

ČESKÁ ZEMĚDELSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVASŘSKÁ



**Morfometrická geometrie vajec racka chechtavého
(*Chroicocephalus ridibundus L.*)**

Diplomová práce

Praha 2020

Vedoucí diplomové práce:
prof. Dr. Mgr. Miroslav Šálek

Vypracoval:
Bc. Michael Mattas

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Michael Mattas

Lesní inženýrství

Lesní inženýrství

Název práce

Morfometrická geometrie vajec racka chechtavého (*Larus ridibundus*)

Název anglicky

Morphological geometry of Black-headed Gull eggs

Cíle práce

Tvar ptačího vejce je významným morfologicko-fyziologickým faktorem ovlivňujícím energetické výdaje inkubujících rodičů a spolupodílejícím se na úspěšnosti líhnutí a rodičovské fitness. Na téma variability tvarů v rámci druhových populací však zatím nebylo publikováno mnoho prací. Cílem této studie bude:

- 1) Vyhodnotit variabilitu tvaru vajec v rámci hnízd, mezi hnízdy, mezi lokalitami vč. dlouhodobého časového měřítka u racka chechtavého s využitím historických dat sbírkového původu a novodobých dat získaných u recentní volně žijící populace.
- 2) Zhodnotit frekvenci výskytu velikostních a tvarových abnormalit racčích vajec.
- 3) Porovnat získané oologické charakteristiky s dosavadními literárními údaji.

Metodika

U proměřených vajec z terénu nebo z muzejních sbírek budou vypočítána oologické charakteristiky a určeny tvary matematickou metodou. Měřené znaky, stejně jako znaky vypočítané budou statisticky zpracovány (analyzovány, a testovány na efekty vnitrosněškové, mezisněškové a oblastní). Některé ze znaků (délka, šířka a případně objem vajec) budou konfrontovány s literárními údaji.

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

Oologie, ptačí vejce, morfologie vajec, racek chechtavý

Doporučené zdroje informací

- Barta, Z., & T., Székely, 1997: The optimal shape of avian eggs. *British Ecological Society, Functional Ecology*, 11: 656 – 662.
- Hudec, K., a kol., 2005: Fauna ČR a SR. Ptáci I. Svazek 29/1 a 29/2. Academia Praha.
- Klíma, M., 1964: Příspěvek k hnízdní bionomii racka chechtavého (*Larus ridibundus* L.) *Zoologické listy – Folia zoologica* 13/2:111 – 124.
- Lundberg, C., Väisänen, R. A., 1979: Selective correlation of egg size with chick mortality in the Black-headed Gull (*Larus ridibundus*). *Condor*, 81: 146 – 156.
- Makatsch, W., 1974: Die Eire der Vögel Europas. Band 1, Neumann Verlag.
- Mattas, M., 1999: Výpočet objemu vajec a plochy povrchu skořápky z rozměrů. *Sylvia* 35: 83 – 91.
- Mattas, M., 2001: Určování tvarů ptačích vajec. *Sylvia* 37: 17 – 25.
- Romanoff, A., L., & Romanoff, A., J., 1949: The avian egg. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. Dr. Mgr. Miroslav Šálek

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Elektronicky schváleno dne 8. 6. 2020

prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 12. 6. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

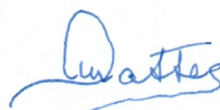
V Praze dne 15. 06. 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Morfometrická geometrie vajec racka chechtavého *Chroicocephalus ridibundus* vypracoval samostatně pod vedením prof. Dr. Mgr. Miroslava Šálka a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové 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.

Příkoscích 6.6.2020



podpis autora

Poděkování

Je mou milou povinností poděkovat vedoucímu mé diplomové práce prof. Dr. Mgr. Miroslavu Šálkovi za skvělý profesní i kamarádský přístup i za cenné rady a připomínky v průběhu celé práce.

Dále bych chtěl poděkovat Dipl. Biol. Jiřímu Mlíkovskému CSc. za umožnění měření vajec v depozitáři Národního muzea v Praze.

Děkuji také oponentům, kteří si dali tu práci a přečetli trpělivě mé dílo, které je na mnoha místech málo zajímavé a nezáživné.

Můj dík patří také mé ženě za vytvoření a péči o zázemí a mému synovi za pomoc při potížích s výpočetní technikou.

Obsah:

Abstrakt.....	8
Abstract	9
1. Úvod	10
2. Úvod do morfometriky ptačích vajec	12
3. Materiál a metodika	20
4. Biologie studovaného taxonu	22
5. Oologické charakteristiky	24
6. Geometrická morfologie vajec racka chechtavého <i>Chroicocephalus ridibundus</i> (L.)	27
7. Abnormality racčích vajec	37
8. Závěr	43
PŘÍLOHA I.	45
VZORCE.....	51
PŘÍLOHA II.	54
PŘÍLOHA III.	56
PŘÍLOHA IV.	61
PŘÍLOHA V.	65
PŘÍLOHA VI.	75
Seznam citované literatury.....	76

(Přílohy v Excelu nemají čísla stránek)

Abstrakt

Tvary ptačích vajec se vyznačují velkou mezidruhovou, ale i vnitrodruhovou variabilitou a mohou plnit různé ekologické funkce. Výpočet tvaru a přesného objemu vajec je však stále předmětem výzkumu. Ve své práci jsem se zabýval výpočtem oologických charakteristik vajec racka chechtavého (*Chroicocephalus ridibundus* L.) z dimenzí naměřených na třech souborech – sbírky Ing. F. Mocka a sbírky B. K. Kinského (obě jsou uloženy v depozitáři Národního muzea v Praze), třetí soubor pochází z hnízdní kolonie v NPR Řežabinec v jižních Čechách. Celkem jsem pro svůj výzkum získal potřebné hodnoty u 570 vajec. Na každém vejci zjišťuji devět dimenzí. Tyto dimenze jsem statisticky vyhodnotil pro každý soubor samostatně. Výsledky jsem testoval t-testem. Mezi jednotlivými soubory jsem neshledal významný statistický rozdíl u žádné dimenze. Z hodnot jsem vypočítal objem každého vejce a třemi matematickými způsoby určil jejich tvar. Výsledkem první metody je zařazení tvaru do některé z 12 tvarových kategorií. To je jedna z možností verbálního vyjádření tvaru. Druhá metoda vyjadřuje tvar čtyřmi čísly: Délka ostrého pólu; podélná průřezová plocha ostrého pólu / délka tupého pólu; podélná průřezová plocha tupého pólu. Je vhodná pro matematické porovnávání tvarů a uplatněna může být v aplikované ornitologii. Třetí metoda dokáže po určitých matematických úkonech vyjádřit graficky tvar reálného vejce nebo po jednoduché úpravě tvar srovnatelný s jakýmkoliv jiným vejcem nebo vejci. Po grafickém porovnání průměrných vajec všech třech souborů jsem zjistil, že mezi nimi není téměř žádný rozdíl. Metody jsou dostatečně citlivé, aby vyhověly i podrobným oologickým studiím.

Abstract

The shapes of birds' eggs are characterized by great interspecific but also intraspecific variability and can fulfill various ecological functions. However, the calculation of the shape and exact volume of eggs is still the subject of research. In my work I dealt with the calculation of oological characteristics of the Black-headed Gull (*Chroicocephalus ridibundus* L.) eggs using the dimensions measured on three collection sets - the collection of Ing. F. Mocek and the collection of B. K. Kinský (both collections are stored in the depository of the National Museum in Prague), the third set comes from a breeding colony in the Řežabinec Nature Reserve in South Bohemia. In total, I obtained the necessary values for 570 eggs for my research. I measured nine dimensions on each egg and statistically evaluated these dimensions for each sample separately. I tested the results using t-test. I did not find statistically significant difference between the samples for any dimension. From the values, I calculated the volume of each egg and determined its shape in three mathematical ways. The result of the first method is the classification of egg shape into one of 12 shape categories. This is one of the possibilities of verbal expression of shape. The second method expresses the shape by four numbers: The length of the sharp pole; longitudinal cross-sectional area of the sharp pole / length of the blunt pole; longitudinal cross-sectional area of the blunt pole. It is suitable for mathematical comparison of shapes and can be used in applied ornithology. The third method can graphically express the shape of a real egg after certain mathematical operations or, after a simple modification, the shape which is comparable with any other egg or eggs. After graphical comparison of the egg means for all three sets I found that there is almost no difference between them. The methods are sensitive enough to be applicable in detailed oological studies.

