přední kráčivou končetinu v křídlo, se některé původní kosti ztratily a jiné se spojily (Taylor, 2020). Kosti křídla se sestávají z pažní kosti (humerus), kostí předloktí (vřetenní kost (radius) a loketní kost (ulna)), a kosti ruky (zápěstí (ossa carpi), záprstí (ossa metacarpalia) a článku prstů (ossa digitorum manus)). Kostra křídla se vyznačuje zmenšením počtu kostí a zjednodušením prostřednictvím srostlých kůstek na špičce končetiny (König, 2016). Karpometakarpus vypadá jako dvě dlouhé kosti spojené na obou koncích, ale ne uprostřed. Jsou analogické zápěstním a záprstním kostem v ruce člověka. Lidské zápěstí obsahuje osm zápěstních kostí a ruka má pět záprstních kostí, ale ptáci mají jen jeden pár drobných zápěstních kostí; loketní a vřetenní kosti se podílejí na pohybu interkarpálního kloubu (Taylor, 2020). Záprstí a články prstů přední končetiny (křídla) jsou krátké a malého počtu. Ptáci mají tři krátké prsty, které se skládají z jednoho nebo dvou článků (falangů). U různých druhů ptáků labutí, kachen, jeřábů, chřástalů, sov a jiných, se mohou táhnout od koncového falangu drápy. Drápy jsou vázané na falangy, zatímco ostruhy jsou kostnaté výrůstky, které se mohou objevit kdekoli na apendikulární kostře. Mezi ptáky s křídlovými ostruhami patří kasuárové, kamišoví, někteří kulíkovití, ostnákovití a další druhy (Lovette a kol., 2016). Ostruhy křídel a běháků slouží k agresivním soubojům samců. Páv korunkatý (*Pavocristatus*) používá své ostruhy k boji o území, u kohouta domácího (*Gallus gallus*) mohou tyto souboje dokonce někdy končit smrtí (Taylor, 2020).

Pásma zadních končetin

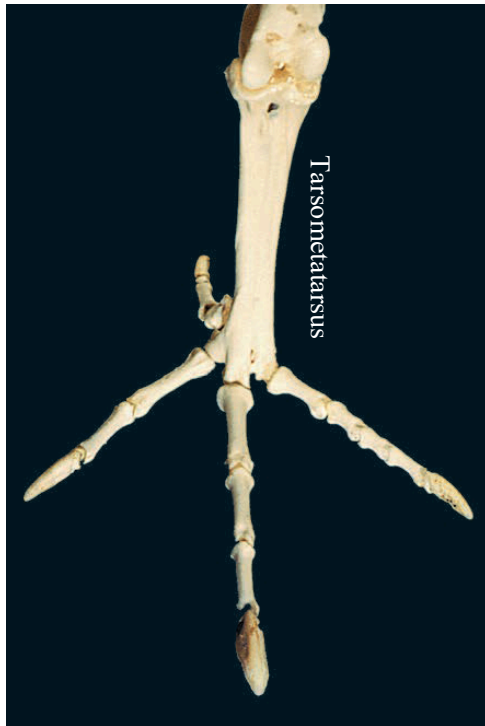
Stejně jako u savců se pánevní pletenec ptáků skládá ze třech srostlých párových kostí, - kosti stydké (os pubis), kosti sedací (os ischii) a kosti kyčelní (os ilium) (König, 2016; Lovette a kol., 2016). Pravá i levá kost kyčelní je srostlé se synsakrem (viz obrázek č. 3) a tvoří pevnou oporu pro každou polovinu pánve. U všech ptáků, kromě nanduů (jejichž stydké kosti se spojují ventrálně), je pánev dole otevřená, což zde usnadňuje kladení velkých vajec



Obrázek č. 3: Dorzální vzhled pánevní kosti a synsacra (König, 2016)

Zadní končetina

Kosti zadní končetiny zahrnují kost stehenní (os femoris), tibiotarsus a kost lýtkovou (fibulu), běhák (tarsometatarsus) a články prstů. Stehenní kost je u všech ptáků relativně krátká. Holenní kost je u ptáků srostlá z proximálními zánártními kostmi a vytváří tibiotarsus (König, 2016). Lýtková kost je částečně redukováná, kolenní kloub vepředu překrývá česka, která je nejlépe vyvinuta u vodních ptáků (Šilov, 1982). Viditelná, nejčastěji neopeřená část nohy, se mezi ornitology často nazývá tarsus, což je ale nepřesné označení. Tato část se skládá hlavně ze srostlých kostí metatarzu, homologických s kostmi v lidské noze, od kotníku po nártní kosti (viz obr. č. 4) (Lovette a kol., 2016). Tímto způsobem mají ptáci na noze o jeden kloub víc, což zvětšuje délku kroku (Šilov, 1982). Ve většině případů jsou tři prsty směřovány dopředu a jeden vzadu, ale někdy je počet prstů snížen na tři nebo dokonce dva. Falangy prstů jsou spojeny s distální částí tarsometatarsu pomocí kloubů. U většiny ptáků se vyvinuly čtyři prsty, nejčastěji je první prst namířen zpět a další tři vpřed. Prsty jsou obvykle velmi mobilní a jsou schopny provádět různé pohyby jako uchopení, šplh atd (Taylor, 2020). U sov, turaka, orlovce říčního a některých dalších ptáků, se druhý prst může libovolně ohýbat dozadu nebo dopředu. Někteří stromoví ptáci (papoušci, kukačky, datli) mají dva prsty směřující dopředu a dva (první a čtvrtý) dozadu. Délka prstů, vývoj drápů a zrohovatělá vrstva je určena ekologickou specializací. Například u ptáků žijících blízko vody (volavky atd.) dlouhé prsty umožňují pohyb na mazlavé půdě. Drápy vybíhající z každého falangu končetiny často odrážejí ptačí zvyky. Druhy, které šplhají na kmeny stromů, jako například brhlíci nebo pištec, mají obvykle silně zakřivené drápy, které jim pomáhají v uchycení na kůře. U několika ptáků, včetně sovy pálené, lelků a volavek, dráp na třetím prstu má hřebenovité, zoubkované okraje. Tento dráp pravděpodobně funguje jako hřeben pro čišťení peří a odstranění parazitů (Lovette a kol., 2016).



Obrázek č. 4: Kostra dolní končetiny slepice (dorzální vzhled) (König, 2016).

4.4.2. Svalová soustava

Svaly ptáků jsou pevné a mají tmavé zbarvení, svaly končetin mají dlouhé šlachy. Jsou zde dobře vyvinuté svaly krku. Mezi svaly, které hýbají křídlem patří velký hrudní sval (pectoralis major), který je umístěn na hrudní kosti a hřebenu, na korakoidu a na vidlici. Při jeho kontrakci se rameno nakloní dolů. U dobrých letců jeho hmotnost můžeme stanovit na 18 až 20 % od celé hmotnosti jedince. Jeho antagonistou je sval zvedající a jemně rotující ramenem (musculus subclavius). Ptáci mají složité svalstvo ocasu a mohutné svaly dolních končetin (Šilov, 1982; Lovette a kol., 2016).

4.4.3. Nervový systém

Nervový systém hraje klíčovou roli v regulaci různých vnitřních fyziologických procesů a vyšších mentálních funkcí. Stejně jako ostatní tetrapodi mají ptáci dobře vyvinutý mozek a míchu (centrální nervový systém) (Taylor, 2020). Nervový systém ptáků se výrazně liší od nervového systému plazů a evolučně následujícími obratlovci. Tyto rozdíly se primárně týkají mozku, ve kterém má přední mozek (prosencephalon) vysoce vyvinutými hemisféry. Díky silnému vývoji orgánů zraku, značné velikosti, se také zřetelně zvětšila centra středního mozku (mesencephalon). Čichová centra předního mozku (prosencephalon) jsou u většiny ptáků malá, což může naznačovat málo významnou roli čichu v orientaci

ptáků. Značného vývoje také dosáhnul mozeček (cerebellum). Mícha (medulla spinalis) je v přechodu z krční do hrudní oblasti a v pánevní krajině zduřelá v místě výstupu motorických nervů inervujících letací svaly a svaly běháků (Gurtovoj, 1992).

4.4.4. Oběhový systém

U ptáků, s jejich extrémně vysokoenergetickým způsobem života, je oběhový systém opravdu velmi silně funkční. Krev zajišťuje podle potřeby přenos kyslíku, živin, hormonů, odpadních produktů a dalších metabolitů do svalů, orgánů a dalších tělesných tkání. Krev se přenáší po těle sítí krevních cév a udržuje se v pohybu pumpováním srdce. Tepny jsou odchozími krevními cévami, které přenášejí okysličenou krev do tělesných tkání, zatímco odkysličená krev, která se vrací směrem k srdci, je vedena podél žil (Gurtovoj, 1992; Gill, 2007; Taylor, 2020). Oběhový systém ptáků je podobný jako u savců. Srdce (cor) je čtyřdílné, přepážka mezi levou a pravou polovinou je úplná. Odkysličená krev je čerpána do plic a poté, jakmile je okysličená, se vrací zpět do srdce, aby mohla být čerpána do zbytku. Srdce ptáků jsou však větší, bijí rychleji a pumpují větší objem krve než u savců stejné velikosti. Obecně platí, že čím menší je pták, tím rychlejší je jeho srdeční (Iljičov a kol. 1982; Gill, 2007; Taylor, 2020).

Tělo ptáků má také systém orgánů a cév pro lymfatický oběh. Tento systém se zabývá odstraněním přebytečných tekutin a bílkovin z tkání a jejich návratem do krve a je také součástí imunitního systému (Taylor, 2020).

Srdce

Dokonale fungující srdce je rozhodující pro přežití divokých ptáků. Ptačí srdce se skládá ze čtyř komor, levé a pravé síně nahoře a levé a pravé komory dole, všech obsažených v silné membráně zvané perikard (Iljičov a kol. 1982; Gill, 2007; Taylor, 2020). Neexistuje žádná komunikace přímo mezi levou a pravou stranou, ale páry síní/komor na každé straně jsou propojeny chlopněmi. Čerstvě okysličená krev z plic vstupuje do srdce levou síní a přechází do levé komory. Odkysličená krev, která se vrací do srdce, vstupuje přes pravou síň a poté je čerpána do plic přes pravou komoru. Protože levá komora musí pumpovat krev mnohem dál než pravá, je mnohem větší a má svalnatější stěny. Srdeční sval, který tvoří srdce, je strukturou podobný kosternímu svalu, ale jeho kontrakce ovládané vůlí. V pravé síní je shluk specializovaných buněk kardiostimulátoru (p-buněk), které společně tvoří sinoatriální (SA) uzal. Srdce ptáků tvoří 1 % nebo více z celkové tělesné hmotnosti u většiny malých ptáků a více než 2 % u kolibříků. Pro srovnání, u lidí tvoří srdce asi 0,3 % tělesné hmotnosti, u koček asi 0,45 % a u králíků asi 0,27 %. Nelétaví nebo slabě létající ptáci mají

proporcionálně menší srdce, například srdce tinamy tvoří asi 0,2 % jejich tělesné hmotnosti. Některé druhy sov mají také poměrně malé srdce, například puštík brýlatý (*Pulsatrix perspicillata*), lesní druh, který loví hlavně vrháním se na kořist ze stromu (Iljičov a kol.1982; Taylor, 2020). Typický let ptáka má také silný vliv na velikost srdce. Káně, které obvykle vystoupá a hledá mršiny na zemi, mají proporcionálně menší srdce než sokoli, kteří aktivně pronásledují živou kořist (Taylor, 2020).

Cévy

Existují čtyři hlavní cévy vstupující a vystupující do srdce a struktura cév odvádějících krev ze srdce (tepny) se výrazně liší od těch, které ji přivádějí zpět (žíly). Čerstvě okysličená krev přichází z plic plicní žílou (venae pulmonales) do levé síně a vystupuje z levé komory přes aortu (největší tepnu těla) a míří ke zbytku těla. Na zpáteční cestě, ochuzená o kyslík, vstupuje do pravé síně přes dolní dutou žílu (vena cava). Odtud proudí do pravé komory a je pumpována do plic přes plicní tepnu (arteriae pulmonales), aby byla doplněna kyslíkem. Aorta a plicní tepna se rozvětvují na menší tepny, zatímco dolní dutá žíla a plicní žíla jsou napájeny menšími žilkami. Nejmenší tepny a žíly jsou známé jako arterioly. Tepny blízko srdce mají silné stěny plné elastických vláken a rozšiřují se tak, aby unesly tlak krve, která je do nich pumpována. Jejich pružný zpětný ráz, po každém úderu srdce, pomáhá tlačit krev. Dále od srdce, kde je krevní tlak nižší, obsahují stěny tepen proporcionálně více hladkého svalstva a méně elastických vláknitých tkání. Žíly mají relativně tenké stěny a mohou se roztáhnout, aby udržovaly vysoký objem krve. Velké žíly obsahují chlopně, které zabraňují zpětnému toku krve. Výměna plynů, živin a dalších molekul probíhá skrz stěny kapilár, nejmenších cév. Kapiláry se vyskytují ve třech typech podle toho, jak propustné jsou jejich stěny. Většina z nich je spojitá a dokáže uvolňovat a přijímat molekuly vody pouze přes malé mezery mezi buněčnou vrstvou, která tvoří jejich stěny (Taylor, 2020).

4.4.5. Dýchací soustava

Stejně jako savci, tak i ptáci vdechují vzduch nosními dírkami nebo příležitostně otevřenými ústy a vzduch prochází průdušnicí na cestě do plic. V plicích dochází k plynné výměně. Plíce jsou poměrně malé. Mnohem větší část vnitřního prostoru těla je obsazena systémem vzdušných vaků (saccus pneumaticus). Kvůli uspořádání vzduchových vaků vzduch proudí pouze jedním směrem. Je tedy mnohem efektivnější než u savců. Tento dýchací systém umožňuje ptákům být plně aktivní v podmínkách s mnohem nižším obsahem kyslíku. Účinný ptačí dýchací systém umožňuje, aby plíce byly relativně malé, pouze

poloviční než velikost plic savců podobné velikosti, a jejich mikrostruktura je také poněkud odlišná od plic savců. Ztuhlá trubice průdušnice (trachea) se rozděluje v průdušky hned po začátku syrinxu a každá průduška vstupuje do jedné ze dvou plic a vystupuje do systému vzdušných vaků (saccus pulmonalis). Každá primární průduška má po celé své délce postranní větve (sekundární průdušky), ale při první inhalaci je vzduch většinou obchází a je veden podél průdušek přímo do systému vzdušných vaků v zadní polovině těla. Při prvním výdechu břišní svaly stlačují tyto vzdušné vaky a tlačí vzduch zpět do průdušek a následně zpět do plic, aby došlo k celkové výměně plynů (Gurtovoj, 1992; Taylor, 2020). Vzduch zbavený kyslíku opouští plíce průduškami a při druhé inhalaci se pohybuje do předních vzdušných vaků v přední polovině těla. Odtud opouští tělo přímo průdušnicí při druhém výdechu, aniž by se znovu pohyboval plícemi. Toto uspořádání znamená, že plícemi prochází pouze nově vdechovaný vzduch bohatý na kyslík (Taylor, 2020).

4.4.6. Trávicí soustava

Protože ptákům chybí zuby a většina z nich nemá zvlášť velký nebo pohyblivý jazyk, ptačí jícen je poměrně roztažitelný, zejména u ptáků, kteří jsou svým způsobem života nuceni polykat velkou potravu (především obratlovce). Jícen, stejně jako většina zbytku trávicího traktu, je lemován hladkým svalstvem, které tlačí pokrm dolů vlnami kontrakce (tzv. peristaltikou). Vole, distální rozšíření jícnu, zvlhčuje a změkčuje spolknutou potravu. Jícen je často velmi velký a vysoce rozšiřitelný. Někteří ptáci však nemají vole, jsou mezi nimi například husy, sovy a křepelky (Gurtovoj, 1992; Taylor, 2020). Trávení začíná v žláznatém žaludku, kde se uvolňují enzymy trávicí bílkoviny. Odtud pokračuje do svalového žaludku, který mechanicky rozbíjí potravu svými silnými kontrakcemi. Za žaludkem jsou smyčky tenkého střeva (intestinum tenue). Tenké střevo má tři oblasti: jeho začátek je známý jako dvanáctník (duodenum), střední úsek je lačník (jejunum) a poslední část je kyčelník (ileum). V dvanáctníku se potravu mísí se sekrecemi ze žlučníku, který shromažďuje a ukládá žluč produkovanou játry, a také ze slinivky břišní, která uvolňuje enzymy zpracovávající potravu. Na konci svého průchodu tenkým střevem v potravě zbývá jen málo živin a velmi krátké tlusté střevo (intestinum crassum) absorbuje přebytečnou vodu. U většiny ptáků vyčnívají z tlustého střeva dva slepé výběžky; jedná se o slepé střevo (caecum), které hraje roli při trávení a při absorpci vody a určitých solí. Odpadní produkty trávicí soustavy opouští tělo společným vývodem trávicí, vylučovací a rozmnožovací soustavy, kloakou (Taylor, 2020).

4.5. Způsob života vybraných řádů a jednotlivých druhů

4.5.1. Dravci (Accipitriformes)

Jedná se o střední až velké ptáky. Jeden z největších ptačích druhů na světě, kondor kalifornský, má rozpětí křídel až 275 cm. Pro dravé ptáky je charakteristický silný zobák ve tvaru háku, ohnutý na konci, jehož základ je pokryt holou, zářivě zbarvenou vrstvou, ozobím (Zenkevič, 1970).

Nohy dravých ptáků jsou středně dlouhé, se zakřivenými a obvykle ostrými drápy. Drápy a zobák slouží k zabíjení a roztrhávání kořisti. Tělo je silné, peří je pevné a přilehá těsně k tělu (Koblik, 2004). Barva je obvykle šedá, hnědá nebo černá, často s příměsí bílé. U některých druhů, které se živí mršinami, jsou hlava a část krku nahá, bez peří. Ocas je obvykle krátký, má 12 ocasních per, u některých velkých druhů i 14 (Zenkevič, 1970). U většiny druhů jsou samci a samice zbarveni podobně, ale mláďata se v prvním roce, někdy i později, liší barvou od dospělých. Dravci jsou druhy s denní aktivitou, jen málo z nich je nočních. Jsou rozšířeni po celém světě, chybí pouze na Antarktidě a na některých oceánských ostrovech. Život dravých ptáků je poměrně dlouhý. Existují případy, kdy například orlík kejklíř žil v zajetí 55 let, orel skalní se prokazatelně dožil 46 let. Dravci jsou monogamní. Hnízda jsou jednoduchá, obvykle na stromech, někdy v dutinách, na skalách nebo na zemi. Často je obsazené hotové hnízdo postaveno jiným druhem ptáka. Obvykle stejný pár každým rokem zahnízdí ve stejné hnízdní oblasti. Počet vajec se liší, od 1 do 2 u velkých druhů, po 6 až 7, někdy dokonce i 9 u malých druhů). Inkubace začíná po snesení prvního vajíčka, mláďata jsou proto poté různého věku. Inkubuje hlavně samice, samec ji nahrazuje jen na krátkou dobu. Mláďata jsou opeřené prachovým peří a vidí, ale během svého pobytu v hnízdě potřebují krmení a ohřev, stejně jako ochranu před predátory. Hlavní potravou dravců jsou různá zvířata, především savci, ptáci a hmyz. Dravci se často živí mršinou. Jen málo z nich jí rostlinnou stravu (Zenkevič, 1970; Koblik, 2004).