1. Úvod

Geometrická morfologie, nebo také morfometrie, je věda která se zabývá měřením a matematickým hodnocením tvarů biologických objektů. Je součástí morfologie, vědy, kterou založil Johan Wolfgang Goethe koncem 18. století v důsledku pozorování symetrie či asymetrie květů rostlin. Definoval ji jako vědu o zákonitostech vzniku a přeměn tvarů živých organismů. V 19. století byla morfologie označována jako královna biologických věd.

Ptačí vejce jsou tvarově značně rozmanitá a jejich vzhled není možné verbálně vyjádřit tak, aby byl srozumitelný a výstižný. Třídění vajec do tvarových kategorií problém řeší jen nedokonale a za cenu ztráty někdy i podstatných informací o tvarové variabilitě. Lze předpokládat, že je možné vytvořit plynulou řadu nejen délek nebo šířek vajec, ale také jejich tvarů, kterých je nekonečné množství. Vytvořit však spojitou řadu tvarů bude obtížné. Ve velikostech vajec existuje značná mezidruhová i vnitrodruhová variabilita. Každá velikost může mít nepřeborné množství tvarů, nebo obráceně, každý tvar může mít značné velikostní rozpětí. Mnoho badatelů se snažilo nalézt způsob výpočtu objemu ptačích vajec nebo objevit metodu k určení jejich tvaru. Žádné výsledky výzkumné činnosti však nebyly uspokojivé.

„Dokonalé vejce? Matematikům se stále nedaří definovat ideální tvar“. To je název článku publikovaného v Hospodářských novinách 6.9.2017. Profesor matematiky a ředitel interaktivního muzea Mathematikum z německého Gissenu Albrecht Beutelspacher vysvětluje, že žádný „ten pravý“ vzorec pro vejce neexistuje. „Je jen jeden kruh, velký nebo malý, jeden čtverec, velký nebo malý, ale různá vejce. I kdyby tu byl dokonalý vzorec pro jeden tvar vajíčka, nebyl by to vzorec pro všechna vejce“.

Kdyby však pan profesor pokračoval ve vyjmenovávání obrazců a zvolil např. trojúhelník, snad by si uvědomil, že ani tak běžně známý geometrický útvar nelze definovat pouhými dvěma rozměry, jako se zjišťují u vajec. Žádný, ani ten nejlepší matematik na světě ze zadání dvou rozměrů trojúhelník nenarýsuje a nevypočítá jeho plochu ani obvod. U jakéhokoliv trojúhelníku jsou to minimálně tři informace, které jsou pro řešení nezbytně

nutné. Vejce je objekt trochu složitější, takže ani ty tři dimenze nestačí. To jsem si uvědomil hned v počátku svých výzkumů.

Řešení tu však je. Možná není příliš elegantní, ale na základě dosavadních zkušeností lze oprávněně předpokládat, že by mohlo svůj účel splňovat. Jednoduchý vzorec skutečně neexistuje. Jedná se o algoritmus složený z několika vzorečků. Postup je u každého zkoumaného vejce stejný, avšak vstupní data jsou rozdílná a k výpočtům je jich zapotřebí osm, respektive devět. K jejich získání je kromě normálního posuvného měřítka potřebné ještě speciální oologické měřidlo k tomu účelu zkonstruované.

Profesor Beutelspacher má pravdu v tom, že se matematikům nedaří. Oni jsou totiž přesvědčeni o tom, že to nejde. Já jsem žádným takovým negativním předsudkem zatížen nebyl, ba naopak, od prvotního nápadu jsem si byl jist, že problém řešitelný je.

Znalosti výpočtů oologických charakteristik mohou mít význam při řešení některých biologických i ekologických problémů. Např. otázka sekundární produkce biomasy samicemi ptáků v reprodukčním období je velmi zajímavá. Stejně tak není bez zajímavosti vztah objemu vajec k šancím na přežívání mláďat. Tímto problémem se u racka chechtavého zabývali v Norsku LUNDBERG & VÄISÄNEN (1979) a zjistili, že mláďata vylíhlá z vajec většího objemu mají větší naději na přežití. O významu tvaru ptačích vajec se pouze dohadujeme. Pravý smysl stále neznáme. Neznáme ani jak a kde v oviduktu dochází k modelování tvaru vyvíjejícího se vejce. Hledání obecných zákonitostí a jevů v přírodě nám pomáhá pochopit svět okolo nás.

Cílem mé práce bylo:

- 1) Proměřit nově navrženou metodou alespoň dva zřetelně odlišné a dostatečně velké soubory vajec racka chechtavého (*Chroicocephalus ridibundus* L.)
- 2) Z naměřených dimenzí vypočítat oologické charakteristiky, určit matematicky tvar každého vejce samostatně a tvary vzájemně porovnat.
- 3) Graficky zpracovat tvary vajec v jednotlivých snůškách.
- 4) Vyhodnotit frekvenci abnormálně malých či velkých vajec a pokusit se objasnit příčiny jejich vzniku.

2. Úvod do morfometriky ptačích vajec

Morfometrika ptačích vajec vycházela ze zjišťování pouhých dvou rozměrů, délky a šířky vajec, které však o tvaru nic nevyovídají, takže se o morfometrice v podstatě ani nedalo hovořit. Tyto dva rozměry totiž neinformují o ničem jiném, než skutečně jen o délce a šířce zkoumaného vejce a proto umožňují udělat si představu jenom o jeho velikosti, ale nikoliv o jeho tvaru. V odborné literatuře (např. ŠPAČEK et al. 1980, FIEDLER et al. 1983, HROMAS & BEDNÁŘ 1984, BEKLOVÁ et al. 1998, TLAPÁK 2006) bývá uváděn poměr těchto dvou rozměrů, který někteří autoři (LUNDBERG & VÄISÄNEN, 1979) označují jako „tvarový index“, ačkoliv nemá s tvarem vůbec nic společného (MATTAS 2001). Vzájemný poměr těchto dvou rozměrů neposkytuje žádnou smysluplnou informaci. Pouhou délkou a šířkou nelze řádně využít ani k určování dalších oologických charakteristik, jako je např. objem vejce nebo plocha povrchu jeho skořápky. K výpočtu objemu bylo odvozeno několik vzorců: ROMANOFF & ROMANOFF (1949) uvádí např. vzorec $V = \pi \times L \times B^2 / 6$, kde je objem označený V , délka vejce L a jeho šířka B . Uvádí také vzorec pro zjišťování objemu z hmotnosti čerstvě sneseného vejce zvlášť pro ptáky krmivé $V = 0,913 \times W$ a pro ptáky nekrmivé $V = 0,959 \times W$, kde W je hmotnost vejce. VÄISÄNEN (1969) je autorem vzorce $V = C \times L \times B^2 + c$, kde C a c jsou konstanty, L je délka a B šířka vejce. HOYT (1979) tento vzorec pouze zjednodušil vypuštěním druhé konstanty a GALBRAIT (1988) se opět vrátil k Väisänenovu původnímu vzorci z roku 1969. Na skutečnosti to však nic nemění, protože základními vstupními daty jsou stále jen dva rozměry doplněné nějakou konstantou nebo konstantami a tvarová variabilita je zcela ignorována. Výsledky jsou nepřesné a kvalifikoval bych je pouze jako hrubé odhady prakticky nevyužitelné. Špatná interpretace takových výpočtů může vést dokonce až k tak absurdnímu závěru, že objem vejce nesouvisí s jeho tvarem (LUNDBERG & VÄISÄNEN, 1979). Podrobněji jsem různé metody výpočtů objemu vajec hodnotil ve své bakalářské práci (MATTAS 2010).

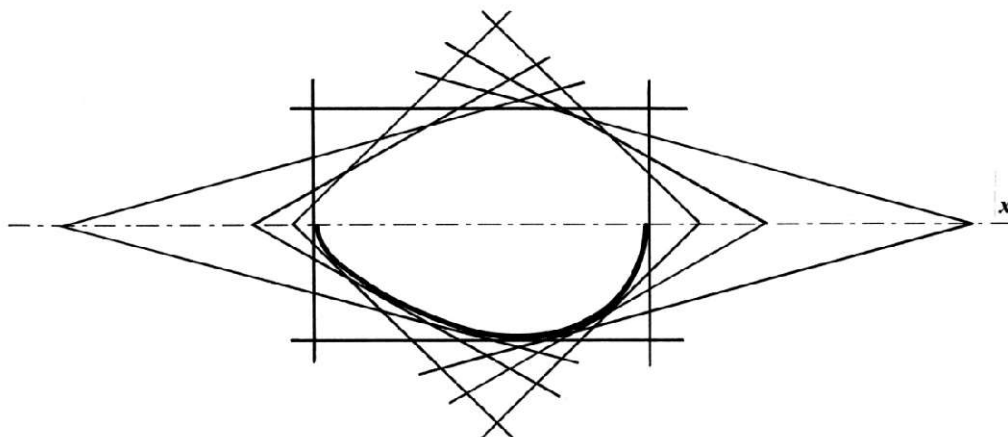
Dva rozměry rozhodně nestačí pro popis tak proměnlivého biologického objektu, jakým je ptačí vejce. To jsem si uvědomil hned na počátku svého bádání a v souvislosti s tím také to, že nemá smysl hledat řešení třeba i v sebesložitějších matematických postupech, které nikdy nemohou chybějící informace nikterak nahradit. K problému jsem proto přistoupil z jiné strany. Začal jsem pátrat po způsobu, jak nejlépe rozšířit sběr dat o taková, která budou zkoumaný objekt výstižně specifikovat. To znamená přiřadit k základním dvěma rozměrům další snadno měřitelné dimenze. Pro jejich zjišťování jsem stanovil určité požadavky:

- 1) Měření musí být uskutečnitelná na všech tvarových typech a velikostech vajec.
- 2) Je nutné, aby měření byla proveditelná i ve velmi náročných terénních podmínkách (např. v korunách vysokých stromů, na skalách nebo skalních římsách, v bažinách, rybnících apod.).
- 3) K měření vajec musí být použity jednoduché pomůcky běžné v prodeji nebo takové, které budu schopen vlastnoručně vyrobit v nedokonale vybavené domácí dílně.
- 4) Je nezbytné, aby naměřené hodnoty poskytovaly dostatek informací využitelných pro určení více oologických charakteristik, nemají tedy být pouze jednoúčelové.
- 5) Výsledky musí dosahovat určité spolehlivosti a přesnosti.
- 6) Získaný materiál musí být zpracovatelný na jakémkoliv počítači disponujícím tabulkovým procesorem Excel v kterékoliv novější verzi.

Nově navržená metoda

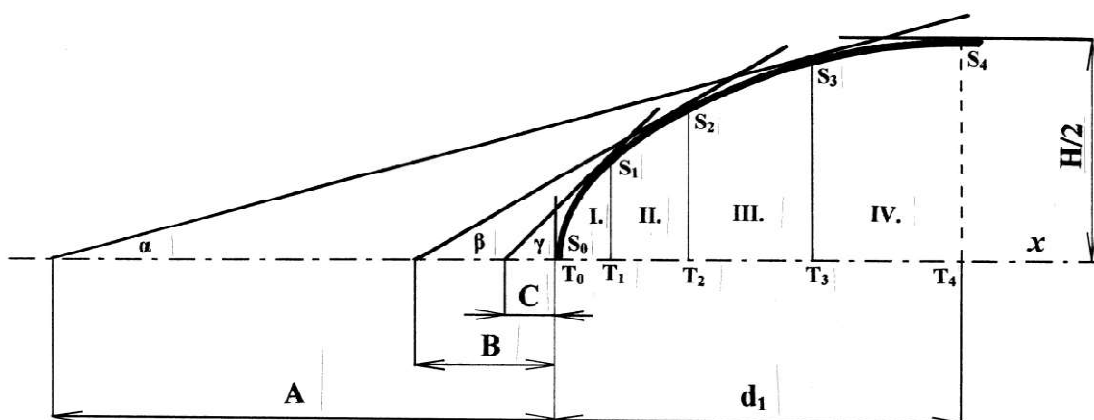
Délka (všude v textu označovaná **D**) a šířka (v textu označovaná **H**) vejce v podstatě určuje polohu čtyř tečen ke křivce zkoumaného ovoidu. Dvě tečny jsou rovnoběžné s podélnou osou (x) vejce a vymezují tak jeho šířku. Další dvě tečny jsou k podélné ose kolmé a určují jeho délku. Vejce je tak ohraničeno obdélníkem o rozměrech $\mathbf{D} \times \mathbf{H}$. K těmto základním čtyřem tečnám jsem přidal dvanáct dalších tečen tak, aby jimi byl obvod vejce určen s dostatečnou přesností. Tato situace je znázorněná na obr. 1, kde je polygon

(přesněji šestnáctiúhelník) vytvořený z šestnácti tečen. V dolní části obrázku je pro názornost zakreslena podélná polovina obvodové křivky odpovídajícího ovoиду.

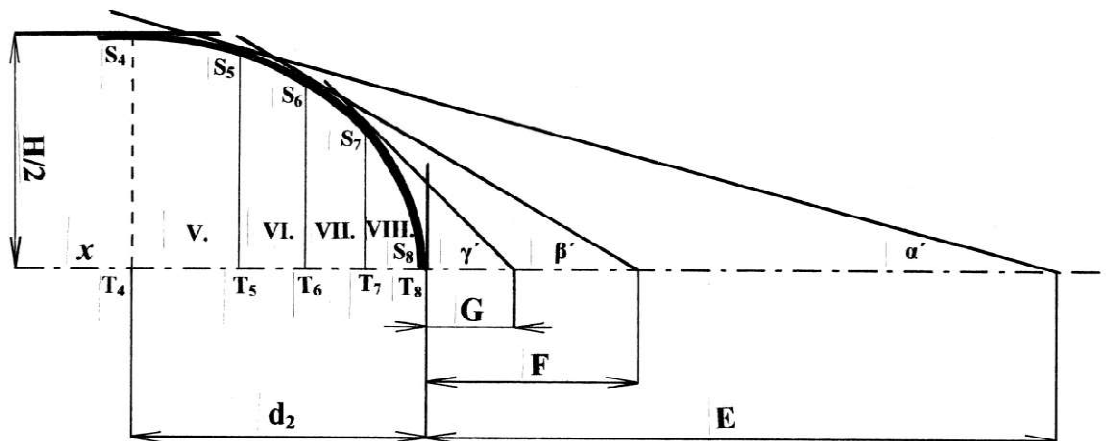


Obrázek 1 Polygon vytvořený z tečen k ovoиду.

Osa x je jediná osa souměrnosti vejce. Poloha nově přidaných dvanácti tečen je určena vzdálenostmi vrcholů úhlů ležících na ose x od vrcholů pólů vajíčka, jehož osa je s osou x totožná. Velikost úhlů jsem zvolil 30° , 60° a 90° . Mezi ramena těchto úhlů je vejce vloženo vždy tak, aby jeho osa byla shodná s osami úhlů. To pro ostrý pól vajíčka znázorňuje obr. 2 a pro jeho tupý pól obr. 3. Zde je znázorněno měření podélné poloviny vejce. Úhly, v nichž je ovoid měřen jsou tedy v tomto případě poloviční (15° , 30° a 45°).



Obrázek 2 Způsob měření dimenzí ostrého pólu.



Obrázek 3 Způsob měření dimenzí tupého pólu.

Protože vejce je rotační těleso, stačí se při výpočtech zabývat jen jednou jeho podélnou polovinou. Proto je také k výpočtům použito polovičních velikostí úhlů, tedy 15° , 30° a 45° . Polovina původního polygonu je desetiúhelníkem, protože je nutno počítat s oběma krajními body (vrchol ostrého pólu a vrchol tupého pólu), které oba leží na ose x . Zakreslit polovinu obvodové křivky vejce do desetiúhelníku vytvořeného tečnami je při dodržení základních pravidel velmi jednoduché: Křivka musí začínat i končit na průsečiku osy x s tečnami k ní kolmými, musí probíhat plynule a musí se dotýkat každé tečny právě v jednom bodě.

Mimo základní rozměry vejce **D** a **H** jsem tak získal šest dalších dimenzí: **A** - vzdálenost ostrého pólu od vrcholu úhlu $\alpha = 15^\circ$; **B** - vzdálenost ostrého pólu od vrcholu úhlu $\beta = 30^\circ$; **C** - vzdálenost ostrého pólu od vrcholu úhlu $\gamma = 45^\circ$; **E** - vzdálenost tupého pólu od vrcholu úhlu $\alpha' = 165^\circ$; **F** - vzdálenost tupého pólu od vrcholu úhlu $\beta' = 150^\circ$ a **G** - vzdálenost tupého pólu od vrcholu úhlu $\gamma' = 135^\circ$. Z naměřených hodnot je možné pomocí goniometrických funkcí vypočítat souřadnice průsečíků tečen (viz PŘÍLOHA I, - VZORCE). Souřadnice x jsou označeny **P**₁ až **P**₈ a souřadnice y jsou označeny **Q**₁ až **Q**₈. Následně se pak vypočtou tečné body – landmarky **L**₀ až **L**₈, jejichž x souřadnice jsem označil **T**₀ až **T**₈ a y souřadnice **S**₀ až **S**₈.