Některé druhy se živí širokou škálou potravy, jiné jsou vysoce specializované. V přírodních podmínkách draví ptáci požírají svou kořist i s kostmi, vlnou a peřím, jejichž nestrávené zbytky jsou pravidelně vyvrhovány ústy ve formě takzvaných vývržků. Většina dravých ptáků hledá kořist za letu. V tomto ohledu mají vynikající zrak a schopnost létat (Zenkevič, 1970).

Jestřáb lesní (*Accipiter gentilis*) (Linnaeus, 1758)

Celková délka je 52 až 68 cm, délka křídla 30 až 38 cm, hmotnost 700 až 1500 g. Samice jsou mnohem větší než samci. Oči jsou načervenalé, oranžové nebo žluté, zobák

modro-hnědý s načernalým vrcholem, drápy jsou černé, ozobí a nohy jsou žluté. Samice mají o něco tmavší barvu než samci (Zenkevič, 1970). Oblast rozšíření je velmi rozsáhlá. Hnízdí v lesní zóně Severní Ameriky, Evropy, severní a střední Asie, v Africe hnízdí pouze v Maroku. Na severu Evropy je jeho areál výskytu rozšířen až do lesotundry, –v jižních částech až do oblastí Itálie, Španělska, Malé Asie, Palestiny, severního Íránu. Vyskytuje se na jihozápadní Sibiři, Altaji, v severozápadní části Mongolska, v západní Číně, Tibetu a Japonsku (Zenkevič, 1970; Koblik, 2004). Jestřáb je převážně stálý nebo migrující druh, ale v severní části jeho rozšíření je stěhovavý (Zenkevič, 1970; Bern, 2001). Migrace na dlouhé vzdálenosti jsou typické zejména pro mladé ptáky. Jestřáb hnízdí na stromech v listnatých i jehličnatých a smíšených lesích. Hnízda se používají několik let v řadě. Ve snůšce jsou 3 až 4 vejce, někdy i 5, jejich barva je zelenavě bílá, někdy s tmavými skvrnami. Potrava jestřábu je velmi rozmanitá. Živí se hlavně ptáky taky savci, zejména veverkami, králíky a zajíci (Zenkevič, 1970; Kymla, 2004). Při chytání kořisti utočí se z ukrytu a pak jí manévrově nahání (Koblik, 2004).

Káně lesní (*Buteo buteo*) (Linnaeus, 1758)

Celková délka 46 až 57 cm, rozpětí křídel 100 až 120 cm, délka křídel 34 až 42,5 cm, hmotnost 600 až 1200 g. Samice jsou větší než samci (Zenkevič, 1970). Oči jsou nahnědlé, zobák a drápy načernalé, ozobí a nohy žluté. Káně lesní je rozšířená v lesních a lesostepních Evropě a Asii (Zenkevič, 1970; Bern, 2001). Ve východní Evropě a Asii je káně stěhovavá, v jiných částech hnízdí v oblasti jsou stálá. V zimním období se vyskytují ve střední Asii, Pákistánu, severní Indii, Barmě, jižní Číně a také v subsaharské Africe. Káně lesní hnízdí na vysokých stromech, obvykle v blízkosti okrajů lesa. Hnízda se často používají několik let po sobě. Ve snůšce jsou 2 až 4, někdy i 5 vajec. Vejce jsou barevná. Káně lesní je polyfág, ale převážně se živí drobnými hlodavci a dalšími malými savci, krtky, rejsky, dokonce i zajíci. Kromě toho se káně živí mladými kuřaty, plazy, žábami, někdy mršinou (Zenkevič, 1970).

Poštołka obecná (*Falco tinnunculus*) (Linnaeus, 1758)

Celková délka je 31 až 38 cm, délka křídla 23 až 27,5 cm, hmotnost 180–240 g (Zenkevič, 1970; Kymla, 2017). Mladí ptáci mají podobnou barvu jako samice. Oči jsou tmavě hnědé, zobák je namodralý, na konci zčernalý, ozobí a nohy žluté, drápy černé (Zenkevič, 1970). Poštołka obývá lesy (kromě hustých uzavřených oblastí), lesostep, parky, zahrady, města, hory a pouště. Pták je částečně stěhovavý (Bern, 2001). Poštołka si nestaví vlastní hnízda, často zabírá budovy jiných ptáků. Ve snůšce je obvykle 4 až 5 vajec. Vejce jsou okrové s rezavě hnědými pruhy (Zenkevič, 1970). Potrava poštolek je velmi rozmanitá.

Při pozorování kořisti se poštolka často „třese“ ve vzduchu. Hlavní potravou jsou drobní savci (hlavně hlodavci), drobní ptáci, ještěrky a hmyz (Zenkevič, 1970; Kymla, 2017).

4.5.2. Hrabaví (*Galliformes*)

Řád hrabaví je rozšířená a dobře izolovaná vývojově stará skupina ptáků, která se oddělila pravděpodobně již v období křídly (Loskot, 2004).

Řád tvoří ptáci střední velikosti, existuje jen málo velkých nebo malých druhů. Nejmenší hrabavý druh evropské fauny je křepelka, největším pak tetřev. Vzhled hrabavých je v souladu s pozemním způsobem života, charakteristickým pro většinu představitelů tohoto řádu (Zenkevič, 1970). Jejich tělo je silné, s malou hlavou, krátkým krkem a krátkým, mírně vyklenutým silným zobákem, přizpůsobené k získávání hrubé, převážně rostlinné potravy (Zenkevič, 1970; Loskot, 2004).

Křídla jsou krátká a široká, což usnadňuje rychlý vertikální vzlet. To je často důležité pro suchozemské ptáky, zejména pro ty, kteří žijí v lese. Let hrabavých je rychlý, ale obtížný, obvykle na krátkou vzdálenost (Zenkevič, 1970; Loskot, 2004). Dálkový let je charakteristický pouze pro několik stěhovavých druhů, například pro křepelky, které mají na rozdíl od jiných hrabavých křídla spíše ostrá než špičatá. Ptáci vzlétnou zpravidla rychle a hlučně, poté, co dosáhnou výšky, letí přímočaře, střídavě s častým mávnutím křídel s následným klouzáním. Nohy jsou středně dlouhé, silné, s mohutnými prsty a krátkými, mírně zakřivenými drápy, s jejich pomocí mnoho ptáků shrabává povrch půdy při hledání potravy (Zenkevič, 1970). Hrabaví se pohybují dobře po zemi, často chodí a běhají. Létají, pouze pokud je to naprosto nezbytné. Peří hrabavých je husté a pevné. Barva peří se liší. U mnoha druhů lze pozorovat výrazný pohlavní dimorfismus, který se projevuje jak barvou peří, tak velikostí ptáků. Samci jsou zpravidla větší a jasnější než samice (Zenkevič, 1970; Loskot, 2004).

Hrabaví obývají nejrůznější krajiny a biotopy a objevují se v tundře, lesích a stepích. Jen několik druhů se vyznačuje lety na dlouhé vzdálenosti (křepelky) nebo relativně blízkými lety (bílá a šedá koroptev). Malé a střední druhy jsou schopné reprodukce ve věku jednoho roku, u velkých druhů nastává pohlavní dospělost později. Většina hrabavých je polygamních, netvoří páry a samci nevykazují péči o potomky. U polygamních druhů je období páření charakterizováno dobou toku (Zenkevič, 1970).

Hnízda hrabavých jsou primitivní, v podobě malé prohlubně v půdě, lemované vzácnými stonky, a při inkubaci, obsahují hnízda také ptačí peří. Vejce jsou obvykle malá, ale jejich počet je velký, pohybuje se od 4 do 25. Jejich barva je bílá nebo pestrá (hnědá až

zelená). Doba inkubace u kuřat je relativně krátká, u různých druhů se pohybuje od 12 do 30 dnů (Zenkevič, 1970). Kuřata jsou nidifugní (Zenkevič, 1970; Loskot, 2004). Vývoj kuřat je charakteristický tím, že jejich peří roste velmi brzy, v důsledku čehož mohou kuřata přelétat na malé vzdálenosti. Hrabaví se úplně přepeřují jednou za rok, po skončení období rozmnožování, tedy na podzim. Ke změně peří během přepeřování dochází postupně, ptáci neztrácejí schopnost letu, i když značně snižují pohybovou aktivitu. Hrabaví se živí hlavně rostlinnou potravou, kterou hledají na zemi. Potrava živočišného původu je pouze doplňková (Zenkevič, 1970).

Bažant obecný (*Phasianus colchicus*) Linnaeus, 1758

Vyskytují se od Malé Asie až po Japonsko (Koblik, 2004). Samec měří 75 až 90 cm, samice 53 až 64 cm. Hmotnost jedinců se pohybuje od 720 do 1 800 g (Zenkevič, 1970; Kymla, 2017). Samec má dlouhý, zlatě pruhovaný ocas, zelenou hlavu a červené laloky. Někteří jedinci mají bílý proužek kolem krku. Samice má kratší ocas a žlutohnědé zbarvení (Kymla, 2017). Bažanti jsou velmi opatrní, pouze mezi hustými houštinami se cítí poměrně bezpečně. Když vidí nebezpečí, ihned prchají. Při běhu mají hlavu a krk nakloněné dopředu a ocas je zvednutý (Zenkevič, 1970). Jako nejlepší běžec mezi našimi hrabavými se vyskytuje nejen na většině otevřených prostranstvích v extravilánu, ale také mezi hustou trávou a houštinami keřů. Bažant tráví většinu svého života na zemi. Snaží se uprchnout před nebezpečím a pouze pokud je to nezbytně nutné, letí. Z hustých houštin vzletne se spoustou hluku, prudce vzhůru, a pak plachtí velmi jemně. Po přeletěných 70 až 150 m přistává zpět na zem. Letá špatně a jen výjimečně; po opakovaných vzletech je tak vyčerpaný, že už letět nezvládne, a tak mu nezbývá než se ukryt v houštinách (Zenkevič, 1970). Obývá lesy, kulturní krajinu s remízky, velké zahrady a rákosiny ve většině Evropy, rovněž u nás je velmi hojný. Sbírá zrní, ovoce, ořechy a kořínky. Hnízdo tvoří důlek v zemi (Kymla, 2017).

Křepelka polní (*Coturnix coturnix*) (Linnaeus, 1758)

Nejmenší Evropský zástupce hrabavých. Její hmotnost se pohybuje od 73 do 134 g. Jedná se o jediný tažný Evropský druh hrabavých (Zenkevič, 1970; Bern, 2001). Vede výhradně pozemní život a téměř nikdy nelétá, raději se skrývá před predátory v husté a vysoké trávě nebo v případě ohrožení volí rychlý útěk. Letá velmi rychle, nízko nad zemí, často klope křídly, klouže před přistáním. Když získává potravu, kope do země, rozhrabává ji nohama, ráda se válí v prachu. Nosedává na stromech. V horní části těla je křepelka nažloutle hnědá s četnými tmavými i světlými skvrnami, břicho je žlutavě bílé. Samec a samice vypadají téměř stejně. Samce lze odlišit pouze podle tmavě hnědého až červeného zbarvení hrdla, které je u samice bělavé. Křepelka je má široký areál rozšíření, od

Skandinávského poloostrova, ostrovů Atlantského oceánu a Středozemního moře na západě přes severozápadní část Indie, severní Čínu, Koreu a oblast Ussuri až po východ Japonska. Kromě toho hnízdí v severní a jižní Africe a na Madagaskaru (Zenkevič, 1970).

4.5.3. Měkkozobí (Columbiformes)

Řád měkkozobí zahrnuje značné množství druhů ptáků střední a malé velikosti. Vzhledem a obecnou stavbou jsou si navzájem velmi podobní a dobře se liší od ostatních ptáků. Postava je silná, hlava je malá, krk je krátký, křídla jsou obvykle dlouhá a ostrá, ocas je středně dlouhý, zaoblený. Nohy jsou krátké, čtyřprsté, prsty jsou dlouhé s krátkými silnými drápy. Zobák je u základny malý, rovný, tenký, směrem k vrcholu trošku nafouklý (Zenkevič, 1970). Základna zobáku je pokryta měkkou kůží, ozobím. Peří měkkozobých je husté, rozmanité, často jasné barvy. Samci a samice se neliší barvou, ale velikostí, samci jsou větší. Většina druhů žije v lesích, někteří žijí na skalách, útesech či lidských budovách. V zásadě se jedná o usedlé druhy, v mírných zeměpisných šířkách je jen málo druhů stěhovavých. Jejich zimoviště obvykle leží nedaleko hnízdiště. Měkkozobí jsou denními ptáky. Jídlo obvykle sbírají ze země, proto i obratně chodí (Zenkevič, 1970; Loskot, 2004). Jsou dobrými letci, létají snadno, rychle a dokážou dělat ostré zatačky. Jedná se o společenské ptáky. Často se krmí v hejnech i během období hnízdění. Všichni měkkozobí jsou monogamní a tvoří dlouhodobé páry. Hnízda jsou uspořádána na stromech, ve skalách, v útesech, v budovách a zřídka na zemi. Většina měkkozobých snáší 2 vejce. Vejce jsou bílá. Inkubace trvá podle druhu různě od 14 do 30 dnů. Kuřata jsou nidikolní, líhnou se holá a zůstávají v hnízdě až do plného opeření. Měkkozobí se živí hlavně semeny různých rostlin, méně často malými bezobratlými. Řada druhů se specializuje na krmení ovocem. Všichni měkkozobí potřebují přístup k vodnímu zdroji a často létají na velké vzdálenosti k napajedlům (Zenkevič, 1970). Nejstarší fosilní zástupce řádu měkkozobých je znám z horního oligocénu (Zenkevič, 1970; Loskot, 2004).

Hrdlička zahradní (*Streptopelia decaocto*) (Frivaldszky, 1838)

Délka těla 30 až 33 cm, hmotnost 112 až 264 g (Loskot, 2004). Rozšířená v Evropě, Asii a na jihovýchodě Afriky (Bern, 2001). Na větší oblasti areálu výskytu je synantropním druhem. Často osídluje města, vesnice a přilehlé kulturní krajiny. Stálý druh. Hnízda si obvykle staví na stromech, méně často v budovách a ve snůšce jsou 2 vejce. Živí se semeny rostlin (Zenkevič, 1970; Loskot, 2004).

4.5.4. Pěvci (Passeriformes)

Řád pěvců zahrnuje obrovské množství druhů. Pěvci jsou ptáci střední a malé velikosti. Největší zástupce řádu, krkavec velký, váží 690 až 2 000 g, nejmenší druh Evropy, králíček nejmenší, váží 5 až 7 g. Vzhledem jsou pěvci velmi různorodí. Jejich zobák je různých tvarů, víceméně rovných, ale vyskytují se i zobáky dlouhé, zakřivené, někdy krátké a masivní, jindy trojúhelníkové, zploštělé shora dolů, nebo se širokým ústím (Zenkevič, 1970; Ivanický, 2004). Tarsy a prsty jsou střední délky, prsty mají čtyři, kdy první prst je obrácený dozadu. Drápy jsou zakřivené, pouze zadní (první) prst může mít někdy dlouhý a víceméně rovný dráp. Křídla mohou být dlouhá a poměrně ostrá (jako u vlaštovky) nebo krátká a tupá. Ocas má různé tvary. Pohlavní dimorfismus je vyjádřen velikostí, hlasem, často barvou opeření (Zenkevič, 1970; Ivanický, 2004). Mozek je u pěvců vysoce vyvinutý (Zenkevič, 1970). Pěvci jsou monogamní ptáci. Jejich mláďata se líhnou z vajec bezmocná, slepá a neopeřená, nebo jen řídky pokrytá prachovým peřím. Po dobu nejméně 10 dnů zůstávají v hnízdě, kam jim rodiče nosí jídlo. Uspořádání pečlivě vyrobených hnízd je pro pěvce charakteristické. Místa, kde jsou hnízda umístěna, jsou různorodá. Mnoho druhů hnízdí na zemi, jiné druhy preferují hnízdění v norách, na kamenech či ve štěrbinách skal, nemálo ptáků hnízdí také na stromech (na větvích a v prohlubních) a v keřích, a některé druhy (například vlaštovky) v lidských stavbách (Zenkevič, 1970). Volbu hnízdiště obvykle provádí samec, který na hnízdiště zpravidla dorazí o něco dříve než samice. Vejce jsou středně velká, obvykle pestrá, ale někdy, častěji u druhů hnízdících v dutinách, jednobarevná. Ve snůšce je nejčastěji 4 až 6 vajec, u některých druhů sýkorek dokonce až 15 nebo 16, u některých australských druhů je však ve snůšce pouze 1 vejce. Pěvci obvykle začínají inkubovat po snesení všech vajec, ale u mnoha druhů začíná inkubace s předposledním vajíčkem, u některých od poloviny snůšky a několik druhů začíná s inkubací hned po snesení prvního vajíčka. Doba inkubace u většiny druhů trvá 11 až 14 dní (Zenkevič, 1970). K pohlavní dospělosti obvykle dochází ve věku jednoho roku, ale např. u havrana k dospění dochází později, zhruba ve věku dvou let. Pěvci se přepeřují jednou ročně, kompletně. Strava pěvců je pestrá. Některé druhy jsou všežravé (havrani), jiné se živí rostlinnou stravou a pouze mláďata se živí hmyzem, většina druhů je nicméně hmyzožravá (Zenkevič, 1970; Ivanický, 2004). Mnoho pěvců žije usedle, většina druhů obývajících místa s prudkými změnami klimatických podmínek je však stěhovavá. Pěvci jsou rozšířeni po celém světě, většinou v teplých oblastech, ale nevyskytují se pouze na Antarktidě (Zenkevič, 1970).

Červenka obecná (*Erithacus rubecula*) (Linnaeus, 1758)

Malý pták s délkou těla 150 až 160 mm a hmotností od 16 do 18 g. Krátká a slabá křídla jsou pouze 70 mm dlouhá. Pohlavní dimorfismus v barvě je nevýznamný. Peří je měkké a volné. Červenka hnízdí v Evropě, v centrálních oblastech západní Sibíře, na Kavkaze, v Malé Asii a v severozápadní Africe. Ze severovýchodní části areálu na zimu létají do teplých oblastí, v jihozápadní části jsou stálé. V zimě se červenky vyskytují v severní Africe, západní Evropě a Malé Asii. Charakteristickou vlastností červenky je její opatrnost. Ve snůšce je 5 až 7 světle růžových vajec s rezavě hnědými skvrnami (Zenkevič, 1970). Sbírají potravu ve spodní vrstvě lesa, obvykle se pohybuje po zemi pomocí krátkých skoků. Její potravu tvoří hmyz a jiní bezobratlí. Na konci léta a na podzim červenky také požívají bobule (Zenkevič, 1970; Loskot, 2004; Kymla, 2017).

Dlask tlustozobý (*Coccothraustes coccothraustes*) (Linnaeus, 1758)

Zavalitý druh s velkou hlavou. Obzvláště snadno se rozlišuje podle extrémně mohutného zobáku. Samice je podobná samci, ale je matnější barvy. Dlask je rozšířený v mírných zeměpisných šířkách Evropy a Asie od Anglie až po Japonsko, stejně jako v severní Africe a severní Indii (Zenkevič, 1970). Jeho oblíbenými stanovišti jsou listnaté lesy, poblíž kterých jsou divoké nebo pěstované ovocné a bobulové sady. Žije také ve smíšených lesích, hájích, zahradách a parcích. V severních částech areálu je tento pták stěhovavý, v jižních částech migrující. Ve snůšce je 3 až 7, častěji 4 až 5 světle zelených vajec se řídkým vzorem. Dlasci jsou granivorní ptáci. Živí se semeny rostlin, především třešní, švestek, broskvoní atd. Také nepohrdnou ani semeny javoru, lípy, jasanu, olše, hrášku, kukuřice nebo slunečnice. Jedí také hmyz (Zenkevič, 197; Ivanický, 2004).