Pokud si takto vypočtené hodnoty představíme v karteziánské souřadné soustavě, pak vrchol úhlu α leží na průsečíku osy x s osou y , tedy v bodě $\mathbf{0}$ a vrchol ostrého pólu vejce je na ose x od počátku ve vzdálenosti \mathbf{A} . Pro porovnávání tvarů ptačích vajec je ale tato pozice nevýhodná, protože osa souměrnosti každého vejce sice leží na ose x , ale průsečík s krátkou osou vejce je v různé vzdálenosti od počátku, tedy od bodu 0 . Je proto třeba všechny souřadnice \mathbf{T}_0 až \mathbf{T}_8 transformovat tak, aby osa vejce ležela na ose x a maximální průměr vejce (dimenze \mathbf{H}) na ose y souřadné soustavy. To znamená, že na ose y bude tečný bod (landmark \mathbf{L}_4) \mathbf{T}_4 , a po transformaci \mathcal{T}_4 . Celé vejce se touto úpravou posune vlevo tak, že celý ostrý pól bude ležet v kvadrantu $- +$ a tupý pól v kvadrantu $+ +$. Souřadnice \mathbf{T}_0 až \mathbf{T}_3 (po transformaci \mathcal{T}_0 až \mathcal{T}_3) budou záporné, souřadnice \mathbf{T}_4 (\mathcal{T}_4) bude vždy rovna nule a hodnoty \mathbf{T}_5 až \mathbf{T}_8 (\mathcal{T}_5 až \mathcal{T}_8) zůstanou kladné. Jednoduchý způsob transformace těchto souřadnic je uveden v PŘÍLOZE I, - VZORCE. U souřadnic \mathbf{S}_0 až \mathbf{S}_8 k žádným změnám prozatím nedochází.

V tab. 1 (PŘÍLOHA I.) jsou zaznamenány hodnoty naměřené v terénu na šesti vejcích ve dvou hnízdech racka chechtavého *Chroicocephalus ridibundus* (L.). První tři vejce byla měřena v NPR rybník Řežabinec u Ražic v okr. Písek 13.5.2000 a v souboru jsou evidována pod čísly 61, 62 a 63. Druhá snůška je ze sbírky Ing. Mocka, pochází z hnízdní kolonie na rybníku Myslívký u Myslíva v okr. Klatovy, byla sebrána 14.5.1944 a je uložena v Národním muzeu v Praze pod evidenčním číslem snůšky 18 029 (HORA & MATTAS 2007). Dimenze \mathbf{H} je aritmetickým průměrem vypočteným z dimenzí \mathbf{H}_1 a \mathbf{H}_2 , z nichž \mathbf{H}_1 je náhodně změřená šířka vejce a šířka \mathbf{H}_2 je měřená v kolmém směru k \mathbf{H}_1 (v této tabulce je to jediná vypočítaná hodnota). V tab. 2 (PŘÍLOHA I) jsou vypočtené souřadnice \mathbf{T}_0 až \mathbf{T}_8 a souřadnice \mathbf{S}_0 až \mathbf{S}_8 pro těchto šest vajec. V tab. 3 (PŘÍLOHA I) jsou souřadnice \mathbf{T}_0 až \mathbf{T}_8 transformované na \mathcal{T}_0 až \mathcal{T}_8 , kdežto souřadnice \mathbf{S} zůstávají beze změny $\mathbf{S} = \mathbf{S}$. Graf sestavený z těchto čísel v měřítku 1:1 znázorní skutečný tvar i skutečnou velikost zkoumaných vajec. Tato úprava však ještě neumožňuje vzájemně porovnávat tvary jednotlivých vajec, protože ta jsou různých velikostí. Rozdílné velikosti vajec se eliminují tak, že všechny hodnoty souřadnic

každého jednotlivého vejce po transformaci jsou vyděleny jeho šířkou, tedy hodnotou dimenze H . Tím vzniknou vejce jednotková j , jejichž šířka bude vždy 1mm. Protože tak malé vejce je dost těžko představitelné, je na závěr celé této operace každá hodnota násobena jedním stem. Po této úpravě je šířka $\mathcal{H}j$ každého vejce 100 mm (pro podélnou polovinu 50 mm) a ostatní dimenze odpovídají tomuto poměru. V tab. 4 (PŘÍLOHA I) jsou pak všechny souřadnice \mathcal{T}_0 až \mathcal{T}_8 a \mathcal{S}_0 až \mathcal{S}_8 přepočtené na jednotkové vejce stonásobně zvětšené, tedy $\mathcal{T}j_0$ až $\mathcal{T}j_8$ a $\mathcal{S}j_0$ až $\mathcal{S}j_8$. Nyní je možné porovnávat vzájemně tvary vajec ve snůšce jedné samice, libovolného množství vajec jednoho druhu nebo i několika různých druhů ptáků. Z údajů uvedených v tab. 3 jsou Excelem vytvořeny dva grafy 1a a 1b (PŘÍLOHA I), které představují skutečné velikosti a tvary vajec v jednotlivých snůškách. Samozřejmým předpokladem je měřítko karteziánské souřadné soustavy v poměru 1 : 1. Tento způsob zobrazení není pro porovnávání tvarů zcela ideální, ale je vhodný např. pro rekonstrukci skutečných tvarů a velikostí vajec třeba již dávno neexistujících, což z pouhých dvou rozměrů D a H v žádném případě nelze. Z údajů v tab. 4 jsou sestrojeny další dva grafy 2a a 2b (PŘÍLOHA I) stonásobně zvětšených jednotkových vajec každé snůšky. Zde již je možnost porovnávání tvarů zcela zjevná. V prvním hnízdě (graf 2a, PŘÍLOHA I) se všechna tři vejce tvarově výrazně liší. V druhém hnízdě (graf 2b, PŘÍLOHA I) jsou si vejce velmi podobná, zejména v ostrém pólu, kde čáry jednotlivých grafů splývají. Na tupém pólu je možno vylíšit pouze dvě vejce, protože obrysové čáry čtvrtého a pátého vejce se překrývají a u vejce šestého je tupý pól mírně protáhlejší. Jemné tvarové odlišnosti jsou evidentní při porovnání číselných hodnot v tabulce 4 (PŘÍLOHA I). Následující graf 3 (PŘÍLOHA I) srovnává vzájemně tvary vajec obou snůšek, které jsou v tomto případě zřetelně rozlišitelné.

Jak je z tabulek patrné, je číselné vyjádření tvaru vajec sice přesné, ale těžko si z těchto čísel lze představit tvar vejce. Grafické vyjádření u tvarově velmi podobných vajec nepodchytí drobné rozdíly, které se vytratí splnutím čar, ale je naprosto zřetelné v těch případech, kde se čáry grafů nepřekrývají. Proto je vhodné oba způsoby podle potřeby kombinovat.

Kolmice spuštěné z landmarků na osu x rozdělují každé vejce na osm nestejných sekcí označených na obr. 2 římskými číslicemi **I.** až **IV.** a na obr. 3 číslicemi **V.** až **VIII.** První a osmá sekce jsou kužely, druhá až sedmá sekce pak komolými kužely. U každé sekce je možné vypočítat její objem V a součtem dílčích výsledků pak objem W celého vejce. Podobným způsobem lze vypočítat plochu povrchu skořápky Y . V tom případě se počítá plocha pláště jednotlivých sekcí I_i až I_{VIII} , ovšem bez podstav (MATTAS, 1999). Algoritmy výpočtů objemu a plochy povrchu skořápky jsou uvedeny v PŘÍLOZE I – VZORCE.

Dále je možné vypočítat průřezovou plochu Z pro celé vejce nebo pro každý pól Z_1 a Z_2 zvlášť. Zde je třeba rozhodnout, pro jaký účel je výpočet prováděn. Je totiž možné vypočítat průřezovou plochu reálného vejce Z nebo průřezovou plochu vejce jednotkového Z_j . Výpočetní postup je v obou případech stejný, pouze je nutno vybrat správná vstupní data. V PŘÍLOZE I - VZORCE uvádím vzorce pro výpočet průřezové plochy podélné poloviny jednotkového vejce. Tvar je pak vyjádřen čtyřmi čísly; délkou ostrého pólu d_{j1} a jeho průřezovou plochou Z_{j1} a délkou tupého pólu d_{j2} a jeho průřezovou plochou Z_{j2} . Každý pól vejce je hodnocen zvlášť. U různých vajec se shodnou délkou pólu d_{j1} či d_{j2} rozhoduje o tvaru právě průřezová plocha Z_{j1} nebo Z_{j2} . To znázorňuje graf 4 (PŘÍLOHA I), kde jsou simulovány tvary dvou jednotkových vajec se stejnou délkou ostrého pólu ($d_{j1(1)} = d_{j1(2)} = 85$ mm), ale s rozdílnými plochami grafů pod obvodovými křivkami.

($Z_{j1(1)} = 3\,405$ mm; $Z_{j1(2)} = 3\,037,5$ mm²; rozdíl $\Delta Z_j = Z_{j1(1)} - Z_{j1(2)} = 367,5$ mm²)

V tab. 5 (PŘÍLOHA I) jsou uvedeny výsledky výpočtů oologických charakteristik: W objemů jednotlivých vajec a Y ploch povrchů jejich skořápek, které mohou být dále zpracovávány různými způsoby podle potřeby řešeného problému. Např. W/Y vyjadřuje, jaký objem v mm³ připadá na plochu 1 mm² povrchu skořápky. $\%W$ udává, o kolik procent je objem vejce větší, než objem koule o průměru H . $\%H$ udává, o kolik procent je průměr vejce (dimenze H) menší, než je průměr koule stejného objemu a $\%Y$ o kolik procent je plocha povrchu daného vejce větší, než je plocha povrchu koule stejného objemu.

Při novém způsobu měření vajec se mimo základních rozměrů, délky a šířky, zjišťuje dalších šest dimenzí. Metoda spočívá v určení polohy tečen v konstantních úhlech k obvodové křivce ovoidu. Zaznamenané dimenze zevrubně popisují vejce a toho lze využít k numerickému nebo grafickému vyjádření jeho reálného tvaru. Takto proměřená vejce je možno kdykoliv rekonstruovat, což z pouhých dvou klasických rozměrů, délky a šířky, nelze. Přepočtem na jednotková vejce je eliminována rozdílnost ve velikostech, a proto je možné porovnávat tvary jakýchkoliv vajec. Dimenzí lze dále využít k výpočtům některých oologických charakteristik s poměrně vysokou přesností. Při ověřovacích pokusech (na 152 vejcích bažanta obecného (*Phasianus colchicus* L.) dosahovala průměrná přesnost vypočteného objemu 99,47% (rozpětí 97,97% až 101,15% se směrodatnou odchylkou 0,56%) oproti objemu zjištěnému pomocí pyknometru. Dále umožňují vypočítat plochu povrchu jeho skořápky, průřezové plochy jednotlivých pólů či celého vejce a samozřejmě výsledky používat k dalším propočtům nebo je přímo analyzovat.

3. Materiál a metodika

Jako modelový druh jsem pro tuto studii zvolil racka chechtavého *Chroicocephalus ridibundus* (L.), respektive racčí vejce. Tento druh hnízdí v koloniích, a proto je možné v relativně krátké době proměřit větší množství vajec. K dispozici je i poměrně bohatý srovnávací materiál v muzejních sbírkách.

Celkem jsem proměřil 583 vejce, která pochází ze tří souborů.

Prvním souborem je sbírka vajec Ing. Františka Mocka. Tento soubor byl pořízen ve dvou územních celcích. V letech 1926 až 1938 sebral Ing. Mocek 90 vajec ve východních Čechách a v letech 1939 až 1955 sebral 142 vajec v jihozápadních Čechách. Rozložení mapovacích kvadrátů, v nichž Ing. Mocek sbíral racčí vejce je vidět na připojené mapce Zvláště chráněných území a Ptačích oblastí (upraveno podle MATTAS, 2008) viz PŘÍLOHA II obr. 1 Mapa. Celá kolekce včetně pečlivě vedených záznamů je uložena v depozitáři Národního muzea v Praze pod inventárními čísly snůšek 17 973 až 17 049. Z tohoto souboru jsem vyřadil jedno vejce miniaturních rozměrů. To je zpracováno v kapitole „Abnormality“.

Druhým souborem je sbírka hraběte Bedřicha Karla Kinského. V tomto souboru je 116 vajec. Hrabě Kinský sbíral vejce v letech 1937 až 1948. Lokality se často shodují s lokalitami sběru vajec Ing. Mockem, protože ten několik snůšek panu hraběti dodal.

Ve sbírce hraběte Kinského jsem zjistil více nesrovnalostí mezi skutečností a údaji zaznamenanými v „katalogu Kinského“ (depon. in NM v Praze). Pro výpočty jsem proto použil hodnoty, které jsem naměřil osobně při revizi této sbírky. Jedenáct vajec jsem vyřadil pro jejich abnormální velikosti nebo deformovaný, prakticky neměřitelný tvar. Sedm z vyřazených vajec je zpracováno v kapitole „Abnormality“. Rovněž tato sbírka je i s dokumentací uložena v depozitu Národního muzea v Praze pod inventárními čísly snůšek 17 456 až 17 500.

Třetí soubor jsem získal proměřením 235 vajec racka chechtavého v hnízdní kolonii v NPR Řežabinec a Řežabinecké tůně u Ražic v jižních Čechách (kvadrát č. 6750 je označen v mapce kroužkem) v letech 2000 a 2002. Měřil jsem vejce ve všech hnízdech tak, jak jsem k nim postupně přicházel.

Hnízda s jedním nebo dvěma vejci jsem zásadně nevynechával z důvodů získání reprezentativního vzorku. Měřil jsem i vejce, která byla již mírně naklována líhnoucími se mládřaty. Na obr. 2 v PŘÍLOZE II jsou naklovaná vejce ještě měřitelná. Musel jsem však vždy mít jistotu, že měřím úplnou snůšku, že žádné mládě již hnízdo neopustilo.

Na této lokalitě jsem našel jedno malé vejce, které je rovněž zařazeno do kapitoly „Abnormality“ (viz obr. 2 v PŘÍLOZE VI).

Abych hnízdící ptáky zbytečně nerušil, procházel jsem pouze okrajovou částí kolonie. Rackům moje činnost nijak zvlášť nevadila, protože se na hnízda vraceli, když jsem se od nich vzdálil alespoň pět metrů. V době měření (13.05.2000 a 18.05.2002) jsem nacházel snůšky zřejmě ještě neúplné ale i takové, kde se mládřata právě líhla nebo byla již vylíhlá. Bylo i několik takových hnízd, jenž mládřata již opustila a byla v jejich blízkosti.

Všechna vejce v terénu i muzejním depozitáři jsem měřil vlastní metodou popsanou v kapitole „Úvod do morfometriky ptačích vajec“. K měření základních rozměrů vajec jsem používal digitální posuvné měřítko s přesností odečtu 0,01 mm. Ke zjišťování speciálních morfometrických dimenzí jsem používal měřidlo vlastní konstrukce. Přesnost odečtu na tomto měřidle je 0,1 mm. Po ověření správnosti výpočetních algoritmů jsem vytvořil v tabulkovém procesoru Excel 2010 program, který po vložení naměřených dimenzí vypočítá všechny potřebné hodnoty. K jejich vyhodnocování jsem používal běžné metody deskriptivní statistiky (HAVRÁNEK, 1993). Statistické tabulkové hodnoty jsou podle práce LIKEŠ & LAGA 1978.

4. Biologie studovaného taxonu

Systematické zařazení:

Třída	AVES	Ptáci
Řád	CHARADRIIFORMES	Dlouhokřídli
Podřád	LARI	Racci
Čeleď	LARIDAE	Rackovití
Rod	Larus L.	racek
Druh	<i>Chroicocephalus ridibundus</i> (L.)	racek chechtavý

Racek chechtavý - *Chroicocephalus ridibundus* (Linnaeus, 1766)

Je to druh s palearktickým typem rozšíření, žijící v celé Eurasii. Je tažný. Na jaře přilétá na hnízdiště počátkem března a za příhodných klimatických podmínek již v polovině února. Do zimovišť odlétá koncem října a v listopadu. Někdy na nezamrzajících řekách přezimuje. Hnízdním biotopem jsou vodní a bažinou vegetací zarostlé břehy a ostrovy rybníků či jiných vodních nádrží, slepá ramena řek a bažiny. V PŘÍLOZE III. je na obr. 1 pohled do klasického biotopu s hnízdní kolonií racka v NPR Řežabinec a Řežabinecké tůň v jižních Čechách.