Drozd brávník (*Turdus viscivorus*) Linnaeus, 1758

Poměrně velký pták, vážící až 150 g. Délka těla je kolem 300 mm, délka křídla je kolem 150 mm. Hnízdí ve smíšených lesích v Evropě a na Sibíři, na východě do severozápadních oblastí Indie, v severozápadní Africe, v západní a střední Asii. Migruje přezimovat na západ Evropy, na Krymu, na Kavkaz, do západní Asie a severozápadní Afriky (Zenkevič, 1970). V létě se živí hlavně žížalami, měkkýši a hmyzem, na podzim a v zimě rozkládajícími se bobulemi (Loskot, 2004; Kymla, 2017).

Drozd zpěvný (*Turdus philomelos*) C. L. Brehm, 1831

Pták střední velikosti, délka těla 215 až 250 mm, délka křídla kolem 120 mm, hmotnost kolem 70 g. Tento hojně rozšířený pták hnízdí v lesích prakticky po celé Evropě. Drozd přezimuje v západní a jižní Evropě, v severní Africe, ve východních oblastech Malé Asie a na západě Asie. První snůška se skládá z 5 až 6, druhá ze 4 až 5 modrých vajec s

malými černohnědými skvrnami (Zenkevič, 1970). Sbírá potravu na zemi nebo v travnatém porostu, méně často hledá neaktivní hmyz na stromech a keřích. V létě se dospělí ptáci živí žížalami, mnohonožkami, larvami brouků, housenkami, larvami much a malými brouky, méně často konzumují měkkýše a pavouky (Zenkevič, 1970; Loskot, 2004).

Kavka obecná (*Corvus monedula*) Linnaeus, 1758

Má šedý krk a světlou duhovku. Při letu mává křídly rychle a hluboce. Létá v hejnech. Žije na polích, v lesích a ve městech napříč celou Evropou. Živí se bezobratlými živočichy, vejci, cizími ptáčky a semeny. V párech nebo malých koloniích hnízdí v dutinách stromů nebo na římsách budov a útesů (Kymly, 2017).

Kos černý (*Turdus merula*) Linnaeus, 1758

Délka 25 až 29 cm, hmotnost 75 až 130 g, rozpětí křídel 40 až 46 cm. Zobák žlutý, nohy tmavě hnědé. Kos žije v lesích Evropy, v severozápadní Africe, v Asii od Malé Asie a Střední Asie po sever Hindustánu a jižní provincie Číny. Na většině jmenovaných míst se jedná o stálého ptáka, ale ze severních oblastí jeho výskytu odletí někteří ptáci na podzim na jih. Na rozdíl od většiny kosů, tento druh hnízdí na zemi nebo na nízkých pařezech. Vede velmi skrytý způsob života (Zenkevič, 1970; Koblik, 2004).

Sojka obecná (*Garrulus glandarius*) (Linnaeus, 1758)

Pták střední velikosti, jeho hmotnost pohybuje mezi 150 až 200 g, délka těla je 32 až 37 cm, rozpětí křídel 52 až 60 cm (Koblik, 2004). Tento pták je rozšířen téměř po celé Evropě, v severní Africe, Malé Asii, na Kavkaze, v severním Íránu, jižní polovině Sibíře, v Koreji, v Mandžusku, v severní části Mongolska, v Číně a Japonsku. Ve většině oblastí je kočovný, někteří ptáci jsou částečně stěhovaví a usazují se na jihu. Obývá jehličnaté, smíšené a listnaté lesy. Nesou 5 až 7, někdy až 10 vajec bledě nazelenalé nebo nažloutlé barvy s hnědými pruhy. Sojka je všežravá a její potrava je velmi pestrá (Zenkevič, 1970).

Sýkora koňadra (*Parus major*) Linnaeus, 1758

Sýkora koňadra je jedním z největších představitelů čeledi, délka těla je 130 až 165 mm a hmotnost dosahuje kolem 20 g. Sýkora koňadra je rozšířená v listnatých lesích. Je to stálý druh a jenom částečně migruje. Během období rozmnožování jsou obvykle dvě snůšky, první, skládající se z 9 až 15 vajec, v dubnu, druhá, v červnu s 7 až 11 vejci. Vejce jsou bílá, lehce lesklá se spoustou červenohnědých skvrn. V zimě migruje většina sýkorek na jih. Jsou neustále v pohybu, skáčou z větve na větev, často visí na koncích tenkých větví, dokonce i vzhůru nohama. Pomáhají si při pohybu po kmenech křídly a ocasem. Sýkora koňadra je všežravý pták (Zenkevič, 1970; Ivanický, 2004).

Sýkora modřinka (*Cyanistes caeruleus*) (Linnaeus, 1758)

Žijí v listnatých a smíšených lesích, pobřežních houštinách, parcích a zahradách Evropy, Anglie, Irska, Kanárských ostrovů, severozápadní Afriky, na ostrovech Středomoří, v Turecku, Íránu, Turkmenistánu, na Kavkaze a na Krymu. Sýkora modřinka je stálý, částečně kočovný pták. Objevuje se na hnízdních stanovištích během března. Klade 9 až 13 bílých vajec s červenohnědými skvrnami. Potravu sbírají z větví, pupenů a listů stromů i keřů. V zimě někdy sestupují do sněhu, aby sbírali spadlý hmyz a jinou potravu (Zenkevič, 1970).

Vrabec polní (*Passer montanus*) (Linnaeus, 1758)

Většinou stálý pták. Mezi pohlavími není dimorfismus. Hnízdí v dutinách. Snůška se skládá ze 4 až 8, obvykle 5 až 6 vajec bílé nebo šedavé barvy s hustými malými tmavými skvrnami. Živí se převážně semeny plevelů a drobnými semeny, také hmyzem nebo pavouky (Zenkevič, 1970; Kymla, 2017).

Zvonek zelený (*Carduelis chloris*) (Linnaeus, 1758)

Je velikosti vrabce a váží 20 až 28 g. Zvonek zelený je rozšířen v Evropě, severozápadní Africe, Malé Asii, severním Íránu a střední Asii. Jeho stanovištěm jsou řídké lesy, okraje lesů, háje mezi poli, zahrady a parky. V severní části areálu výskytu je stěhovavý, na jihu stálý. Na jaře se vrací z jihu poměrně brzy. V tuto dobu lze pozorovat tokový let samců. Sedí na vrcholu stromu, hlasitě zpívají a občas vzletnou do vzduchu se zpěvem, s rozprostřenými křídly a ocasem, na chvíli se vznášejí v klouzavém letu a pak znovu sestupují na stejné místo. Snůška se skládá ze 4 až 6 krémově bílých skvrnitých vajec (Zenkevič, 1970; Loskot, 2004). Živí se jak rostlinnou, tak i živočišnou potravou (Zenkevič, 1970; Kymla, 2017).

4.5.5. Sovy (Strigiformes)

Jedná se o noční dravé ptáky. Zobák je zakřivený s ostrými okraji. Základ zobáku je pokryt měkkou, holou, často nafouklou kůží (ozobím), pokrytou chlupovitým peřím (vibrisy) směřujícím dopředu. Oči jsou velké a směřují dopředu. Ušní otvory jsou velmi velké, často asymetrické (Zenkevič, 1970). Peří obličejové je odděleno od peří čela a krku krátkým hustým peřím (Zenkevič, 1970). Často na hlavě kolem ušních otvorů vyčnívají dva trsy peří. Nohy jsou většinou krátké nebo středně dlouhé (Zenkevič, 1970; Koblik, 2004). Vnější (čtvrtý) prst se může otočit dopředu nebo dozadu, jedná se o tzv. vratiprst (Zenkevič, 1970). Tarsus, a u většiny druhů také prsty, nesou opeření. Křídla jsou dlouhá. Ocas sov je relativně krátký, na konci víceméně zaoblený, obvykle se sestává z 12 per. Peří je husté a

měkké. Barva je nejčastěji šedavá nebo nahnědlá, s pruhy. Samci i samice sov jsou zbarveny podobně, ale samice jsou větší (Zenkevič, 1970; Koblik, 2004). Největší ze sov Evropy, výr velký (*Bubo bubo*), má celkovou délku těla 62 až 72 cm a rozpětí křídel 150 až 180 cm. Nejmenší ze sov Evropy je kulíšek nejmenší (*Glaucidium passerinum*), je dlouhý 17 až 20 cm a rozpětí křídel má 40 až 45 cm. Sovy se rozmnožují jednou ročně. Hnízda jsou umístěna v dutinách, ve skalních prasklinách, v opuštěných hnízdech jiných ptáků, často také na zemi či v lidských stavbách. Sovy ve skutečnosti nestaví hnízda, až na vzácné výjimky. Jsou monogamní, mají stálé páry (Zenkevič, 1970).

Ve snůšce je většinou od 1 do 8, někdy až 11 vajec. Inkubace trvá zhruba měsíc, počínaje kladením prvního vajíčka. Mláďata jsou proto různého věku. Mláďata jsou nidikolní, líhnou se opeřené prachovým peřím, ale slepá a se zavřenými ušními otvory. Sovy jsou noční tvorové, i když dobře vidí i během dne (Zenkevič, 1970). Všechny sovy mají velmi dobře vyvinutý sluch a zrak. Živí se živočišnou potravou, zejména malými a středními savci, ptáky, hmyzem atd. (Zenkevič, 1970). Sovy jsou rozšířené po celém světě, s výjimkou Antarktidy a některých oceánských ostrovů. Vyskytují se v nejrůznějších podmínkách, v lesích, pouštích, tundře nebo v horách (v Tibetu až do nadmořské výšky 5000 m). V zimě severní druhy migrují z hnízdiště, horské druhy mimo období rozmnožování sestupují do spodního pásu hor a na roviny (Zenkevič, 1970). Rané fosilní nálezy pocházejí z pozdního paleocénu, raného eocénu, tedy zhruba z doby před 60 miliony lety (Koblik, 2004).

Kalous ušatý (*Asio otus*) (Linnaeus, 1758)

Má délku 35 až 39 cm, rozpětí křídel 86 až 100 cm, délku křídla 27,5 až 32 cm a váží 240 až 330 g (Zenkevič, 1970; Koblik, 2004). Samice jsou větší než samci. Samec a samice jsou zbarveni stejně. Oči jsou žluté nebo oranžové, zobák a drápy jsou černé. Kalous ušatý je rozšířen v Evropě a severní Asii na jihu k Iráku, ve střední Asii, Himálaji a Číně. Žije také v severní Africe, na Kanárských ostrovech a v Severní Americe. Na severu stěhovavý, na jihu kočovný nebo stálý pták. Hnízdí v lesích, obvykle ve starých hnízdech jiných ptáků, méně často v dutinách, ještě méně často na zemi. Počet vajec je 4 až 5. Potrava se skládá hlavně z různých hlodavců podobných myším (Zenkevič, 1970).

Sýček obecný (*Athene noctua*) (Scopoli, 1769)

Délka těla 23 až 28 cm, rozpětí křídel 57 až 64 cm, délka křídel 15 až 18 cm, váží 160 až 180 g. Široce rozšířený ve střední a jižní Evropě, severní Africe (včetně Sahary, na jih do Súdánu, východní část Etiopie a Somálska), v Asii (na jih do Iráku, Afghánistánu, na východ do severní Číny, Tibetu a Koreje). Na severu je do značné míry spojen s kulturní krajinou; na jihu se vyskytuje hlavně v suchých oblastech (pouště, polopouště atd.). Stálý

pták. Ve snůšce je 4 až 5, někdy až 8 bílých vajec. Sýček loví i přes den, ale hlavně za soumraku. Potrava se skládá z hlodavců, hmyzu, plazů a ptáků (Zenkevič, 1970; Kymla, 2017).

4.5.6. Šplhavci (*Piciformes*)

Šplhavci jsou malí až střední ptáci, nejmenší jsou velikosti vrabce, největší jsou velcí jako vrána. Vzhled a barva šplhavců se velmi liší. Některé druhy mají jednobarevné nahnědlé zbarvení, jiné mají pestré, často jasné peří. Křídla jsou tupá. Ocas se skládá z 10 až 12 ocasních peří. Pohlavní dimorfismus je slabý, a i mláďata jsou zbarvena podobně jako dospělí (Zenkevič, 1970; Ivanický, 2004). Nohy většiny šplhavců jsou čtyřprsté, krátké, ale silné, dobře přizpůsobené pro lezení po kmeni a větvích stromů. Drápy jsou zahnuté, což jim pomáhá snadno se udržet na stromech. Všichni šplhavci jsou denní, převážně lesní ptáci. Začínají se rozmnožovat ve věku asi jednoho roku a během období hnízdění tvoří páry. Šplhavci hnízdí v dutinách nebo norách. Počet vajec ve snůšce se velmi liší. Snůška se skládá z 2 až 13 bílých vajec, která jsou položena přímo na dno hnízda (Zenkevič, 1970).

Mláďata se líhnou slepá a u většiny druhů jsou nahá, tedy bez peří (Zenkevič, 1970; Ivanický, 2004). Po opuštění hnízda se mláďata drží po nějakou dobu s celou rodinou pohromadě. Většina šplhavců jsou teritoriální ptáci, lze je najít ve skupinách pouze na místech s bohatým výskytem potravy. Šplhavci žijí usedle, ale na podzim mnoho druhů migruje do teplejších oblastí, kde však nehnízdí. V zimě létají ještě dále od svých hnízdišť. Téměř všichni šplhavci se živí hmyzem, méně často se krmí rostlinnou potravou. Mnoho druhů, zejména těch, které žijí v mírném pásmu, přechází v zimě na krmení se semeny stromů. Některé druhy však konzumují výhradně rostlinnou potravu (Zenkevič, 1970). Šplhavci se běžně vyskytují ve všech lesích světa, s výjimkou Austrálie, Nové Guineje a Madagaskaru (Zenkevič, 1970).

Žluna šedá (*Picus canus*) J. F. Gmelin, 1788

Relativně velký pták. Délka těla do 29 cm, rozpětí křídel do 48 cm, hmotnost do 180 g. Obývá převážně listnaté lesy. Stálý druh. Ve snůšce 4 až 11 vajec, způsob života a potravu má velice podobnou se žlunou zelenou (Demančík, 2003). Přírodní areál zahrnuje úzký pás smíšených a listnatých lesů Eurasie od Francie, Švýcarska a Chorvatska na východ až po Sachalin a Hokkaido a také významnou část východní a jihovýchodní Asie na jih po Malajský poloostrov a Sumatru (Short, 1982).

Žluna zelená (*Picus viridis*) Linnaeus, 1758

Tvarem těla se tento pták podobá strakapoudu, ale je větší, žluna zelená má délku 35 až 37 cm, hmotnost až 250 g. Obývá okraje listnatých a smíšených lesů. Lesnatou a kulturní krajinu, parky a velké zahrady. Ptáci vydlabávají dutiny hlavně v rozpadajících se stromech, především ve starých osikách nebo vrbách. Snůška se skládá z 5 až 9 lesklých bílých vajec. Žluna zelená se živí různým hmyzem, který sbírá na kmenech stromů. Mravenci jsou její oblíbenou potravou (Zenkevič, 1970; Kymla, 2017).

Strakapoud velký (*Dendrocopos major*) (Linnaeus, 1758)

Strakapoud velký je středně velký pták: jeho délka těla je 23 až 26 cm, hmotnost přibližně 100 g. Žije v lesích severní Afriky (severní Maroko, Alžírsko a Tunisko), v Evropě a na přilehlých ostrovech, v Malé Asii, na Japonských a Kurilských ostrovech a na Korejském poloostrově. Stálý pták, ale za chladného počasí migruje. Pro zařízení hnízda vybírají strom s měkkým nebo rozpadajícím se dřevem. Střídavě samec a samice kladou na strom a odštěpují kusy dřeva o délce 2 až 4 cm. Snůška se obvykle skládá z 5 až 7 lesklých bílých vajec. Vejce jsou kladena přímo na dno prohlubně. Létají dobře a rychle a popisují hladký oblouk ve vzduchu: několikrát mává křídly, pták se zvedne k vrcholu oblouku, poté sklopí křídla a rychle letí vpřed a ztrácí výšku, poté znovu klapne křídly atd. Ve všech případech však upřednostňují pohybovat se na stromu. I když je pták v nebezpečí, nespěchá odletět. Tráví většinu času hledáním potravy (Zenkevič, 1970).

4.5.7. Vrubozobí (Anseriformes)

Anseriformes je velmi vývojově stará skupina ptáků, která se objevila na počátku eocénu a možná ještě dříve, na konci křídly (Zenkevič, 1970; Loskot, 2004). Vrubozobí jsou velcí a střední ptáci, jen zřídka zde najdeme malé druhy. Největší zástupce řádu v naší fauně, labuť velká, dosahuje hmotnosti 13 kg, nejmenší zástupce, čírka obecná, váží pouze 200 až 300 g. Díky vodnímu životnímu stylu je tělo vrubozobých silné, s prodlouženým a někdy i velmi dlouhým krkem, což usnadňuje získání potravy ze dna vodních ploch (Zenkevič, 1970). Nohy jsou čtyřprsté, středně dlouhé, mírně posazené dozadu. Přední tři prsty jsou relativně dlouhé, spojené plovací blánou, zadní prst je krátký, umístěný nad úroveň předních prstů. Zobák je obvykle zploštělý a široký, pokrytý tenkou citlivou kůží, která na vrcholu přechází v tvrdý útvar, takzvaný „nehet“ (Zenkevič, 1970). Peří je husté, se spoustou prachového peří, a rovnoměrně pokrývá tělo (Zenkevič, 1970; Bějček, 2004; Loskot 2004). Barva peří je velmi různorodá, často je přítomen pohlavní dimorfismus (Zenkevič, 1970; Bějček, 2004). Kromě barvy peří jsou pohlaví rozlišena velikostí, samci jsou obvykle větší

než samice. Křídla vrubozobých jsou středně velká, špičatá; ocas je většinou krátký. Let je rychlý, s častými mávnutími křídel, současně konce jejich peří vibrují a vydávají zvuky charakteristické pro každý druh. Po souši se většina vrubozobých pohybuje špatně, při chůzi se kolébají, jen husy a bernešky jsou schopné rychlejšího běhu. Zato vrubozobí zpravidla dokonale plavou a potápějí se, zůstávají pod vodou až 3,5 minuty a potápí se do hloubky až 40 m. Pod vodou se pohybují pomocí nohou, ale některé druhy také pádlují křídly. Potápivé druhy při získávání potravy ponoří přední část těla a protáhlý krk do vody a svým zobákem dosáhnou na dno nádrže. Život ptáků tohoto řádu úzce souvisí s vodou. Obývají širokou škálu mořských a vnitrozemských vodních nádrží, ve kterých získávají potravu, nebo se živí na pobřeží. Mnoho druhů obývajících chladné a mírné zeměpisné šířky pravidelně provádí někdy velmi dlouhé sezónní lety (Zenkevič, 1970). Většina druhů je monogamních, páry tvoří buď na celý život, nebo pouze pro období rozmnožování. Samci některých druhů kachen se často páří se samicemi jiných párů a někdy se samicemi jiných druhů, což vede k hybridizaci (Zenkevič, 1970). Vrubozobí hnízdí převážně v samostatných párech, občas i v méně početných koloniích. Hnízda se nejčastěji nacházejí v blízkosti vodních ploch v trávě, v pobřežních houštinách, na záhybech rákosu, někdy na vodě, v dutinách, v hliněných norách nebo v prohlubních mezi skalami. Stavební materiál je rozmanitý, samotné hnízdo působí jednoduše, ale uvnitř je hojně lemováno prachovým peřím, které samice trhá ze sebe a někdy i ze samce (Zenkevič, 1970; Bějček, 2004). Počet vajec ve spojce se u různých druhů liší od 2 do 15, ale u většiny je vajec více než 5. Vejce jsou velká, jednobarevná, bílá nebo slabě nazelenalá až žlutohnědá. Inkubace trvá 20 až 41 dní, většinou asi 25 dní. Mláďata vrubozobých jsou nidifugní. Mláďata se líhnou pokrytá hustým prachovým peřím a po několika hodinách, jakmile uschnou, jsou schopna samostatně plavat, potápět se, běhat a krmit se pod dohledem samice nebo obou rodičů. Mláďata rostou relativně pomalu, u středně velkých druhů začínají létat ve věku 2 až 2,5 měsíce, u velkých dokonce 3,5 až 4 měsíce. Zástupci popsaného řádu se přepeřují dvakrát nebo jednou ročně. U většiny druhů letové pera vypadávají současně a ptáci ztrácejí schopnost létat po dobu 21 až 45 dnů, dokud nevyrostou nová (Zenkevič, 1970; Bějček, 2004). Někteří z nich se živí výhradně živočišnou potravou, rybami, korýši, hmyzem, měkkýši atd., které získávají potápěním do vody. Pro mnohé je charakteristická všežravost. Jiní, např. husy, se živí výhradně rostlinnou stravou na souši. Na podzim, před odletem, dosahuje jejich podkožní vrstva tuku někdy až 18 % jejich celkové tělesné hmotnosti (Zenkevič, 1970).

Kachna divoká (*Anas platyrhynchos*) Linnaeus, 1758

Kachna divoká je velká kachna, její hmotnost se pohybuje od 0,8 do 2 kg. Stejně jako všechny kachny plave dobře, ale obvykle se nepotápí. Na zemi se těžce kolébá. Létá rychle, často mává křídly, které vydávají charakteristický zvuk. V případě náhlého nebezpečí může vzletět téměř svisle. Barva peří u samců je jasnější než u samic. Hnízdí téměř v celé Evropě, Asii a Severní Americe (Zenkevič, 1970). Kachna divoká obývá širokou škálu vnitrozemských vod a dává přednost těm, kde jsou ukryty pro hnízdění. Ve většině částí svého areálu je to stěhovavý pták. Ve snůšce je od 6 do 16, častěji 8 do 11 vajec bílé barvy se nazelenalým odstínem (Zenkevič, 1970; Loskot, 2004). Živí se bezobratlými, rybou a rostlinnou potravou (Kymla, 2017).

Labuť velká (*Cygnus olor*) (J. F. Gmelin, 1789)

Je to náš největší pták. Hmotnost labuti se pohybuje od 8 do 13 kg. Dospělé labutě jsou čistě bílé, mláďata šedočerná. S máváním křídel je z dálky slyšet charakteristické skřípání velkých letek. Labuť velká je rozšířená v izolovaných oblastech střední a jižní Evropy a Asie od jižního Švédska, Dánska a Polska na západě až po Mongolsko, Přímořský kraj a Čínu na východě. Obývá ústí řek, jezera, někdy dokonce mokřiny porostlé vodní vegetací. Labuť velká je býložravá. Obyčejně se krmí na vodě, přičemž hlavu na dlouhém krku potápí pod hladinu. Hnízdí na velké kupě rostlinného materiálu na břehu blízko vody (Zenkevič, 1970; Kymla, 2017).

Polák chocholačka (*Aythya fuligula*) (Linnaeus, 1758)

Délka těla kolem 44 cm, rozpětí křídel kolem 72 cm. Samice je trochu menší, než samec. Stěhovavý druh. Hnízdí v celém lesním pásu Eurasie od Islandu a Britských ostrovů na západě po povodí Kolymy, Velitelských ostrovů a jezera Khanka na východě (Demančík, 2003). Občas se vyskytuje na Hokkaidu a na Aleutských ostrovech. Ve snůšce 20 a více vajec. Loví hlavně hmyz a měkkýše (Kymla, 2017).

Polák velký (*Aythya ferina*) (Linnaeus, 1758)

Je poměrně velký, zavalitý pták s velkou hlavou. Jeho hmotnost se pohybuje od 0,7 do 1,3 kg. Dokonale plave a potápí se a zůstává pod vodou až 30 sekund. Vzlétá tvrdě, ale létá rychle s charakteristickým hlukem. Kačer se velmi liší od samice. Obývá otevřená hluboká jezera, porostlá rákosím a další vysokou vegetací podél břehů. Většinou se jedná o stěhovavého ptáka. Přezimuje v západní Evropě, Středomoří, jižních částech Asie, na západě a na jihu Severní Ameriky. Plná snůška obsahuje 6 až 15 vajec zelenomodré barvy. Živí se rostlinnou i zvířecí potravou a je více aktivní přes noc (Zenkevič, 1970; Kymla, 2017).

4.6. Plastinace

Muzejní preparáty měkkých tkání jsou většinou zakonzervovány v 10% roztoku formaldehydu, což může mít značné množství nevýhod, jako je např. komplikovaný transport nádob, ztráta barvy u preparátů nebo i alergické reakce při styku s pokožkou (Siddiqui, 1988). Proto plastinace hraje čím dál tím větší roli v dlouhodobém uchovávání tkání a anatomické výuce (Riederer, 2014). Plastinace je metoda konzervace vynalezená koncem 20. století, která nahrazuje tkáňové tekutiny tvrdnoucím polymerem, jako jsou silikony, polyestery či pryskyřice. Výsledkem jsou nádherné, perfektně zachované a unikátní preparáty. Silikonový polymer se v současné době používá po celém světě pro konzervace makroskopických preparátů, jako jsou celá těla, nebo jejich části, jednotlivé orgány nebo celé orgánové soustavy (Dawson a kol., 1900; deJong a kol., 2007; Henry a kol., 2019). Za otce plastinace je považován Dr. Gunther von Hagens z Univerzity Heidelberg v Německu, který si ji nechal patentovat v roce 1977 (Siddiqui, 1988; Henry a kol., 2019). Původním polymerem využívaným pro plastinaci byl silikonový polymer, který se s určitými úpravami používá dodnes, především proto, že s jeho použitím výsledné preparáty kvalitou převyšují ostatní alternativní látky pro nahrazování tělních tekutin (Dawson a kol., 1900; Henry a kol., 2019). Řada silikonových polymerů a aditiv značky Biodur® je pravděpodobně nejpoužívanější značkou na světě, protože od počátku plastinace se pomocí těchto přípravků vyrábí nejkvalitnější plastináty (Henry a kol., 2019). Přípravky této značky byly použity i v této práci, a dále budou detailně popsány pouze chemikálie a přípravky použité v práci.

4.6.1. Přístroje používané pro plastinaci

- Chladicí komora pro fixaci preparátů ve formaldehydu
- Mrazák o teplotě -15 °C až -25 °C pro fixaci preparátů v acetonu
- Acetonometr
- Studená vakuová komora o teplotě -15 °C až -25 °C pro nucenou fixaci silikonem
- Vakuové čerpadlo
- Manometr
- Vytvrzovací komora

(Henry a kol., 2019)

4.6.2. Chemikálie používané při plastinaci

Pro prvotní fixaci je používán 5%–15% formaldehyd (CH_2O) p. a. technické čistoty, ředěný destilovanou vodou (PENTA s.r.o.).

Pro dehydrataci a odmaštění je používán aceton (CH_3COCH_3) p. a. (PENTA s.r.o.).

Silikon pro plastinaci má tři komponenty:

- Polymer **Biodur[®] S10** ($\text{HO}(\text{CH}_3)_2\text{Si}[\text{OSi}(\text{CH}_3)_2]_n\text{OH}$)
- Katalyzátor/prodlužovač řetězu **Biodur[®] S3** ($[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{OCO}]_2\text{Sn}[(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3]_2$)
- Tvrdivlo/síťovadlo **Biodur[®] S6** ($\text{Si}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)_4$)

(Dawson a kol., 1900; Holladay a kol., 2001; deJong a kol., 2007; Henry a kol., 2019).

Formaldehyd (formalín: 36%–38% roztok)

Vzorec: CH_2O

Skupenství: kapalné

Barva: bezbarvá až bíle zakalená

Zápach (vůně), prahová hodnota: štiplavý

Bod (rozmezí teplot) varu: 100 °C

Hořlavost: hořlavý

Bod vzplanutí (°C): 56

Bod vznícení (°C): 390

Molární hmotnost: 30,03 g/mol

Skladovací podmínky: 15–25 °C

Je určen pro chemickou výrobu, analytickou chemii, laboratorní syntézy a průmyslovou aplikaci.

Piktogram:



Signální slovo: Nebezpečí

Rizikové věty:

H226 Hořlavá kapalina a páry.

H301 Toxický při požití.

H311 Toxický při styku s kůží.

H314 Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí.

H317 Může vyvolat alergickou kožní reakci.

H331 Toxický při vdechování.

H335 Může způsobit podráždění dýchacích cest.

H351 Podezření na vyvolání rakoviny.

H370 Způsobuje poškození orgánů.

(PENTA s.r.o.)

Formaldehyd se celosvětově vyrábí ve velkém měřítku katalytickou oxidací par methanolu. Roční světová produkce je přibližně 21 milionů tun. Používá se hlavně při výrobě fenolických, močovinových, melaminových a polyacetalových pryskyřic. Fenol, močovina a melaminové pryskyřice mají široké použití jako lepidla a pojiva ve dřevěných výrobcích, buničině a papíru a průmyslu syntetických skelných vláken, při výrobě plastů a povlaků a v textilním průmyslu. Polyacetalové pryskyřice jsou široce používány při výrobě plastů. Formaldehyd také se značně používá jako meziproduct při výrobě průmyslových chemikálií, jako je například 1,4-butandiol, 4,4'-methylendifenyldiisokyanát, pentaerythritol a hexamethylentetramin (World Health Organization, 2006).

Formaldehyd je hořlavá látka, toxická při vdechování (může způsobit podráždění dýchacích cest), při styku s kůží (způsobuje těžké poleptání kůže) a požití, způsobuje poškození očí a má pravděpodobně i karcinogenní účinky. Může vyvolat alergie při styku s kůží. Formaldehyd je toxický při nadýchání, pokud k němu dojde, dopravte postiženého na čerstvý vzduch. Pokud postižený nedýchá, poskytněte umělé dýchání. Při styku s kůží potřísněný oděv a obuv ihned odložte. Kůži omývejte mýdlem a velkým množstvím vody. Postiženého ihned dopravte do nemocnice. Při vniknutí látky do očí, minimálně 15 minut proplachujte oči tekoucí vodou. Při požití v žádném případě nevyvolávejte zvracení. Osobám v bezvědomí nikdy nepodávejte nic ústy. Vypláchněte ústa vodou. Ve všech případech je nutná konzultace s lékařem. Pro bezpečnou práci používejte rukavice, ochranné brýle, protichemický oděv a cel obličejový respirátor s víceúčelovou kombinací (US) nebo respirátory typu ABEK (PENTA s.r.o.).

Aceton

Vzorec: C_3H_6O

Fyzické a chemické vlastnosti:

Stav: kapalný

Barva: bezbarvý

Zápach: silný, charakteristický

Změna stavu:

Bod tání: 94,6 °C

Bod varu:> 59,1 °C

Bod vzplanutí:> 20 °C

Molární hmotnost: 58,08 g/mol

(National University of Pharmacy, 2021; PENTA s.r.o.)

Je určen pro chemickou výrobu, analytickou chemii a laboratorní syntézy a průmyslovou aplikaci.

Piktogram:



Signální slovo: Nebezpečí

Rizikové věty:

H225 Vysoce hořlavá kapalina a páry.

H319 Způsobuje vážné podráždění očí.

H336 Může způsobit ospalost nebo závratě.

Aceton je klasifikován jako nebezpečná látka. Způsobuje vážné podráždění očí. Může způsobit ospalost nebo závratě. Je nutné látku chránit před kontaktem s horkými povrchy, jiskrami, otevřeným ohněm a jinými zdroji zapálení. Při vdechnutí okamžitě přerušete expozici výparům a dopravte postiženého na čerstvý vzduch. Při styku s kůží odložte potřísněný oděv. Omyjte postižené místo velkým množstvím, pokud možno, vlažné vody. Pokud nedošlo k poranění pokožky, je vhodné použít i mýdlo, mýdlový roztok nebo šampon. Při zasažení očí ihned vyplachujte oči proudem tekoucí vody. Výplach provádějte nejméně 10 minut. Při požití nevyvolávejte zvracení. Vypláchněte ústní dutinu vodou a dejte postiženému vypít 2 až 5 dl vody. Při jakýkoliv obtížích zajistěte lékařské ošetření. Aceton skladujte v těsně uzavřených obalech na chladných, suchých a dobře větraných místech k tomu určených. Při práci s acetonem zajistěte dobré větrání, používání ochranných brýlí, rukavic a polomasky s filtrem (PENTA s.r.o.).

Silikonové pryskyřice

Existuje více polymerů určených pro plastinaci, ale níže budou popsány jenom silikonové pryskyřice, které byly použity během této práce

Silikonové pryskyřice jsou z chemického hlediska většinou smíšené polymethylfenylsiloxany s reaktivními koncovými skupinami makromolekul, většinou hydroxylovými. Dodávají se ve formě roztoku v toluenu o koncentraci 50 % až 70 %. Mají střední molární hmotnost asi 1,5 až 3 kg mol⁻¹. K dokončení polykondenzace na zesíťované makromolekuly dochází teprve po odpaření rozpouštědla a zahřívání na teplotu 220 °C až 240 °C po dobu 1 až 5 hodin. Dobře odolávají povětrnosti, dlouhodobě snášejí teploty do 200 °C, krátkodobě až 300 °C, jejich dobré elektroizolační vlastnosti se s teplotou mění jen minimálně. V podobě vypalovacích laků nebo skelných laminátů slouží jako součásti motorů pracujících za vysokých teplot, v podobě nátěrů i v jiných průmyslových odvětvích než v elektrotechnice. Používají se například k úpravám pekařských forem a plechů, nástrojů ke zpracování plastů a kaučuků i kuchyňského nádobí (např. pánví), kde se využívá jejich vynikajících separačních vlastností. K modifikaci epoxidových i jiných pryskyřic se dodávají tzv. silikonové meziprodukty, které za tepla reagují se základní pryskyřicí a zvětšují pak její odolnost vůči teplotě a povětrnosti (Ducháček, 2006).

BIODUR® S10

Vzorec: HO(CH₃)₂Si[OSi(CH₃)₂]_nOH

Je určen k použití při vakuové impregnaci biologických preparátů podle „cold temperature method“

Fyzické a chemické vlastnosti:

Stav: kapalný

Barva: bezbarvý

Zápach: bez zápachu

Změna stavu:

Bod tání / rozmezí bodu tání: n.d.a.

Bod varu:> 300 °C

Bod vzplanutí:> 160 °C

Zápalná teplota:> 200 °C

Dynamická viskozita při 25 °C 400–600 mPa * s

Rizikové věty:

H361f Podezření na poškození plodnosti

H411: Toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky

Akutní toxicita: neklasifikováno

Při nadechnutí dopravte postiženého na čerstvý vzduch. Při styku s kůží odstraňte látku mechanicky. Při zasažení očí ihned vyplachujte oči proudem tekoucí vody. Při požití nevyvolávejte zvracení. Osobám v bezvědomí nikdy nepodávejte nic ústy. Dejte postiženému vypít 2 až 5 dl vody. Ve všech případech je nutná konzultace s lékařem. Dávejte pozor na kontaminované povrchy, mohou být velmi kluzké. Pro ochranu rukou a očí používejte rukavice a ochranné brýle (BIODUR®, 2018).

BIODUR® S6

Vzorec: $\text{Si}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)_4$

Použití: Tvrdidlo pro silikonové pryskyřice BIODUR®

Fyzické a chemické vlastnosti: Stav: kapalný

Barva: bezbarvá, průhledná

Zápach: slabý, charakteristický

Bod tání / rozmezí bodu tání: Údaje nejsou k dispozici.

Bod varu: > 160 ° C (1013 hPa)

Bod vzplanutí: 55 °C

Zápalná teplota: > 200 °C

Piktogram:



Signální slovo: Nebezpečí

Rizikové věty:

H226 Hořlavá kapalina a páry.

H319 Způsobuje vážné podráždění očí.

H335 Může způsobit podráždění dýchacích cest.

H332 Toxický při vdechování.

Látka je hořlavá, toxická při vdechování a dráždí oči. Používejte látku jenom v dobře větrané místnosti. Při vdechnutí dopravte postiženého na čerstvý vzduch. Při zasažení očí ihned vyplachujte oči proudem tekoucí vody. Při styku s kůží potřísněný oděv a obuv ihned odložte. Postižené místo omývejte mýdlem a velkým množstvím vody. Ve všech případech je nutná konzultace s lékařem. Dávejte pozor na kontaminované povrchy, mohou být velmi

kluzké. Při práci s BIODUR® S 6 používejte respirátory typu ABEK, ochranné rukavice a oděv (BIODUR®, 2017).

BIODUR® S 3

Vzorec: $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{OCO}]_2\text{Sn}[(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3]_2$

Použití: Tvrdidlo pro silikonové pryskyřice

Fyzické a chemické vlastnosti:

Stav: kapalina

Barva: nažloutlá

Zápach: lehký, charakteristický

Bod tání / rozmezí bodu tání: 16-18 ° C

Bod varu / rozmezí bodu varu: > 200 ° C

Bod vzplanutí: > 150 ° C

Zápalná teplota: > 200 ° C

Piktogram:



Rizikové věty:

H314 Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí.

H317 Může vyvolat alergickou kožní reakci.

H341 Podezření na genetické poškození.

H360FD Může poškodit plodnost. Může poškodit nenarozené dítě.

H370 Způsobuje poškození orgánů.

H372 Způsobuje poškození orgánů při prodloužené nebo opakované expozici.

H410 Vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky.

Látka způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí a může vyvolávat alergické reakce pokožky, může způsobovat genetické poškození, může poškodit plodnost nebo plod během těhotenství, poškozuje orgány. Příznaky otravy se mohou objevit i po několika hodinách. Při styku s kůží nebo s vlasy potřísněný oděv a obuv ihned odložte. Omývejte mýdlem a velkým množstvím vody. Při vdechnutí dopravte postiženého na čerstvý vzduch. Při zasažení očí ihned vyplachujte proudem tekoucí vody. Při požití nevyvolávejte zvracení. Dejte postiženému vypít 2 až 5 dl vody. Ve všech případech je nutná konzultace s lékařem.

V případě dlouhé nebo silné expozice používejte plynovou masku, filtr typu A-P2. Vždy používejte ochranné rukavice, brýle a oděv (BIODUR®, 2018).