Hnízdí vždy v menších či větších koloniích. Častými spoluobyvateli racčích kolonií jsou potápky černokrké (*Podiceps nigricollis*), rybáci obecní (*Sterna hirundo*) nebo jiné druhy koloniálně i individuálně hnízdících ptáků. Hnízdo staví na zemi, v trsech rostlin, na plovoucích kupkách odumřelých rostlin a výjimečně též nízko na keřích či stromech. Je to kupovitá stavba ze suchých částí rostlin nasbíraných v blízkém okolí. Vnitřek hnízda je z jemnějšího materiálu, ale není to pravidlem. Ve výstelce chybí peří. Průměr hnízdní kotlinky je 8 až 19 cm a je 2 až 8 cm hluboká.

Začátek snášení vajec bývá od třetí dekády dubna až do konce druhé dekády května, výjimečně o 14 dní dříve nebo také o měsíc později. Plná snůška obsahuje obvykle tři vejce, obr. 2 v PŘÍLOZE III. Snůšky s jedním či dvěma vejci jsou výjimečné nebo pochází od samic mladých, poprvé hnízdících. Může se také jednat o snůšky náhradní, které jsou kladeny až do konce června. Vzácné jsou snůšky se čtyřmi vejci, které většinou pochází od

dvou samic. To dokumentuje obr. 3 v PŘÍLOZE III., kde jedno vejce je výrazně tmavší než ostatní tři a proto lze téměř s jistotou předpokládat jeho původ od jiné samice. Interval snášení vajec je jeden až dva dny. Vejce jsou tvarem, velikostí a zbarvením velmi proměnlivá. Tvarový typ vajec je většinou kuželovitý s krátkou, základní i dlouhou variantou, nebo vejčitý. Průměrná velikost je $51,98 \times 36,76$ mm v rozmezí $41,00 - 59,60 \times 30,10 - 40,00$ mm. Byla nalezena i vejce miniaturní, jejichž rozměry výrazně klesají pod uvedené minimální hodnoty. Nejmenší vejce mělo rozměry $28,05 \times 22,75$ mm. Tato vejce však obsahují pouze bílek, žloutek v nich chybí. Hmotnost čerstvě snesených vajec je v průměru 33,10 g v mezích od 26,09 do 40,12 g. Průměrná hmotnost skořápky je 2,06 g v mezích od 1,38 do 2,67 g. Objem vajec je v průměru $33,89 \text{ cm}^3$ s mezemi 27,27 až $42,71 \text{ cm}^3$ a plocha povrchu jejich skořápek je průměrně $51,92 \text{ cm}^2$ s mezemi 45,09 až $60,55 \text{ cm}^2$. Základní barva je olivově zelená, olivově hnědá, světle okrová, vzácněji modravá nebo tmavohnědá. Skořápečné skvrny jsou bledě fialové nebo fialově šedé. Skvrny povrchové jsou v různých odstínech hnědé, od bronzové až po černohnědou. Jejich rozložení po skořápce je také velmi variabilní. Mohou být rozmístěny rovnoměrně po celém povrchu nebo mohou být hustější na tupém pólu a vytvářet tam méně nebo více výrazný věneček či čepičku. Vejce s modravým podkladem nemívají zpravidla žádné skvrny nebo jich mají jen málo. Některá tmavohnědá vejce jsou od ostrého pólu k tupému postupně tmavší a přímo okolo tupého pólu téměř černá.

Racci usedají na snůšku obvykle po snesení posledního vejce, někdy však po snesení prvního případně druhého vejce. Inkubace trvá 21 až 27 dní, většinou 22 až 24 dny. Mláďata opouští hnízdo 1 až 2 dny po vylíhnutí. Jsou semiprekociální, tedy polokrmivá. Rodiče o ně pečují asi 4 týdny. Pak jsou mláďata již plně vzletná a osamostatňují se.

Data z hnízdní bionomie jsem shrnul do tabulky hnízdní bionomie v PŘÍLOZE III.

5. Oologické charakteristiky

Ze získaných třech souborů vajec racka chechtavého jsem vyřadil taková vejce, jejichž rozměry byly zřetelně odlehlé. K nim patřilo osmvajec miniaturních a jedno vejce abnormálně velké. Dále jsem vyřadil čtyři deformovaná nebo silně poškozená, v podstatě neměřitelná vejce. Jedno vejce ve sbírce B. K. Kinského zcela chybělo. Po vyřídění v souborech zbylo 231 vajec kolekce Ing. Fr. Mocka, 105 vajec sbírky B. K. Kinského a 234 vejce proměřených v NPR Řežabinec. U těchto souborů jsem vypočítal nejdůležitější statistické charakteristiky pro všech osm měřených dimenzí. Výsledky jsou zaznamenány v tabulkách č. 1 (Mocek), č. 2 (Kinský) a č. 3 (Řežabinec) v PŘÍLOZE IV. Z tabulek je vidět, že rozdíly průměrných hodnot jednotlivých souborů se liší jen nepatrně. Testoval jsem proto t-testem nulovou hypotézu $\Delta = 0$ proti alternativní hypotéze $\Delta \neq 0$. Výsledky jsou v tabulce 4 v PŘÍLOZE IV. V prvním sloupečku této tabulky jsou uvedeny dvojice testovaných souborů:

M = Mocek K = Kinský Ř = Řežabinec

Ve druhém sloupečku jsou testované dimenze (**A, B, C, D, E, F, G a H**) a v následujících sedmi sloupcích jsou hodnoty použité k výpočtům. V devátém sloupci jsou výsledky výpočtů, a v desátém hodnoty podle statistických tabulek LIKEŠ & LAGA (1978). V posledním sloupci je přijatá hypotéza. Ve všech případech jsem přijal nulovou hypotézu, to znamená, že mezi soubory nebyl žádný statisticky významný rozdíl. Z toho důvodu jsem tři dílčí soubory sloučil do jednoho celku, jehož $n = 570$. Pro tento nový soubor jsem vypočítal základní deskriptivní statistické údaje: Minimální a maximální hodnotu a jejich rozdílem variační rozpětí, aritmetický průměr a směrodatnou odchylku. K tomu jsem přidal medián, který, je sice robustnější, ale eliminuje případné odlehlé hodnoty. V tomto případě jsou u všech měřených dimenzí rozdíly aritmetického průměru a mediánu jen velmi malé. To ukazuje na normální rozložení souborů. Tento předpoklad jsem ověřil výpočtem šikmosti a špičatosti. Výsledky jsou shrnuty v tabulce 5 v PŘÍLOZE IV. U všech dimenzí se výsledné hodnoty šikmosti i špičatosti blíží k nule.

Pro výpočty oologických charakteristik, zejména pak k jejich statistickému rozboru jsem proměřená racčí vejce bral jako jeden soubor. Podle vzorců uvedených v PŘÍLOZE I. VZORCE, jsem vypočítal objem vajec W (mm^3) a plochu povrchu jejich skořápek Y (mm^2). Tyto dva výpočty jsou pro reálná vejce. Další čtyři výpočty jsou pro vejce jednotková, protože mají význam pouze pro určování tvaru vajec. Jedná se o délku ostrého pólu d_{j1} (mm), délku tupého pólu d_{j2} (mm), plochu podélného průřezu ostrého pólu Z_{j1} (mm^2) a plochu podélného průřezu tupého pólu Z_{j2} (mm). Výsledky statistického zpracování jsou uvedeny v tab. 6 v PŘÍLOZE IV.

Pro zajímavost jsem vypočítal objemy všech vajec v souboru podle vzorce uvedeném v práci (LUNDBERG & VÄISÄNEN, 1979)

$$V = 0,45923 \times L \times B^2 + 1,333$$

kde V je objem, L délka a B šířka vejce.