4.6.3. Postup plastinace

Proces plastinace zahrnuje čtyři kroky:

- **Preparace a fixace**
- **Dehydratace a odmaštění**
- **Vakuově nucená impregnace**
- **Vytvrzení preparátu.**

(Dawson, 1990; deJong a kol., 2007; Henry a kol., 2019)

Preparace a fixace

Fixace preparátů formaldehydem není nutným krokem, ale chrání před biologickým nebezpečím, začínajícím nebo pokračujícím rozkladem během přípravy vzorku a také snižuje změny tvaru během plastinace. Vzorky, které se rychle autolyzují (slinivka břišní, mozek) nebo jsou kontaminovány patogeny, by měly být vždy fixovány (deJong a kol., 2007).

Klasická fixace vzorků je prováděna 5%–15% formalínem, popř. může být použit roztok s takovou koncentrací, která se ukázala jako nejvhodnější pro určité tkáně nebo techniky v praxi (Henry a kol., 1997; Henry a kol., 2019). Komerční fixační prostředky často obsahují cizí chemikálie a nedoporučují se. Některé z těchto chemikálií mohou interferovat s vytvrzováním impregnační směsi anebo se po vytvrzení vysrážet na povrchu impregnovaného vzorku. Formalín je proto nejlepší fixátor pro plastinaci (deJong a kol., 2007; Henry a kol., 2019). Cévní injekce k zvýraznění cév nebo lymfatických uzlin je třeba provést až po fixaci. Pro vaskulární injektáž vzorků, které mají být plastinovány, se jeví jako nejlepší produkty na bázi epoxidu nebo silikonu (Henry a kol., 1997; Henry a kol., 2019). Také lze použít latex, avšak řezané povrchy s použitím latexu často zůstávají lepkavé. Vzorky nebo jejich části mohou být obarveny během přípravy, a dokonce i později, během poslední acetonové lázně (von Hagens a kol., 1987; Henry a kol., 2019). Barvu vzorku lze v tuto chvíli vylepšit a zesvětlit bělením. Obvykle se doporučuje dokončit preparace, než přistoupíte k dalšímu kroku, dehydrataci. Je dobré odstranit přebytečný tuk. Jakákoli další pitva však může být úspěšná během kteréhokoli z těchto kroků (Henry a kol., 2019).

Dehydratace

Vzorky určené k plastinaci musí být zcela dehydratovány. Po přípravě vzorku musí být fixační prostředek anebo jakékoli jiné chemikálie použité v konzervačním roztoku

propláchnuty ze vzorku tekoucí vodou po dobu 1 nebo 2 dnů (Siddiqui, 1988). Po důkladném propláchnutí vzorky ochlaďte na 2 °C a ponořte vzorky do 100% acetonu o teplotě -25 °C. Poměr hmotnosti vzorku k hmotnosti acetonu musí být minimálně 1:10. Dehydratace je úplná, když při konečné acetonové lázni zůstane jeho koncentrace vyšší než 99 %. Při dehydrataci větších vzorků může být nákladově efektivnější udržovat poměr vzorku k acetonu zhruba 1:5. To si ale pravděpodobně vyžádá alespoň 1 další výměnu acetonové lázně. Měření koncentrace acetonu probíhá následovně: První týden po počáteční acetonové lázni se zkontroluje procentuální podíl (čistota) acetonu pomocí acetometru/alkoholmetru. Použitý aceton se rozmíchá a odebere se vzorek studeného použitého acetonu. Vzorek se stočí do válce a acetometr je nutné jemně ponořit do kapaliny. Acetometry jsou teplotně závislé (většina je kalibrována pro teplotu 15 až 20 °C). Pokud byl aceton v mrazáku, musí se zahřát na teplotu blízkou kalibrační hodnotě acetometru, aby se získalo správné procento použitého acetonu. Pro urychlení dehydratace lze aceton a vzorky každý den míchat, aby se zvýšila rychlost dehydratace. Je nutné provádět týdenní kontroly a měnit aceton, dokud koncentrace acetonu nebude vyšší než 99 %. Pak budou vzorky připraveny k impregnaci (Henry a kol., 2019).

Odmaštění

Tuk/lipid se jen velmi obtížně impregnuje silikonem. Proto se doporučuje před impregnací vzorky zbavit přebytečného tuku. U ostatních tuků, které nelze odstranit pitvou, je dobrou volbou chemické odmaštění pomocí teplého acetonu, který velmi dobře rozpouští tuky. Když je koncentrace acetonu během dehydratace vyšší než 96 %, vyndá se nádoba s acetonem z mrazáku, aby se zahřála a zůstala při pokojové teplotě několik týdnů. Aceton je nutné vyměnit, když změní barvu na žlutou, místo toho, aby zůstal čirý. Cílem není odstranit všechny lipidy, ale odstranit co největší procento těchto látek. Pokud je vzorek extrémně mastný, může být preferovaným rozpouštědlem methylenchlorid (MCL) neboli dichlormethan. MCL je silný odmašťovač, ale musí být použit pod krytem. Pokud se použije MCL, mělo by být procento koncentrace acetonu větší než 99 %, než budou vzorky vyjmuty z acetonu a umístěny do MCL. MCL není dehydrant, proto musí být vzorek před ponořením do MCL zcela dehydratován. Obvykle odmašťování v MCL po dobu několika dní odstraní dostatek lipidů (deJong a kol., 2007; Henry a kol., 2019).

Vakuově nucená impregnace

Mícháme najednou pouze polymer Biodur® S10 a Biodur® S3, Biodur® S6 je aplikován samostatně. Pokud jsou smíchány všechny tři složky najednou, kapalný silikon se velmi rychle stane viskóznějším, a nakonec vytvrdne do téměř pevného bloku. Proto, aby

silikonový polymer zůstal tekutý a mohl tak vstoupit do buněčné struktury vzorku (během impregnace), musí být silikon smíchan pouze s jednou ze dvou přísad (Henry a kol., 2019). Klasická impregnační směs je silikonový polymer (S10) smíchaný s 1 % katalyzátoru (S3). Tato směs produkuje plastináty „zlatého standardu“ a je známá jako *Von Hagensova metoda*, S10 nebo tzv. *Cold plastination process* (deJong a kol., 2007; Riederer, 2014; Henry a kol., 2019). Jakmile jsou S10 a S3 smíchány, jsou reaktivní a po určité době se tato směs stane viskózní v důsledku prodloužení silikonových molekul. Tato reakce je urychlena teplotou. Aby se zpomalila rychlost reakce a prodloužila se doba zpracovatelnosti impregnační směsi, musí se tato směs uchovávat v chladu, minimálně při -15 °C, pokud je používán, a chladnější teplotě (-25 °C), pokud používán není (Henry a kol., 2019).

Impregnační směs se připraví důkladným smícháním 1 % S3 (katalyzátor/prodlužovač řetězce) s S10 (silikonový polymer). Impregnace spočívá v odstranění acetonu snížením tlaku, kdy se aceton začne odpařovat a opouští vzorek v plynném skupenství a buněčné i mezibuněčné prostory jsou nahrazeny silikonovým polymerem. Impregnační směs je nalita do studené vakuové komory ještě před vložením preparátu, aby došlo k jejímu namražení na minimálně -20 °C před započítáním procesu nucené impregnace. Jakmile se S10 a S3 spojí, vytvoří se reakční směs. S3 představuje krátké stabilní molekuly silikonového polymeru, které reagují samy se sebou, a síťovadlo pro připojení polymerních molekul, což zvyšuje viskozitu impregnační směsi. Zahajuje transformaci velmi tekuté reakční směsi na viskózní (méně tekutou) směs během několika týdnů/měsíců. Takto zreagované viskóznější impregnační směsi se hůře dostávají do vzorků (Henry a kol., 2019). Chladné prostředí s teplotou nižší než -25 °C zpomaluje reakci směsi, která zůstává déle tekutá (deJong a kol., 2007; Henry a kol., 2019). Dehydratované a odmaštěné vzorky se odstraní z acetonu nebo MCL, přebytečná tekutina se lehce setřepe a vzorky se ponoří do impregnační směsi. Na vzorky se umístí mřížka, aby byly ponořené. Je vhodné nechat vzorky přes noc ležet v impregnační směsi, aby se vzorky, dehydrant a impregnační směs ekvilibrovaly před snížením tlaku. Vakuové čerpadlo je připojeno k vakuové komoře a čerpadlo musí být zapnuté. Jemně nastavitelný obtokový ventil ve vakuovém potrubí umožňuje postupné snižování tlaku. Změny tlaku jsou zaznamenány na vakuovém měřicím zařízení (manometr). Hg manometr poskytne nejpřesnější hodnoty tlaku. Obvykle však měří pouze tlaky nižší než 16 až 20 cm Hg (21 až 26 mbar). Komora je uzavřena a utěsněna bezpečnostním sklem s pryžovou izolací, aby bylo možné pozorovat vnitřek komory a unikající bubliny acetonu. Jakmile se vakuové čerpadlo po několika minutách zahřeje, je obtokový ventil uzavřen, aby se usnadnilo utěsnění skla. Jakmile je sklo

utěsněno, sledujte pokles tlaku. Tlak v komoře bude muset být snížen přibližně o 90 %, aby se přiblížil tlaku, při kterém bude zahájena impregnace, kdy se aceton odpařuje a extrahuje ze vzorku. Když se tlak blíží 6 cm Hg, obtokový ventil se postupně otevírá, aby se do uzavřeného vakuového systému dostal vnější vzduch. Tlak v systému je regulován postupným otevíráním nebo zavíráním ventilu. Otevření ventilu umožňuje vstup vzduchu do systému, který zvyšuje a stabilizuje tlak na požadovanou hodnotu. Při zavřeném obtokovém ventilu by tlak klesl na „téměř nulu“, což by nemělo nastávat, aby nedocházelo k poškození vakuové pumpy. Také se v takovém případě aceton velmi rychle odpaří, opustí vzorek a extrahuje se pomocí pumpy. Buňky a intersticiální prostory se zhroutí, a do buněk nemůže vstoupit téměř žádná polymerní směs. Výsledkem bude neúplná impregnace vzorku, která povede ke smrštění (Dawson a kol., 1900; Henry a kol., 2019). Tlak od přibližně 6 cm Hg musí být pomalu snižován po dobu 3 až 5 týdnů na přibližně 0 cm Hg. Pokles tlaku bude řízen dle pozorování unikajících bublin a manometrem pro záznam tlaku (deJong a kol., 2007; Henry a kol., 2019). Tlak páry acetonu při -15 °C je 28 mm Hg (37 mbar). Během prvních 24 hodin poklesu tlaku je pozorováno mnoho vzduchových bublin. Tyto bubliny mohly vzniknout ve směsi při míchání, během lití impregnační směsi do nádoby a nebo během vkládání vzorků do komory. První den by se měl snížit tlak přibližně na 3 cm (40 mbar) a poté tlak na této úrovni stabilizovat po dobu 24 hodin, dokud se počet malých vzduchových bublin (<2 až 4 mm Hg) nesníží. Plastinační bubliny (1 až 2 cm) se objeví první až druhý den poté, když je ventil postupně uzavírán, to způsobí malé (2 až 3 mm Hg; 2,6 až 4 mbar) poklesy tlaku. Jak se bubliny zmenšují, tlak se může podle potřeby postupně snižovat. Když dojde ke snížení tvorby plastinačních bublin, je třeba tlak snižovat pomalu. Bublání by nemělo být energické. Těmto malým úpravám tlaku napomáhá jehlový ventil. Plastinační bubliny (1 až 3 cm) se budou pravděpodobně objevovat po několik dní. Když tlak poklesne na 20 až 15 mm Hg (26,5 až 20 mbar), vytvoří se větší bubliny (2 až 4 cm), protože se z tkáně uvolní větší množství acetonu. Při -15 °C je impregnace téměř úplná, když produkce bublin výrazně zpomalila a tlak je nižší než 3 až 5 mm Hg. Bubliny pravděpodobně úplně nezmizí nikdy, pokud nebude v komoře dosaženo úplného vakua (Henry a kol., 2019).

Tuhnutí preparátu

Po dokončení impregnace je vypnuto vakuové čerpadlo a otevřen obtokový ventil, aby se tlak v komoře vrátil na atmosférický tlak. V tuto chvíli je vhodné vyměnit olej čerpadla, dokud je stále zahřátý. Komora je otevřena, vyjmuty impregnované vzorky z impregnační směsi a ze vzorků nechán odtéct/okapat přebytečný silikon. Po odtečení/odkapání přebytečného silikonu se impregnované vzorky položí na absorpční papír nebo mřížku přes nádobu a ponechají po

dobu jednoho až dvou, či více dnů při pokojové teplotě pro odstranění posledních zbytků přebytečného silikonu a také rozmražení. Jak se polymerová směs zahřívá, odtok se zvýší (Henry a kol., 2019). Během této doby se přebytečný polymer otře z povrchu vzorků a vzorky je třeba otočit, aby se umožnil odtok ze všech stran vzorku. Jakmile ze vzorků odteče nadbytečná směs polymerů, může se začít vytvrzovat pomocí jedné ze dvou metod. Pomalého vytvrzování nebo rychlého vytvrzování. Pomalé vytvrzování umožňuje, aby vzorek zůstal při pokojové teplotě po delší dobu (jeden až několik týdnů), obracel se a byl z něj otírán přebytečný povrchový polymer, zatímco impregnační směs ve vzorku se pomalu vytvrzuje a vytváří delší a delší řetězce silikonu. Poté se (v době kdy je preparát připraven a dostatečně očištěn) k pomalu tuhoucím vzorkům přidá třetí chemická látka S6, vytvrzovací činidlo. Vzorky se vloží do vytvrzovací komory/nádoby s malým podílem S6, který se odpaří a reaguje se směsí S10/S3 uvnitř vzorků. Reaktivní forma S6 je v plynné fázi a do vzduchu se uvolňuje probubláváním vzduchu skrz tvrdidlo (Henry a kol., 2019). Rychlé vytvrzování spočívá v aplikaci S6 v plynné formě na otřené impregnované vzorky, jakmile jsou na to připraveny (často za 2 nebo 3 dny, po vytažení z vakuové komory, ale není stanoven žádný časový limit). Zpočátku musejí být vzorky každý den 2 až 3krát otřeny, aby se zabránilo vytvrzování vztlínajícího polymeru a znetvoření povrchu vzorků. Tato metoda umožňuje vytvrzení vzorků během dvou nebo tří dnů. Během vytvrzování mohou být vzorky lepkavé, ale lze s nimi manipulovat v rukavicích. Po aplikaci tvrdidla S6 by měly být vzorky skladovány v uzavřené nádobě nebo plastovém sáčku několik týdnů, pokud se nepoužívají, aby bylo zajištěno úplné vytvrzení do hloubky vzorku. Vytvrzování vzorku začíná, když se páry S6 kontaktují s polymerem na povrchu vzorku a poté vytvrzování pokračuje směrem ke středu vzorku. U větších vzorků bude trvat déle, než tvrdidlo dosáhne středu a preparát se zcela vytvrdne (Henry a kol., 2019).

4.6.4. Plastinace srdce

Bylo popsáno několik metod preparace srdce pro plastinaci. Je nutné uzavřít všechny uříznuté cévy vhodnými předměty, odpovídajícími průměru cév. Krev a sraženiny by měly být vypláchnuty ze srdce před umístěním posledního "víčka". Pokud byly cévy příliš zkrácené, existují způsoby, jak zachránit vzorek. Céva může být sešita, nebo pokud je céva příliš velká, libovolný kulatý předmět se může zašít uvnitř cévy a uzavřít ji. I když srdce nemůže být úplně zapečetěno, lze dosáhnout dobrých výsledků (Henry a kol., 1997).

5. Metodika

5.1. Preparace

Pro vyhotovení preparátu a sběr dat bylo použito 29 ptáků. Všichni jedinci byli legálně poskytnuti univerzitou, záchrannými stanicemi nebo soukromými preparátory. Vzhledem k tomu, že většina ptáků byla v dobrém stavu a budou se dále používat pro dermoplastické preparáty, při pitvě bylo nutné zachovat čistotu peří a celistvost kůže, vyhnout se hnilobě a provést pitvu bez konečného rozmrazení. To je důvodem, proč ne všechna srdce byla odstraněna v dokonalém stavu a ve většině z nich nebylo možné uchovat všechny cévy, protože pro nejkvalitnější preparace orgánů by měl být celý pták konzervován ve formaldehydu a až poté by měly být orgány vyndány. Tím se dá vyhnout deformaci a zachovat měkké tkáně a tenké cévy.

Při pitvě byl použit skalpel č. 4 s výměnnými sterilními čepelkami č. 21, 22 a 23 a nitrilové rukavice. Byl proveden ventrální řez od kosti hrudní po kloaku a skrze něj byla velmi opatrně, pomocí tvrdé nerezové špičaté pinzety, vyndaná většina orgánů, včetně srdce (viz obr. č. 6). Po pitvě byli všichni jedinci umístěni zpět do mrazicí komory pro další použití.



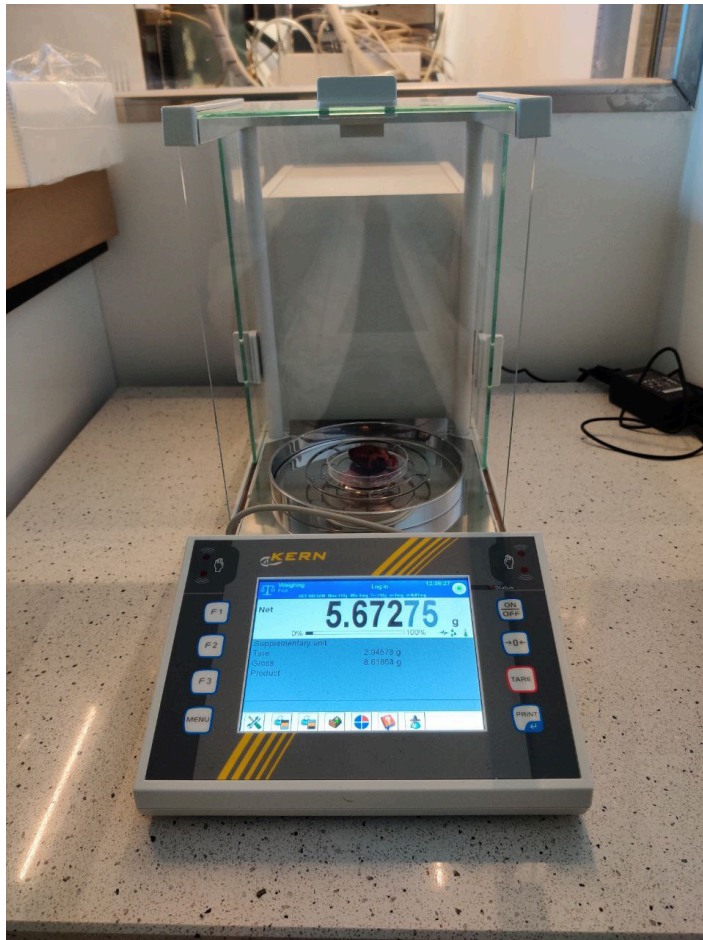
Obrázek č. 5: Preparace strakapouda velkého



Obrázek č 6: Vypitvané srdce

5.2. Měření a vážení

Aby bylo možné provést výpočty, ptáci byli měřeni od špiček rejdovacích per po špičku zobáku a jejich rozpětí křídel bylo také měřeno od špiček nejdelších letek (viz obr. č. 5). Měření bylo provedeno pomocí svinovacího metru s přesností na 1 mm. Také byla měřena jejich celková tělesná hmotnost laboratorními vahami typu PES s přesností 0,1 g a rozsahem 100 g až 15 kg, hmotnost srdcí byla zvážena na laboratorních vahách typu ADB s přesností 0,1 mg a rozsahem 5 až 120 g (viz obr. č. 7).

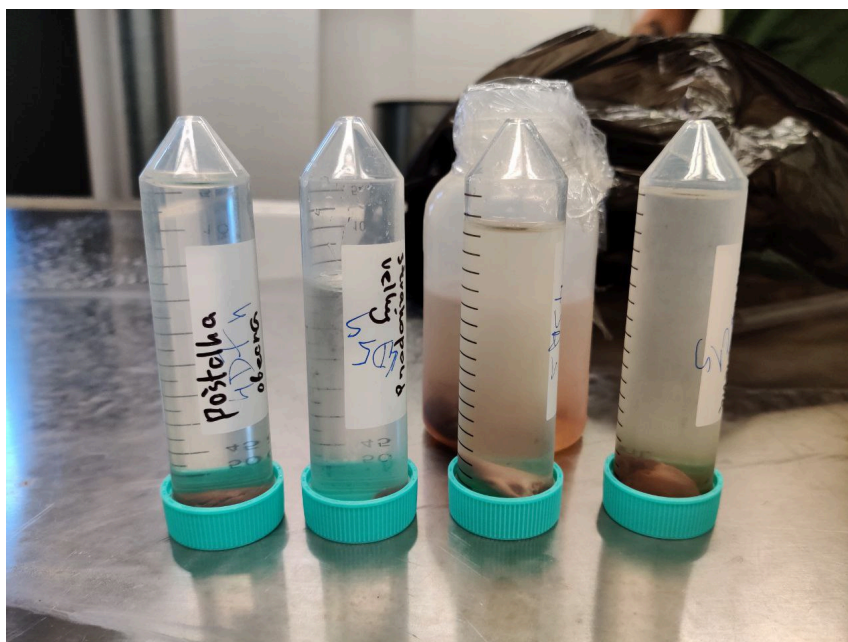


Obrázek č 7: Vážení srdcí

5.3. Plastinace

5.3.1. Fixace

Všechny srdce byla umístěna do jednotlivých plastových zkumavek, s hermeticky uzavíratelným víčkem, s 4% vodným roztokem formalínu po dobu 3 dnů a při teplotě 5°C (viz obr. č. 8).



Obrázek č. 8: Fixace srdcí ve formaldehydu

5.3.2. Dehydratace

Po 3 dnech byla srdce bez propláchnutí vodou umístěna do jednotlivých plastových zkumavek, s uzavírajícím se víčkem se 100% předmraženým acetonem (viz obr. č. 9). Následně byly umístěny na 10 dní do plastinačního mrazáku při teplotě $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Hmotnost acetonu překročila hmotnost srdcí více než 10krát, protože většina srdcí mělo velmi malou hmotnost a spotřeba acetonu zůstala i přesto malá v řádech stovek ml. Koncentrace acetonu byla měřená acetonometrem s přesností na 1 %. Z každé zkumavky byl aceton stočen do skleněného válce s objemem 100 ml a ponechán při pokojové teplotě na 2 až 3 hodiny, aby jeho teplota stoupla na $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nabyl hustoty, vhodné pro měření acetonometrem. Výměna acetonu byla provedena dvakrát po 3 dnech a po 4 dnech, a již při prvním měření koncentrace acetonu stanovila 98 %.

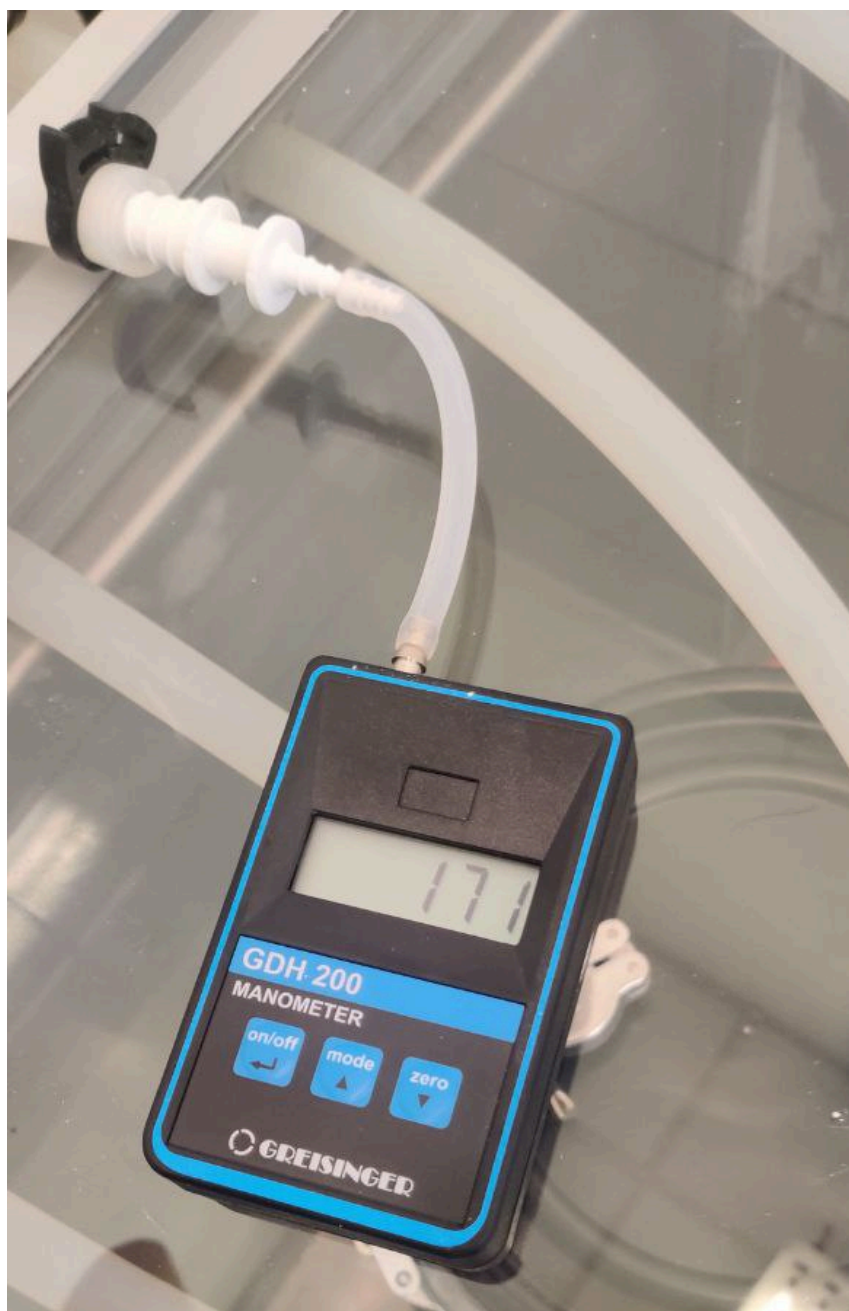


Obrázek č.9: Dehydratace srdcí v acetonu

5.3.3. Vakuově nucená impregnace

Po dehydrataci byla srdce umístěna do směsi polymerů Biodur® S10 a Biodur® S3. Míchání silikonu bylo následující: Pokyny pro míchání silikonu naznačují, že do polymeru Biodur® S10 musí být přidáno 1 % katalyzátoru Biodur® S3. Vážení silikonu není příliš výhodné, protože je žádoucí mít k tomu velmi přesné váhy, navíc při nalití silikonu by se díky jeho vysoké viskozitě nevyhnulo povrchového znečištění. Proto byl silikon a tvrdidlo jednorázově zváženo na laboratorních vahách typu ADB s přesností 0,1 mg. Zjištěná hmotnost 1 ml silikonu byla 0,9643 g a hmotnost 1 ml tvrdidla byla 1,0238 g. Z toho vyplývá, že 1 litr silikonu vyžaduje 9,42 ml tvrdidla. Při míchání silikonu byly použity nitrilové rukavice. Silikon byl stočen do skleněné kádinky, pak bylo přidáno tvrdidlo. Míchání bylo provedeno skleněnou míchací tyčinkou. V průběhu míchání se silikon v místě přidání tvrdidla zakalil. Je nutné silikon míchat až se tvrdidlo úplně nerozpustí a nestane směs průhledná. Pak byla směs stočena do jednotlivých laboratorních plastových nádob a nachlazena na -25 °C a následně do nich byly umístěny srdce. Když byla srdce ponořena do silikonu, byla ihned umístěna do studené vakuové komory. Před zapnutím vakuového čerpadla v komoře byl obvyklý atmosférický tlak kolem 980 mbar. Po zapnutí čerpadla byl tlak regulován pomocí dvou ventilů a během pěti minut klesl na přibližně 130 mbar (viz obr. č. 10). Je nutné během této doby těsně uzavřít bezpečnostní sklo, které přikrývá vakuovou komoru. Při tomto tlaku již lze pozorovat první bublinky vzduchu, který zbyl ve vzorku. Pak se tlak upravil v

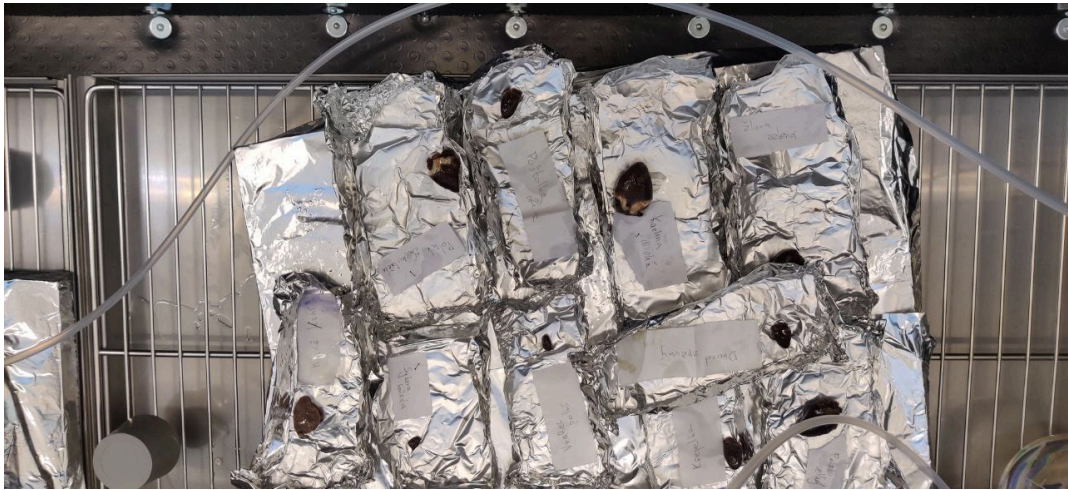
závislosti na tvorbě acetonových bublin, které se objevily první den poté. Po dalších zhruba 8 hodinách byl tlak snížen na přibližně 80 mbar. Po dalších 12 hodinách byl tlak snížen na přibližně 40 mbar. Když bubliny přestaly vystupovat (zhruba po dalších 24 hodinách), byl tlak snížen na asi 25 mbar. Je důležité vyvarovat se velmi aktivního bublání, aby nedošlo k poškození preparátu. Když se bublání prakticky zastavilo, v našem případě na zhruba po čtyřech dnech ve vakuové komoře, byl tlak snížen do 25 mbar a impregnace trvala další dva dny.



Obrázek č. 10: Měření tlaku hned po zapnutí vakuového čerpadla

5.3.4. Tuhnutí preparátu

Po skončení impregnace byla srdce vyjmuta ze silikonu a největší byla umístěna na nerezovou mřížku pro odtok přebytečného silikonu. Zbytek byl otřen a položen pouze na ubrousky, což bylo pro objem přebytečného dostačující. Poté byla všechna srdce dodatečně otřena ubrousky a umístěna do komory s tvrdidlem Biodur® S6 odpařujícím se ze tří Erlenmeyerových baněk (viz obr. č. 11). Po třech dnech byla srdce zcela zplastinovaná. Některým z nich byl skalpelem pečlivě odříznut přebytečný silikon a všechna byla zanechána ve tvrdící komoře (s již vypnutým vzduchováním v tvrdidlu S6) pro dotvrzení silikonu na další čtyři dny. Poté byly preparáty vyjmuty, ještě jednou otřeny ubrousky a proces plastinace byl hotov.



Obrázek č 11: Fáze tuhnutí

5.4. Statistické vyhodnocení

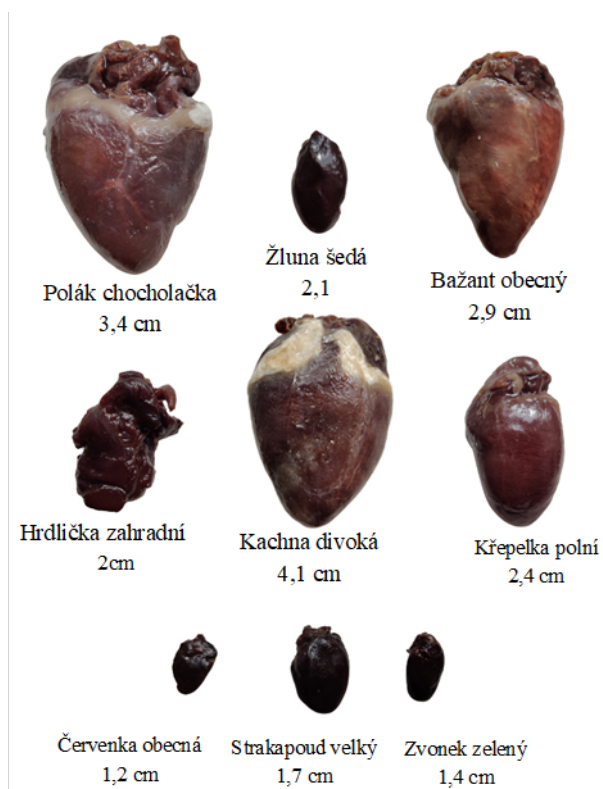
Analýza dat byla provedena v programu Microsoft Excel 2010. Pomocí stejného programu byly vytvořeny i bodové a sloupcové grafy, které byly následně kolorovány v programu Adobe Photoshop CC. Fotografie srdcí byly následně upraveny v programu Adobe Photoshop CC.

6. Výsledky

6.1. Plastinace

Celkem bylo zplastinováno 29 srdcí 26 druhů ptáků, kteří patří do 7 řádů: dravci (Accipitriformes) (jestřáb lesní, káně lesní, poštolka obecná); hrabaví (Galliformes) (bažant obecný, křepelka polní), měkkozobí (Columbiformes) (hrdlička zahradní), pěvci (Passeriformes) (červenka obecná, dlask tlustozobý, drozd brávník, drozd zpěvný, kavka obecná, kos černý, sojka obecná, sýkora koňadra, sýkora modřinka, vrabec polní, zvonek zelený), sovy (Strigiformes) (kalous ušatý, sýček obecný), šplhavci (Piciformes) (strakapoud velký, žluna šedá, žluna zelená) a vrubozobí (Anseriformes) (kachna divoká, labuť velká, polák chocholačka, polák velký).

Na obrázku č. 13 je vidět, že se na srdci labuti se perfektně zachovala barva, struktura svalů a tuku.



Obrázek č.12: Zplastinovaná srdce vybraných jedinců



Obrázek č. 13: Zplastinované srdce labuti velké, výška 10, 4 cm

6.2. Statistické vyhodnocení

V tabulce č. 1 je patrné, že nejtěžší srdce z měřených druhů najdeme v řádu vrubozobí (labuť velká, 105,6g). Zatímco nejmenší hmotnost je u pěvců (sýkora modřinka, 0,127g). Pro relativní hodnoty najdeme nejtěžší srdce u vrabce polního (2,07 % z tělesné hmotnosti) a nejmenší u samice bažanta obecného (0,33 % z tělesné hmotnosti).

Druh	Rozpětí křídel (cm)	Délka těla (cm)	Hmotnost jedince (g)	Hmotnost srdce (g)	Hm. jedince/ Hm.srdce	Délka/ rozpětí	Hm. jedince/ rozpětí	Hmotnost srdce v %
Sýkora modřinka	15,60	10,30	9,70	0,13	76,38	0,66	0,62	1,31
Červenka obecná	19,50	13,10	16,30	0,18	90,06	0,67	0,84	1,11
Sýkora koňadra	21,10	13,20	16,70	0,21	81,07	0,63	0,79	1,23
Zvonek zelený	24,00	13,60	24,50	0,39	62,66	0,57	1,02	1,60
Vrabc polní	19,10	12,60	20,70	0,43	48,14	0,66	1,08	2,08
Dlask thustozobý	28,60	16,90	48,10	0,63	76,59	0,59	1,68	1,31
Drozd zpěvný	34,50	20,20	62,20	0,66	93,68	0,59	1,80	1,07
Strakapoud velký	36,70	22,60	77,00	0,68	112,74	0,62	2,10	0,89
Sýček obecný	47,20	22,80	81,50	0,70	117,27	0,48	1,73	0,85
Kos černý	36,60	22,50	58,00	0,80	72,50	0,62	1,59	1,38
Strakapoud velký	40,90	22,70	66,00	0,90	73,33	0,56	1,61	1,36
Hrdlička zahradní	46,40	21,00	170,00	1,03	164,89	0,45	3,66	0,61
Drozd brávník	45,50	26,60	102,00	1,10	92,73	0,59	2,24	1,08
Poštolka obecná	56,10	32,80	182,80	1,21	150,58	0,59	3,26	0,66
Poštolka obecná	71,10	32,00	120,00	1,30	92,31	0,45	1,69	1,08
Žluna šedá	37,40	24,20	102,50	1,32	77,89	0,65	2,74	1,28
Kavka obecná	35,40	31,80	135,00	1,40	96,43	0,90	3,81	1,04
Sojka obecná	53,40	31,40	130,00	1,70	76,47	0,59	2,43	1,31
Kalouš ušatý	77,50	26,30	214,30	1,83	117,30	0,34	2,77	0,85
Křepelka	45,60	25,70	490,00	1,97	248,48	0,56	10,75	0,40
Jestřáb lesní	112,50	48,80	481,70	2,25	214,28	0,43	4,28	0,47
Žluna zelená	46,80	30,50	201,00	2,47	81,44	0,65	4,30	1,23
Bažant obecný samice	64,00	62,20	766,00	2,60	294,62	0,97	11,97	0,34
Káně lesní	105,90	49,90	561,70	2,96	190,09	0,47	5,30	0,53
Bažant obecný samec	72,60	78,00	1154,00	5,00	230,80	1,07	15,90	0,43
Polák chocholačka	54,90	40,00	623,80	5,67	110,00	0,73	11,36	0,91
Polák velký	59,00	42,50	797,10	6,16	129,46	0,72	13,51	0,77
Kachna divoká	81,10	59,00	1179,90	10,19	115,76	0,73	14,55	0,86
Labuť velká	212,00	155,00	10065,00	105,61	95,31	0,73	47,476	1,05

Tabulka č. 1: Tabulka naměřených hodnot pro jednotlivé druhy ptáků, řazeno dle váhy srdce

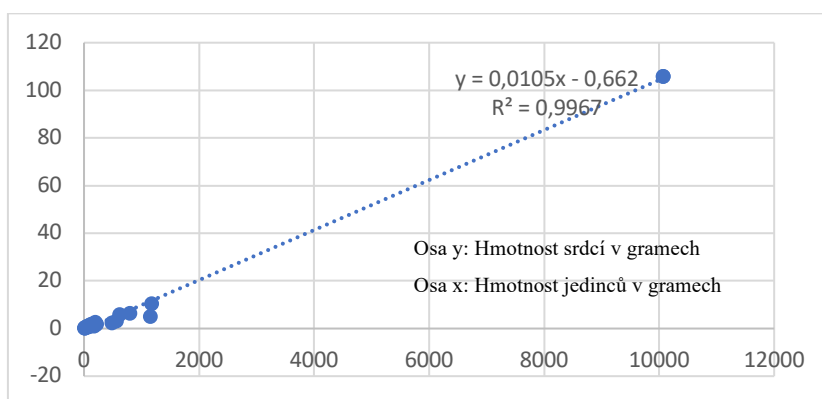
Dravci	
Hrabaví	
Měkkozobí	
Pěvci	
Sovy	
Šplhavci	
Vrubozobí	

Tabulka č. 2: Barevné odlišení jednotlivých řádů

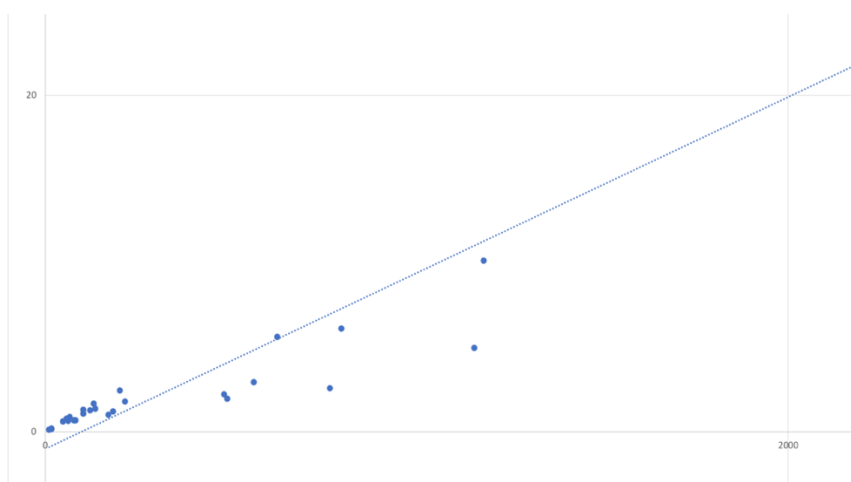
6.2.1. Závislost hmotnosti jedince na hmotnosti srdce

Graf č. 1 ukazuje závislost hmotnosti jedince na hmotnosti srdce. Koeficient determinace je 0,9967. Vzhledem k tomu, že váhové parametry labutě velké byly velmi vzdáleny od ostatních jedinců, je na obr. č. 14 vyobrazen výřez grafu pro lepší přehlednost.