Tento vzorec, ačkoliv to autoři ve své práci přímo neuvádějí, počítá vnitřní objem vejce, tedy bez skořáčky. Průměrný objem vajec, která proměřili během svých výzkumů ve Finsku byl $33,745 \text{ cm}^3$. Když vypočítali objem vajec, která změřil YTREBERG (1956) v Norsku, zjistili, že objem norských vajec je $33,070 \text{ cm}^3$ a to je o 2% nižší, než u vajec finských. Tento údaj však není možné brát jako relevantní. Ignorováním tvaru vejce při výpočtu jeho objemu dochází k jisté větší či menší chybě. LUNDBERG & VÄISÄNEN (1979) vyloženě popírají vliv tvaru vajec na jejich objem. Patrně si všimli, že dvě různá vejce, která mají stejnou délku i stejnou šířku mají i stejný objem. To je však naprosto mylná interpretace vědeckého bádání. Na grafu 1 v PŘÍLOZE IV, je porovnání objemů vajec vypočítaných mojí metodou (modrý graf) a metodou výpočtu podle Väisänen (červený graf). Jsou to prakticky nesrovnatelné hodnoty, protože zatím nebyl u vajec vypočten objemový podíl skořáčky. Modrý graf znázorňuje vzestupně uspořádaný soubor objemů vajec. Červený graf je pod grafem modrým, což je logické, protože v tomto případě do objemu není zahrnut objem skořáčky. Oscilace grafu demonstruje variabilitu kladných i záporných chyb danou použitím nevhodné metody.

V tabulce 6 v PŘÍLOZE IV, oologických charakteristik uvádím ještě další výpočty.

W/Y vyjadřuje, jaký objem vaječné hmoty mm^3 (žloutku a bílku včetně skořápky) připadá na plochu 1 mm^2 povrchu skořápky. Výsledná čísla se vzájemně příliš neliší což ukazuje na vzájemnou závislost objemu vajec a plochy povrchu skořápky. Výpočet korelačního koeficientu $r = 0,9964$ pro soubor takového rozsahu ($n = 570$) jednoznačně svědčí o funkční závislosti.

Další výpočty vztahují oologické charakteristiky ke kouli: $\%W$ udává, o kolik procent je objem vejce větší, než objem koule o průměru H . $\%H$ udává, o kolik procent je průměr vejce (dimenze H) menší, než je průměr koule stejného objemu a $\%Y$ o kolik procent je plocha povrchu daného vejce větší, než je plocha povrchu koule stejného objemu. Tyto oologické charakteristiky nejsou zatím nikde používány. K posouzení jejich významnosti by bylo zapotřebí mnohem více srovnávacího materiálu, než mám k dispozici v současné době.

Význam tvaru ptačích vajec vysvětlují různí biologové různě. BARTA & SZÉKELY (1997) se domnívají, že tvar vejce by měl záviset na velikosti snůšky. Jestliže je ve snůšce jediné vejce, mělo by mít tvar kulovitý. Ve snůškách dvou nebo více vajec předpokládají jejich tvar kuželovitý. Ve snůškách se čtyřmi vejci by měla mít tvar špičatý a ve snůškách s více než sedmi vejci by optimální tvar vajíčka měl být přibližně kulovitý. Tyto úvahy dokládají tím, že některé rozdíly ve tvarech ptačích vajec lze vysvětlit pouze účinným využitím oblasti hnízdní nažiny inkubujícího rodiče.

Výsledky mých výpočtů naznačují, že vejce kulovitého tvaru by pro racky nebyla nejvýhodnější. Mláďata racků jsou nidifugní a líhnou se oproti mláďatům druhů nidikolních mnohem vyspělejší. Během embryonálního vývoje mají proto poměrně větší spotřebu kyslíku. Z toho důvodu je pro ně výhodnější větší plocha povrchu skořápky v okolí rovníkové oblasti, pod kterou se rozvíjí alantochoriální řečiště zprostředkovávající výměnu plynů mezi embryem a vnějším prostředím. Větší plocha také umožňuje předávání většího množství tepla inkubujícím rodičem. Podobným způsobem je možné uvažovat i o nutnosti větší spotřeby uhličitanu vápenatého ze spongiozní vrstvy skořápky.

6. Geometrická morfologie vajec racka chechtavého *Chroicocephalus ridibundus* (L.)

Obvykle se tvar ptačích vajec jen odhaduje, případně se vizuálně porovnává reálné vejce s modelem. Lze tedy oprávněně předpokládat, že různí pozorovatelé při hodnocení stejného vejce dojdou k rozdílným závěrům, zejména tehdy, pokud používají nestejnou literaturu s uvedenými modely tvarů. To je zcela evidentní, porovnáme-li tvary vajec, které uvádí někteří autoři. ROMANOFF & ROMANOFF (1949) užívají pouhé čtyři základní tvary - sférický, eliptický, bikonický a kónický. I když tyto názvy převedu do české nomenklatury jako tvar - kulovitý, eliptický, vejčitý a hruškovitý, nevystihuje to celou, v podstatě nekonečnou škálu tvarů. PRESTON (1953) rozlišuje čtyři základní tvary a u každého z nich krátkou a dlouhou formu, celkem tedy 12 tvarových typů (PŘÍLOHA V. obr. 1). To má svoji logiku a nesporné výhody v jednoduchém a výstižném popisu tvarů, tak i pro orientaci při jejich určování. PFEFFER (1954) uvádí čtyři tvary - kulovitý, oválný, vejčitý a hruškovitý, což stejné jako v díle ROMANOFF & ROMANOFF (1949). Základ se v podstatě neliší od práce PRESTONA (1953), ale chybí tu krátké a dlouhé formy. Pro značnou tvarovou variabilitu je toto třídění poněkud strohé.

MAKATSCH (1967) popisuje dvanáct tvarových typů (nečíslovaných), jejichž přehled je uveden níže. Toto třídění převzal HOEHER (1973) a od Hoehera pak PIKULA (1976), který k slovnímu označení přidal pro jednodušší zpracování většího množství údajů číselné kódy 1 až 12. Pořadí čísel přiřazených k jednotlivým tvarům je však nelogické. To je vidět na obrázku tvarových typů podle PRESTONA (1953) viz PŘÍLOHA V, obr. 1. Např. krátce vejčitý, vejčitý a dlouze vejčitý tvar má podle PIKULY (1976) přiřazeny číselné kódy 3, 7 a 11, namísto logických 7, 8 a 9.

ŠŤASTNÝ & HUDEC et al. (2016) se omezil na pouhých pět tvarových typů - kulovitý, vejčitý, hruškovitý oválný a podlouhle oválný. Tvar kulovitý, oválný a podlouhle oválný patří do jedné skupiny vajec eliptických s krátkou, základní a dlouhou formou. Popisy tvarů vajec jsou pak do jisté míry omezené a vzhledem k rozsáhlé tvarové variabilitě i málo výstižné a chudé.

Svérázný popis tvarů vajec používají polští ornitologové GOTZMAN & JABŁOŃSKI (1972). Rozlišují dvě základní kategorie tvarů vajec - se stejnými póly a s nestejnými póly. Do první kategorie řadí tvar vajec oválný s oběma tupými póly, téměř kulovitý tvar a oválný tvar s oběma zaostřenými póly. V druhé kategorii si speciálně všímají tvaru ostrého pólu a rozlišují tvar - krátce vejčitý se zaobleným ostrým pólem, krátce vejčitý s přišpičatělým ostrým pólem, dlouze vejčitý se zaobleným ostrým pólem, dlouze vejčitý s přišpičatělým ostrým pólem, krátce hruškovitý se zaobleným ostrým pólem, krátce hruškovitý s přišpičatělým ostrým pólem a dlouze hruškovitý s přišpičatělým ostrým pólem. WALTERS (2007) popisuje osm tvarů - válcovitý, kuželovitý, hruškovitý, bikonický, oválný, eliptický, kulovitý a protáhle podélný. To už je dosti chaotické a pro používání nevhodné.

Ve své práci používám třídění tvarů vajec podle MAKATSCHE (1974), jejichž dvanáct tvarových typů je zobrazeno v PŘÍLOZE V. obr. 2, a které je totožné s obrázky tvarů z Makatschovy publikace z roku 1967. Toto, i když poněkud hrubé třídění považuji za velmi výstižné. Podrobnější třídění by situaci komplikovalo hledáním srozumitelného popisu. Je zde však problém, kam zařadit taková vejce, jejichž tvar je velmi blízko hranice mezi sousedními tvary, a jak posoudit kde vůbec taková hranice mezi jednotlivými tvary leží.