Je také patrné, že druhy ptáků s menší hmotností jsou nad rovnicí trendu a druhy s hmotností vyšší naopak pod rovnicí.



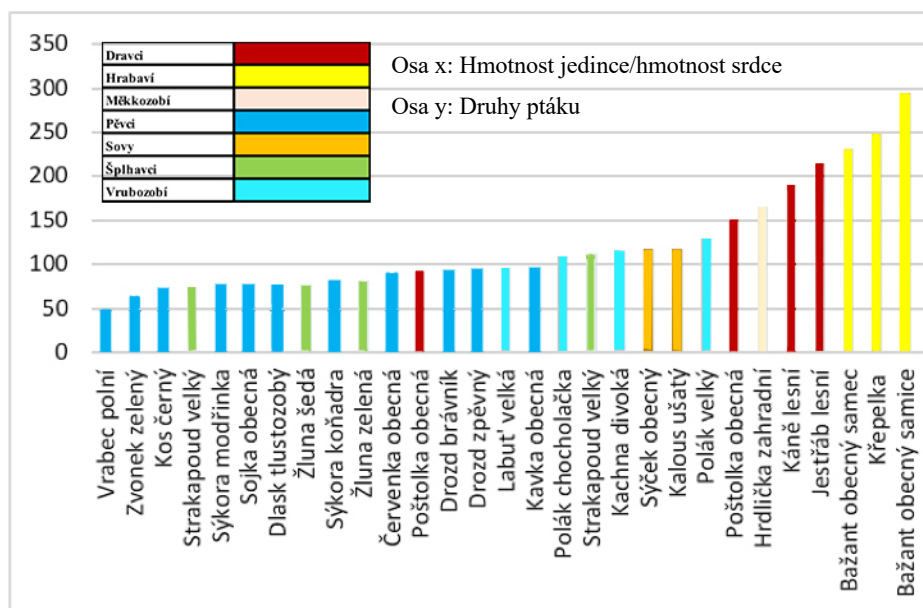
Graf č. 1: Bodový graf závislosti hmotnosti jedince na hmotnosti srdce



Obrázek č 14: Výřez z grafu č.1

Hmotnost všech jedinců byla dělená hmotností jejich srdcí, tyto hodnoty zobrazuje graf č. 1 a je z něj tedy patrné kolik g z celkové hmoty jedince připadá na 1 g srdce. Ze

sloupcového grafu (č. 2) je patrné, že nejvíce gramů tělesné hmotnosti na gram srdce připadá u řádu hrabaví a dravých ptáků. A nejmenších hmotností nabývá u řádu pěvců.



Graf č. 2: Sloupcový graf závislosti hmotnosti jedince (g) na hmotnosti srdce (g)

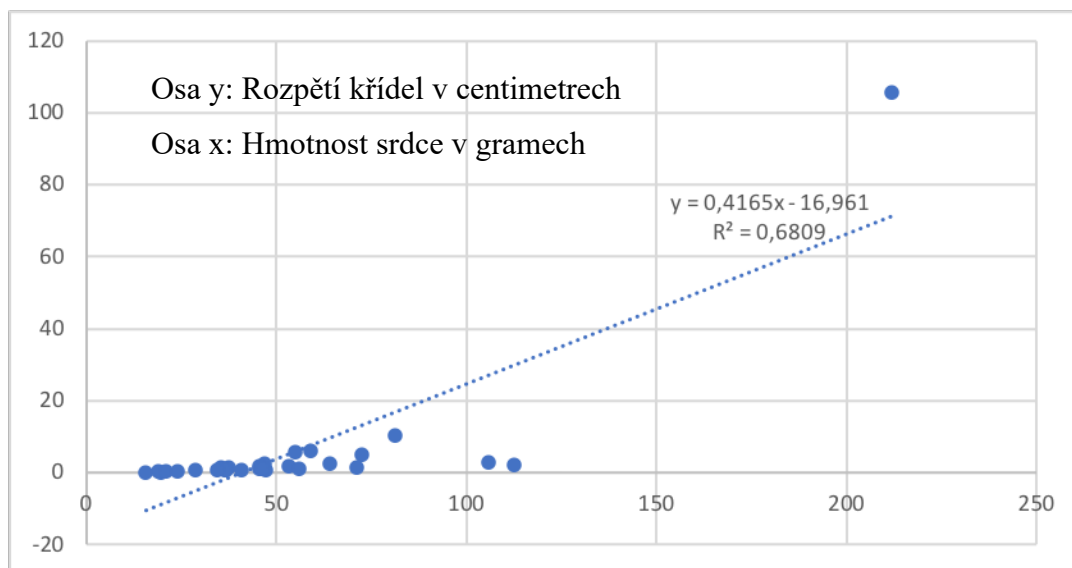
Z grafu č. 2 byly vypočítány průměrné hodnoty pro jednotlivé řády. Ačkoli byly některé řády zastoupeny pouze jedním nebo dvěma druhy, jsou zde patrné rozdíly v desítkách procent.

Pěvci	78,80
Šplhavci	86,35
Vrubozobí	112,65
Sovy	117,30
Dravci	161,80
Měkkozobí	164,90
Hrabaví	257,96

Tabulka č. 3: Průměrné hodnoty hmotnosti jedinců (g) připadající na 1 gram srdce rozdělené pro jednotlivé řády

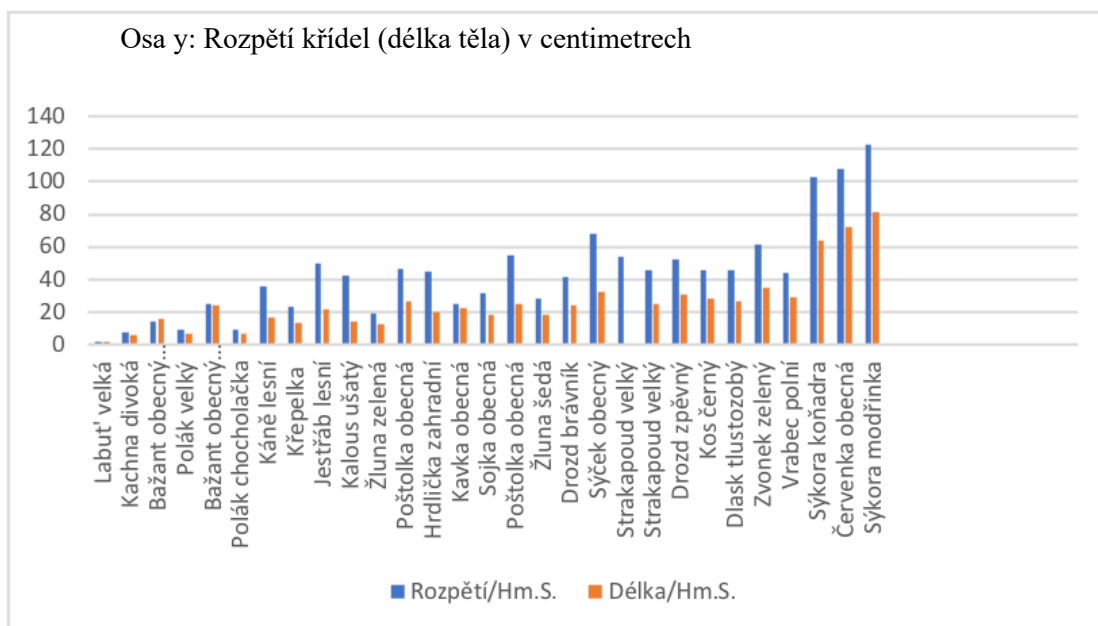
6.2.2. Závislost hmotnosti srdce na délce těla a rozpětí křídel

Z grafu č. 3 je patrné že i u rozpětí křídel a hmotnosti je jistá korelace, ale determinační koeficient je mnohem nižší, než u grafu. č. 1 a také je zde mnohem větší rozptyl hodnot. Prakticky stejných hodnot bylo dosaženo při dosažení tělesné délky místo rozpětí křídel.



Graf č. 3: Bodový graf závislosti rozpětí křídel (cm) na hmotnosti srdce (g)

Z grafu č. 4 je patrné, že hodnoty pro rozpětí křídel a délku těla jsou velmi podobné. Nejvyšších hodnot dosahují drobní pěvci a nejnižších naopak vrubozobí a hrabaví.



Graf č. 4: Zobrazení rozpětí křídel (cm) modře (délky těla (cm) oranžově) připadající na jeden gram srdce

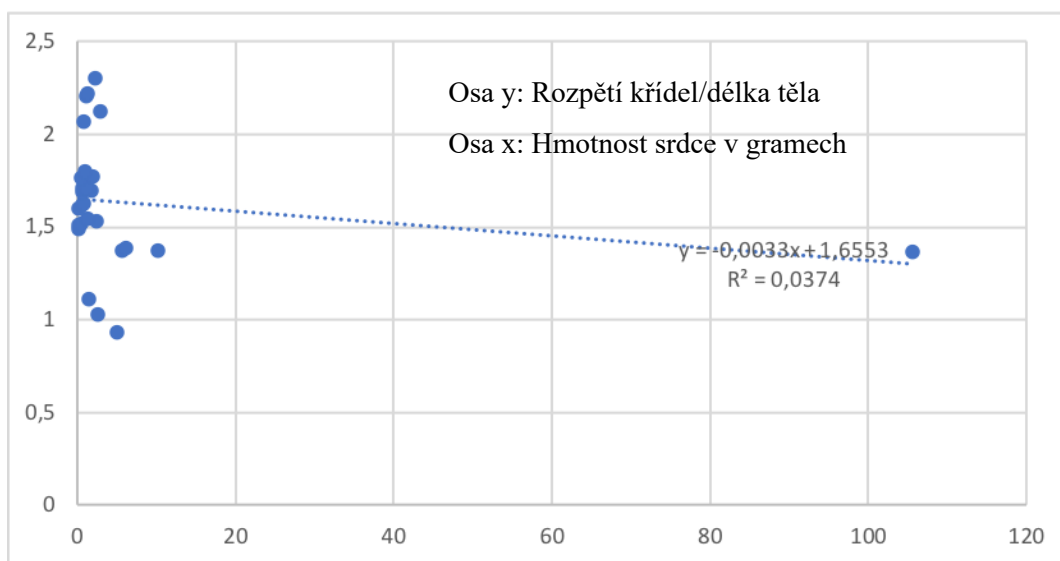
Vrubozobí	7,31
Hrabaví	20,75
Sovy	22,1
Šplhavci	36,64
Měkkozobí	45
Dravci	46,69
Pěvci	61,83

Tabulka č. 4: Průměrné hodnoty rozpětí křídel jedinců (cm) připadající na 1 gram srdce rozdělené pro jednotlivé řády

Vrubozobí	5,3
Hrabaví	17,52
Měkkozobí	20,37
Šplhavci	22,27
Dravci	22,56
Sovy	23,61
Pěvci	39,31

Tabulka č. 5: Průměrné hodnoty délky těla jedinců (cm) připadající na 1 gram srdce rozdělené pro jednotlivé řády

Z grafu č. 5 je patrné že nižší korelace váhy srdce k rozpětí křídel a délce těla, se změnil v prakticky nulovou, pokud tyto dva rozměry dosadíme do koeficientu kdy 1 nabývá jedinec se shodnou délkou těla a rozpětím křídel a čím více se tyto rozměry liší, tím více se hodnota vzdaluje od jedné. Pod hodnotou jedna jsou jedinci s větší délkou těla než rozpětím křídel a nad hodnotou jedna jsou jedinci s delším rozpětím křídel než délka těla.



Graf č. 5: Závislost koeficientu rozpětí křídel(cm)/délka těla(cm) na hmotnosti srdce (g)

7. Diskuze

7.1. Plastinace

Většina zdrojů doporučuje fixovat preparáty v 5% až 15% roztoku formalínu, ale na doporučení Sebastiana Pilze z Univerzity v Curychu byl použit pouze 4% formalín. Tato koncentrace se ukázala jako vynikající, srdce neztratilo barvu a dostatečně se zafixovalo, aby se nedeformovalo dalšími manipulacemi. Protože etapa fixace ve formaldehydu není povinná, lze předpokládat, že je přijatelná jakákoli koncentrace formaldehydu a její výše bude závislá na typu tkáně, velikosti preparátu nebo typu preparace.

Během plastinace také došlo k některým chybám, respektive nevhodným krokům, které v některých případech negativně ovlivnily kvalitu preparátů. Některá srdce byla po pitvě bez jakékoli předchozí tvarové fixace ponořena do formalinového roztoku, a tedy v některých případech došlo k zafixování v nevhodných nebo nepřírodných pozicích. Ještě měkké a nezafixované srdce se ponořily na dno fixační nádoby a byly zafixovány v této pozici. Ve výsledku tedy byla některá srdce zafixována s jednou stranou zploštělou, v anatomicky nepřírodných tvarech nebo se zkolabovanými tepnami a cévami. Pro vytvoření preparátů vysoké kvality je nutné srdce pečlivě napolohovat a zpevnit před samotnou formaldehydovou fixací a během ní, nejlépe srdce zavěsit v roztoku tak, aby volně viselo a nedotýkalo žádné stěny fixační nádoby.

U některých srdcí došlo k rozpuštění tuků již během fáze dehydratace v acetonu a na hotových plastinátech se toto projevilo jako bílý nevzhledný prášek na povrchu preparátu (viz obr. č. 12). Toto bylo způsobeno manipulací nevhodnou pro preparáty srdcí o váze v jednotkách gramů, kdy dochází k řádově rychlejšímu zahřátí než u standardních preparátů pro plastinaci, které se většinou pohybují minimálně ve stovkách gramů nebo více. Pro takto malé preparáty je nutná manipulace v tepelně izolovaných rukavicích, a i veškerý transport mimo chlazené komory musí být prováděn v chlazených termoboxech.

Pro plastinaci některých srdcí byl použit silikon již jednou k plastinaci použitý. Skladoval se několik týdnů při teplotě 20 °C, a ne při -25 °C, jak je uvedeno v článku Henry a kol. (2019), ale výsledek plastinace byl přesně stejný jako u čerstvě namíchaného silikonu. Jediným rozdílem byla jeho lehce vyšší viskozita, která stěžovala manipulaci a také silikon hůře ztéká z preparátů. Pravděpodobně by silikon v této fázi nebyl vhodný pro preparáty s objemem v řádech desítek litrů (kvůli prosycení) nebo pro zalévání jemných struktur (kvůli

odtékání po prosycení). U silikonu, který byl skladován po stejnou dobu při teplotě -22 °C nebyl pozorován žádný rozdíl.

Plastinace má mnoho výhod oproti alternativním způsobům konzervace měkkých tkání, jako je například skladování přípravků v alkoholu nebo formaldehydu, které jsou méně praktické kvůli velké hmotnosti preparátů, obtížné přepravě, toxicitě v případě formaldehydu a také kvůli ztrátě barvy preparátů. S hotovými plastináty lze bezpečně manipulovat, snadno je přepravovat, a existuje nekonečné množství možností preparace těl a orgánů, které nejsou možné alternativními metodami. Je možné řezat orgány pro přehlednou vnitřní anatomii, vytvořit nejtenčí řezy, pro pozorování struktury tkání, nebo plastinovat celé kadavery.

S ohledem na všechny tyto výhody, které skýtá plastinace oproti ostatním metodám preparace, se naskytá otázka, proč technologie patentovaná již v roce 1977 není v oblasti medicíny, preparátorství ani vzdělávání široce známá. Spíše můžeme říci že je stále naprosto neznámá i pro většinu odborníků. Různé muzejní preparáty obojživelníků, ryb a plazů (pokud nejsou ve fixační tekutině) jsou v současné době většinou prezentovány ve formě odlitků, které nemají žádnou vědeckou hodnotu, zatímco plastináty mohou velmi přesně odrážet jak vnější morfologii různých zvířat, tak i jejich anatomii, navíc je plastináty možné skenovat pomocí počítačové tomografie. Teoreticky by také mohlo být možné z plastinátů odebrat vzorky tkání pro genetické testy, ale o praktickém využití plastinátů k tomuto účelu se nedopánilo dohledat ani jeden zdroj. Vzhledem k tomu, že prodejní cena hotových plastinátů by mohla být přibližně stejná jako cena odlitků nebo vlhkých preparátů, je zcela nejasné, proč si tato technologie dosud nezískala širokou popularitu a použití.

7.2. Závislost hmotnosti jedince na hmotnosti srdce

Z bodového grafu č. 1 je pozorovatelná přímá korelace mezi hmotností jedince a hmotností jeho srdce. Tento výsledek není překvapivý, ale zajímavé je, že koeficient determinace je téměř roven hodnotě 1. Pro ověření této korelace by bylo vhodné zahrnout větší spektrum druhů, včetně nelétavých ptáků a také širší vzorek od každého zkoumaného druhu, a především zachycení celého hmotnostního spektra druhů z vybraných skupin.

Výjimky od tohoto trendu budou pravděpodobně tvořit druhy a skupiny ptáků s extrémním způsobem života, například kolibříci, pštrosi, tučňáci, kakapo soví nebo kiviové. Například srdce kolibříků jsou zhruba dvakrát větší, než by se dalo předpokládat u ptáků jejich masy (kolem dvou procent z celkové hmotnosti (Norris a kol., 1957, Suarez, 1992). Což se je sice nadprůměrná hmotnost srdce v porovnání s naměřenými daty v rámci

této práce (tab. č. 1), ale překvapivě srovnatelná se srdcem vrabce polního (2,07 % z celkové hmotnosti).

V rozporu s naměřenými daty je práce Valujeva (2008), kde bylo provedeno podobné srovnání hmotnosti jedinců (42 evropských druhů z 10 řádů) s hmotností jejich srdcí a autor tvrdí, že mezi těmito údaji neexistuje žádný vztah. Ačkoli bylo v jeho práci pro „statistické“ vyhodnocení použito většího počtu jedinců (84), druhů i řádů, tak autor v publikaci neuvádí žádné výpočty nebo grafy které by jeho tvrzení prokázovaly. Na druhou stranu Vágásiho (2016) výsledky ukázaly silný inverzní vztah mezi vzdáleností, kterou ptáci cestují během migrací, a srdeční hmotou.

V grafu č. 1 také můžeme vidět, že pod spojnicí trendu je velmi jasně samec a samice bažanta polního, křepelka, stejně jako jestřáb, káně lesní, kachna divoká a polák velký, zatímco například pěvci jsou nad spojnicí trendu. To znamená, že srdce jedinců nad spojnicí trendu je v poměru k tělesné hmotnosti menší než srdce ostatních jedinců ze statistik a naopak. Toto může být interpretováno tak, že nad spojnicí trendu se jedná o druhy s vyšší tělesnou hmotností, což je sice pravda, ale mnohem pravděpodobněji musíme hledat spojitost se způsobem života, především trofizmem a způsobem získávání potravy. Což podporuje i graf č. 2, kde lze pozorovat, že všichni hrabaví mají nejvyšší hodnoty tělesné hmotnosti na jeden gram srdce a všichni pěvci, stejně jako šplhavci, mají tyto hodnoty velmi nízké, a to v rozmezí 50 až 100 gramů tělesné hmotnosti na jeden gram srdce. Pokud se podíváme na ekologii a etologii jednotlivých řádů a druhů, tak tyto informace potvrzují trendy pozorovatelné v grafu č. 1 a 2.

Všichni hrabaví tráví a většinu svého života na zemi, dokonce zde i hnízdí (včetně stěhovavé křepelky) a živí se semeny, plody, ořechy a kořeny, a při získávání potravy kopou půdu silnými zadními končetinami. Kvůli nízké fyzické aktivitě a minimálnímu pohybu pomocí letu nemusí mít tak silně vyvinuté srdce jako ostatní ptáci. Všichni použítí jedinci z řádu hrabavých také pravděpodobně pocházeli z bažantnic, kde jim bylo zamezeno v létání, měli dostatečný přísun potravy a nesetkávali se s predátory, což pouze podporuje jejich vysokou tělesnou hmotnost na jeden gram srdce (Zenkevič, 1970; Loskot, 2004).

V případě dravců sice mohla výsledky ovlivnit skutečnost, že pocházejí ze záchranné stanice, kde měli omezený pohyb, ale také tyto druhy mají výbornou aerodynamiku a při lovu využívají plachtění anebo čekají na kořist v úkrytu (čekají na svou kořist na nízkých stromech s dobrým výhledem a ve správný okamžik letí střemhlav dolů), čímž šetří energii a aktivní let využívají pouze minimálně, což potvrzují hodnoty u poštolky, která je známá svým třepotavým letem (Zenkevič, 1970; Koblík, 2004).

Pro sovy je také typické čekat na svou kořist v úkrytu na stromě a poté zaútočit. Skoro neloví kořist za letu (Graham, 1985).

Vrubozobí jsou dobří letci, někteří migrují na velké vzdálenosti a jejich tělo má ideální aerodynamický tvar. Na druhou stranu vrubozobí jsou převážně býložraví ptáci, kteří získávají potravu potápěním pod vodou nebo na zemi a létají pouze během migrace nebo nebezpečí.

Z těchto důvodů je v grafu č. 2 najdeme uprostřed. Nijak se dokonce nevymyká ani labuť velká s extrémními tělesnými proporcemi (Zenkevič, 1970; Kymla, 2017).

Nejnižší naměřené hodnoty jsou pro drobné druhy pěvců. Což odpovídá jejich způsobu života a vysokému rozpětí křídel k váze těla. Většinu svého života tráví v pohybu a často využívají aktivního letu s vysokou frekvencí mávání křídel. Jedná se většinou o malé druhy, které se neustále musí mít na pozoru před predátory. Pro téměř všechny tyto druhy je charakteristická hmyzožravost nebo všežravost, pouze dlask se živí výhradně rostlinnou potravou, ale i ten většinu dne aktivně hledá potravu v neustálém pohybu (Zenkevič, 1970). Kavka, druh s nejvyšší tělesnou hmotností ke gramu srdce ze všech pěvců, se velice často pohybuje chůzí a sbírá potravu (semena a hmyz) ze země (Rezanov, 2012) a výrazně se tím liší od ostatních pěvců použitých v této práci.

Řád šplhaviců stojí v grafu (č. 2) hned za pěvci. V tomto řádu nalezneme hmyzožravé druhy s vysokou denní aktivitou, kdy při získávání potravy vertikálně šplhají po kmenech a často aktivně přelétávají ze stromu na strom (Zenkevič, 1970; Ivanický, 2004). Na druhou stranu, se velmi liší naměřené hodnoty u strakapouda velkého, který zde byl zastoupen dvěma jedinci. Pro ověření, jestli se jednalo o nestandardní jedince nebo je takovýto rozptyl hodnot běžný, by bylo nutné pracovat se širším vzorkem. Hrdlička je bohužel v této práci jediným zástupcem řádu měkkozobí, a proto nemůžeme jistě říct, že její koeficient srdeční hmotnosti je charakteristický pro celý řád. Ale v grafu č. 2 vidíme, že její hodnota poměru tělesné hmotnosti k hmotnosti srdce se nalézá v pravé části grafu, což odpovídá předpokladu závislosti srdeční hmotnosti na trofizmu, protože potrava hrdličky se skládá především ze semen rostlin, které sbírá spadlé ze země a její letová aktivita je nízká (Zenkevič, 1970; Loskot, 2004).

S ohledem na výše uvedené lze předpokládat, že srdeční hmotnosti k hmotnosti jedince koreluje se způsobem života vybraných druhů, konkrétněji s jejich aktivitou spojenou se získáváním potravy a pravděpodobně také s aktivním letem a frekvencí mávání křídel. Porovnáme-li délku těla/rozpětí křídel s hmotností srdce, ukáže se koeficient determinace pro tyto dvě proměnné velmi podobný a mnohem nižší (graf č.3 a graf č.4) než

v případě porovnání hmotnosti srdce s hmotností jedince. Což bude patrně způsobeno tím, že tyto veličiny ovlivňují takové specifické druhové rysy, jako je délka ocasního peří a zobáku (například u kolibříka *Ensifera ensifera* je zobák delší než jeho tělo (Veršínina a kol., 2017), plocha křídel a aero dynamičnost těla, které se může velmi lišit i ve stejném řádu nebo v rámci druhu (Zenkevič, 1970). Ačkoli i u těchto veličin byla pozorována jistá závislost, pro její vyhodnocení by bylo vhodné hodnotit druhy samostatně v mnohem větším vzorku a se širším spektrem měřených veličin.

Pokusíme-li se najít korelaci koeficientu rozpětí křídel a délky těla se srdeční hmotností (graf č.5), pak pozorujeme prakticky nulovou korelaci. Tento koeficient bude pravděpodobně souviset se získáváním potravy (labuť, polák) a aerodynamikou a rychlostí letu (jestřáb, kalous) než s nutností přírůstu nebo absence srdeční hmoty. Také by bylo vhodné zohlednit délku letek a ocasních per, která ovlivňuje hodnoty rozpětí křídel a délky těla, ale velmi málo souvisí s hmotou jedince, jak je tomu například u bažanta obecného.

8. Závěr

Plastinace se ukázala jako vynikající metoda pro konzervaci orgánů, zejména srdcí, byly zachovány všechny jejich anatomické a morfologické rysy. Hotové preparáty pak mohou sloužit jako anatomická ukázka pro výuku nebo vědecké účely.

Plastináty mohou mít široké využití v různých vzdělávacích oborech, jako je lékařství a veterinární lékařství, zoologické sbírky nebo lovectví. V porovnání s klasickými metodami má obrovskou škálu výhod: preparáty neztrácejí barvu a strukturu, přeprava je mnohem pohodlnější, než u vlhkých preparátů, také nepotřebují speciální podmínky pro skladování nebo vystavování, protože nejsou toxické a jsou inertní vůči vlhkosti a škůdcům.

Nevýhodou plastinace mohou být vysoké náklady na použité materiály a technické vybavení, toxicita některých chemikálií použitých při preparaci a jejich skladování.

Výsledkem statistického srovnání hmotnosti srdcí je jejich téměř stoprocentní korelace s celkovou hmotou jedinců. Po analýze výsledků byl předložen možný vztah mezi srdeční hmotou a trofismem. Samozřejmě, že s použitým objemem mohou být tyto výsledky nepřesné nebo zavádějící, a aby se tento předpoklad potvrdil, měla by být provedena rozsáhlejší studie s větším počtem řádů, druhů a jedinců od stejného druhu.

Korelace hmotnosti srdce s rozpětím křídel nebo délkou těla nebyla prokázána, ale i pro toto zhodnocení výzkum vyžaduje více dat a proměnných, jako je plocha křídel a ocasu a jejich obtékání vzduchem, která jsou nutná pro posouzení aerodynamiky a nalezení komplexnějších vztahů, pokud tedy existují.

9. Doporučení pro praxi

- Plastináty jsou výbornou preparační metodou, která dokáže zachovat anatomické preparáty bez změny tvaru a barvy
- Metoda plastinace se vyrovná ostatním metodám preparace a v mnoha ohledech je předčí
- Plastináty mohou mít široké využití jak v lékařství, vzdělávání nebo trofejnictví
- Bylo zjištěno že hmotnost srdce přímo koreluje s hmotností jedinců a jejich trofizmem a způsobem získávání potravy, ale pro ověření tohoto tvrzení je třeba zpracovat širší vzorek dat

10. Seznam použité literatury

ARISTOTELES, PŘEL. KARPOV V. P., 1937: *O chastyakh zhivotnykh*: Gosudarstvennoye izdatel'stvo biologicheskoy i meditsinskoy literatury. 219 pp.

ARISTOTELES, PŘEL. KARPOV V. P., 1940: *O vznikhovnenii zhivotnykh*: Izdatel'stvo akademii nauk SSSR. 250 pp.

BEJČEK V. ŠTASTNÝ K., 2004: *Illyustrirovannaya entsiklopediya ptitsy*: Labirit PRESS. ISBN: 5-9287-0615-4. 289 pp.

BERN D., 2001: *Tvaryny Entseklpedychnyy putivnyk u svit dykoyi pryrody*: A Dorling Kindersley Book. ISBN: 966 661 096 5. 624 pp.

BIODUR® S 6 SAFETY DATA SHEET, 2017 BIODUR® Products GmbH, D-69126 Heidelberg Revised on: 31 March 2017 8 pp.

BIODUR® S 10 SAFETY DATA SHEET, 2018: BIODUR® Products GmbH, D-69126 Heidelberg. Revised on: 16 November 2018, first edition. 7 pp.

BIODUR®, S 3 SAFETY DATA SHEET, 2018. BIODUR® Products GmbH, D-69126 Heidelberg. Revised on: 16 February 2018, replaces the version dated 2015 8 pp.

BURGER J., 2007: *Ptitsy entsiklopedicheskiy putevoditel*: Machaon. ISBN: 5-18-001087-X. 306 pp.

DAWSON T. P., JAMES S., WILLIAMS G. T., 1990: How do we teach pathology? Silicone plastinated pathology specimens and their teaching potential: *Journal of Pathology*, 162: 265-272.

DEJONG K., HENRY R. W., 2007: Silicone Plastination of Biological Tissue: Cold-temperature Technique Biodur® S10/ S15 Technique and Products: *Journal of the International Society for Plastination*: 22: 2–14.

DEMYANCHIK V. T., 2003: *Ptitsy Yevropy. Spravochnik-opredelitel'*: Harvest. ISBN: 985-13-1219-3. 416 pp.

DUCHÁČEK V., 2006: *Polymery - výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2. vyd.: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 80-7080-617-6. 280 pp.

Faunistická komise ČSO, 2015 [online]. [cit. 11. 2. 2021]. Dostupné z: <http://fkcsso.cz/indexcz.html>

GILL F. B., 2006: *Ornithology (Third edition)*: Freeman W. H. ISBN: 0716749831. 766 pp.

GODEFROIT P., SINITSA S. M., DHOUILLY D., BOLOTSKY Y. L., SIZOV V. A., MCNAMARA M. E., BENTON J. M., SPAGNA P., 2014: A Jurassic ornithischian dinosaur from Siberia with both feathers and scales: *Science*, 345: 451–454.

GRAHAM R. M., 1986: Sensory capacities and the nocturnal habit of owls (Strigiformes): *IBIS*, 128: 266-277 pp.

GURTOVOJ N.N., DZERZHINSKIY F.J., 1992: *Prakticheskaya zootomiya pozvonochnykh*: Moskva, Vysshaya shkola. ISBN: 5-06-002207-2. 414 pp.

HARARI Y. N., 2016: *Sapiens: A Brief History of Humankind*: Sindbad. ISBN: 978-5-90589164-9. 516 pp.

HENRY R. W., JANICK L., HENRY C., 1997: Specimen Preparation for Silicone Plastination: *J Int Soc Plastination*, 12: 13-17.

HENRY R.W., VON HAGENS G., SEAMANS G., 2019: Cold temperature/Biodur®/S10/von Hagens'—Silicone plastination technique: *Wiley*, 48:532–538.

HOLLADAY S. D., BLAYLOCK B. L., SMITH B. J., 2001: Risk Factors Associated with Plastination: I. Chemical Toxicity Considerations: *Journal of the International Society for Plastination*, 16: 9-13.

IL'ICHEV V. D., KARTAŠEV N. N., ŠILOV I. A., 1982: *Obshchaya ornitologiya*: Moskva, Vysshaya shkola. 465 pp.

IOC World Bird List v11.1, 2021 [online]. Gill F., Donsker D., Rasmussen P. [cit. 16. 2.2021]. Dostupné z: <https://www.worldbirdnames.org/new/>

IVANICKÝ A. V., 2004: Bol'shaya rossiyskaya yentsiklopediya [online]. [cit. 14. 04. 2021]. Dostupné z: <https://bigenc.ru/>

KAISER G. W., 2007: *The inner bird*: University of British Columbia Press; UBC Press. ISBN: 0774813431. 386 pp.

KOBLIK E. A., 2004: Bol'shaya rossiyskaya yentsiklopediya [online]. [cit. 14. 04. 2021]. Dostupné z: <https://bigenc.ru/> BULISOVÁ J., 2003: *Ottova všeobecná encyklopedie, 1. vyd.*: Ottovo nakladatelství. ISBN: 80-7181-959-X. 735 pp.

KÖNIG H. E., KORBEL R., LIEBICH H. G., 2016: *Avian Anatomy: Textbook and Colour Atlas, 2nd Edition*: 5M Publishing Ltd. ISBN: 978-1-910455-60-9. 359 pp.

KYMLA. Z., 2017: *Ptáci do kapsy*: Universum. ISBN: 978-80-242-5862-1. 216 pp.

LIVEZEY B.C., ZUSI R. L., 2007: Higher-order phylogeny of modern birds (Theropoda, Aves: Neornithes) based on comparative anatomy. II. Analysis and discussion: *Zoological Journal of the Linnean Society*, 149: 1–95 pp.

LOSKOT V. M., 2004: Bol'shaya rossiyskaya yentsiklopediya [online]. [cit. 14. 04. 2021]. Dostupné z: <https://bigenc.ru/>

LOVETTE I. J., FITZPATRICK J. W. 2016: *The Cornell Lab of Ornithology handbook of bird biology*: Wiley-Blackwell. ISBN: 9781118291054. 733 pp.

National University of Pharmacy, 2021[online]. Ministerstvo okhorony zdorovya Ukrayiny [cit. 01. 04. 2021]. Dostupné z: <https://nuph.edu.ua/>

NORRIS R. A., CONNELL C. E. JOHNSTON D. W., 1957: Notes on Fall Plumages, Weights, and Fat Condition in the Ruby-Throated Hummingbird: *The Wilson Bulletin*, 69, 155-163 pp.

PENTA, 2021 [online]. Švec P. [cit. 10. 04. 2021]. Dostupné z: <https://www.pentachemicals.eu/#>

REZANOV A. G., 2012: Otsenka raznoobraziya kormovoho povedeniya halky *Corvus monedula*: *Russkiy ornitologicheskiy zhurnal*, 823: 3049-3065 pp.

RIEDERER B. M., 2014: Plastination and its importance in teaching anatomy: Critical points for long-term preservation of human Tissue: *Journal of Anatomy*, 224: 309-315.

ROOTS C., 2006: *Flightless birds*: Greenwood. ISBN: 0313335451. 248 pp.

SIQQIQUI M. A., AKBAR M., RANA M. W., 1988: Plastination technique for museum specimens: *JAMC*, 1: 23-26.

SUAREZ R. K., 1992: Hummingbird flight: Sustaining the highest mass-specific metabolic rates among vertebrates: *Experientia*, 48, 565–570 pp.

ŠORT L. L., SANDSTRÖM G. F., 1982: *Woodpeckers of the world*: Greenville, Delaware Museum of Natural History. ISBN: 0913176052. 676pp.

TAYLOR M. 2020: *The pocket book of bird anatomy*: Bloomsbury Wildlife. ISBN: 9781472976918. 384pp.

VÁGÁSI, C.I., PAP, P.L., VINCZE, O., 2016: Morphological Adaptations to Migration in Birds, *Evol Biol*, 43: 48–59

VALUJEV V. A., 2008: Bashkirskiy ornitologicheskiy vestnik: *PIIO BauŮV*. ISBN: 5-7477-1200-4. 40 pp.

VERŠININA M.V., OVČINNIKOV D.K., 2017: Ecological and biological features of the hummingbird family: *Science Almanac*, 30: 337–339 pp.

VIDELER J. J., 2005: *Avian flight*: Oxford University Press. ISBN: 0198566034. 275pp.

WILLIAMS T. D., 2020: *What Is a Bird?*: Princeton University Press. ISBN: 9780691211879. 368 pp.

World Health Organization, 2006 [online]. W. Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol: Summary of Data Reported and Evaluation [cit. 13. 03. 2021]. Dostupné z: <http://www.inchem.org/documents/iarc/vol88/volume88.pdf>

ZENKEVIČ L. A. 1970: *Zhizn' zhivotnykh. Tom 5. Ptitsy*: Prosveshcheniye. 679 pp.