МИТЯЙ (2008) navrhuje pro popis tvarů vajec vybrat tři typy klasifikace symetrie pólů o stejných, jednostranně protáhlých a nestejně protáhlých pólech z obou stran vejce. Boční obrysový oblouk charakterizuje jako parabolu, oblouk normální, protáhlý a dlouhý oblouk. Dále klasifikuje poloměry vaječných oblouků na velký, střední a malý poloměr. Název tvaru vejce vytváří složením tří předchozích kvalitativních znaků. O náročnosti a praktické nereálnosti navržené metody svědčí složité rýsování geometrických obrazců do obrysů ovoidů, jak je vidět z obr. 3 v PŘÍLOZE V.

První pokus o odstranění tohoto nedostatku, stejně jako o odstranění nepřehledného množství prakticky nic neříkajících slovních popisů tvarů vajec používaných v české literatuře jsem publikoval v časopise Sylvia (MATTAS 2001). Metoda vychází z porovnávání délek pólů vajec přepočtených na vejce jednotková a podle určitých kritérií třídí vejce do dvanácti tvarových kategorií,

které jsem převzal podle MAKATSCHE (1974). (Viz PŘÍLOHA V, obr. 2. Tvarové typy vajec podle Makatsche 1974.)

Verbální označení tvarových typů doplněné číselnými kódy:

- | | | | |
|-----------------------------------|----------------------|-------------------|--------------------------|
| 1. krátce eliptický | 4. krátce kuželovitý | 7. krátce vejčitý | 10. krátce hruškovitý |
| 2. eliptický | 5. kuželovitý | 8. vejčitý | 11. hruškovitý |
| 3. dlouze eliptický
hruškovitý | 6. dlouze kuželovitý | 9. dlouze vejčitý | 12. dlouze
hruškovitý |

Čísla jsem přiřadil z důvodu snažší orientace, avšak na rozdíl od PIKULY (1976) s tím, že k základním tvarovým typům náleží trojice po sobě jdoucích čísel.

Tato metoda umožňuje jednoduchý popis tvaru vyjádřený verbálně nebo číselně a může být použita v taxonomii; např. vejce racka chechtavého mají obvykle tvar: Kuželovitý, vejčitý, dlouze vejčitý, dlouze i krátce kuželovitý (MATTAS, un publ., PŘÍLOHA III, Tabulka hnízdní bionomie). Metoda je však příliš hrubá a nedovoluje odhalit jemnější tvarové rozdíly vajec spadajících do stejné kategorie. Vejce, která se z obou stran blíží k hranici mezi tvary se mohou vzájemně podobat, avšak patří do různých, tvarově odlišných kategorií. Např. pod pojmem vejčitý tvar je možné si představit nepřeborné množství variant. Nevýhodou popsané metody je i to, že nelze přesně rekonstruovat tvar již neexistujícího vejce.

Z pohledu statistiky náleží takto určené tvary ke kategoriálním datům, u nichž lze hodnotit pouze jejich zastoupení v absolutních číslech nebo v procentech. Ve zpracovávaných souborech vajec racka chechtavého jsem zjistil následující početní a procentická zastoupení tvarových typů:

Tab. 1 Tvarové typy vajec a jejich zastoupení.

č.	tvarový typ	Kinský		Mocek		Řežabinec		celkem	
		počet	%	počet	%	počet	%	počet	%
2	eliptický	3	2,86					3	0,53
3	dlouze eliptický	1	0,95					1	0,17
4	krátce kuželovitý	7	6,67	12	5,20	14	5,98	33	5,79
5	kuželovitý	38	36,19	75	32,47	86	36,75	199	34,91
6	dlouze kuželovitý	6	5,71	21	9,09	24	10,26	51	8,95
7	krátce vejčitý					2	0,85	2	0,35
8	vejčitý	39	37,14	87	37,66	72	30,77	198	34,74
9	dlouze vejčitý	11	10,48	36	15,58	35	14,96	82	14,39
11	hruškovitý					1	0,43	1	0,17
celkem		105	100	231	100	234	100	570	100

Z uvedeného přehledu je patrné, že eudominantní jsou vejce tvarového typu kuželovitého a vejčitého, s přibližně stejným procentickým zastoupením, a to i ve všech třech porovnávaných souborech. Dominantní jsou vejce typu dlouze vejčitého, dlouze kuželovitého i krátce kuželovitého. Ani zde není mezi soubory výrazný rozdíl v zastoupení. Vejce tvarového typu eliptického, dlouze eliptického, krátce vejčitého a hruškovitého jsou již jen ojedinělými výjimkami. To poměrně dobře koresponduje s literárními údaji. Např. KLÍMA (1964), který prováděl výzkum hnízdní bionomie racka v letech 1959 až 1962 v jihovýchodní části Českomoravské vrchoviny, uvádí pro vejce racka chechtavého nejčastěji tvar vejčitý, někdy také oválný, zakulacený, hruškovitý nebo k užšímu pólu značně zašpičatělý. K tomu připojuje obrázek čtyř typů, ke kterým poznamenává, že první obrys vejce je nápadně protáhlého tvaru, druhý

je obrys nejmenšího vejce, z něhož se ještě vylíhlo mládě, třetí obrys patří nejmenším vejcím, která byla ve snůškách vždy snesena jako čtvrtá v pořadí a nikdy se z nich mláďata nevylíhla a čtvrtý obrys je vejce nejčastějšího tvaru (viz PŘÍLOHA V, obr. 4 Tvarové typy vajec racka podle Klímy 1964). Kresba samozřejmě nemusí zcela odpovídat realitě, protože tvary byly hodnoceny pouze vizuálně. Obrys nejčastějšího vejce zhruba odpovídá vejčitému až dlouze vejčitému tvaru. MAKATSCH (1974) nebo GLUTZ (1982) zmiňují kuželovitý, krátce kuželovitý, vejčitý nebo dlouze kuželovitý tvar. Podle GOTZMANA a JABLONSKÉHO (1972), jsou vejce racků chechtavých o nestejných pólech, mají vejčitý, mírně protáhlý tvar s větším tupým pólem a jsou velmi podobná hruškovitému, mírně protáhlému tvaru. Určitá nesrovnalost ve tvarových typech je způsobena tím, že polští ornitologové používají jen deset tvarových kategorií. ŠŤASTNÝ & HUDEC et al. (2016) uvádí tvar vejčitý až mírně oválný, což zcela úplně neodpovídá mým zjištěním. Oválný, tedy eliptický tvar jsem zjistil pouze v 0,53 procentech a to z celkového počtu 570 vajec představuje jen tři vejce. Tuto nesrovnalost lze však s jistou tolerancí připustit, protože ŠŤASTNÝ & HUDEC et al. (2016) vychází z pouhých pěti tvarových typů z nichž žádný není kuželovitý.

Bez informací o početním či procentickém zastoupení tvarových typů a způsobech jejich zjišťování nelze literární údaje podrobněji srovnávat. Shrnutím výsledků všech uvedených autorů lze prohlásit vejce racků chechtavých za kuželovitá, vejčitá až dlouze vejčitá a v ojedinělých případech dlouze i krátce kuželovitá.

Toto třídění vajec do kategorií je velice nepřesné a není možné je využít k podrobnějším studiím, kde by bylo vhodné pracovat se spojitou řadou tvarů. Metoda se neujala, protože vyžaduje možnost výpočtu průsečíku os každého vejce a to bez speciálního oologického měřidla není možné.

Druhá metoda, která nebyla dosud nikde publikována, ani použita v žádné jiné studii, spočívá také ve stanovení tvaru vajec podle délek os jednotlivých pólů d_1 (ostrý pól) a d_2 (tupý pól), je však upřesněna výpočtem ploch Z_1 a Z_2 pod jejich obvodovými křivkami. Názorně to ukazuje graf 4 v PŘÍLOZE I, kde je simulovaný ostrý pól stejné délky, ale tvar je rozlišen

průřezovou plochou. Čím je pro určitou délku pólu průřezová plocha větší, tím je pól kulatější a naopak, menší plocha je u pólů špičatějších. Výpočty jsou prováděny opět pro jednotková vejce a samostatně pro každý pól (viz PŘÍLOHA I. VZORCE). Pro nekonečné množství možných tvarů již nelze používat verbální označení. Tvar každého pólu je vyjádřen dvojicí čísel (délka ostrého pólu d_{j1} zaokrouhlená na celé milimetry a jeho podélná průřezová plocha Z_{j1} v mm^2 , délka tupého pólu d_{j2} rovněž zaokrouhlená na celé milimetry a jeho podélná průřezová plocha Z_{j2} v mm^2), tvar celého vejce tedy čtyřmi čísly (např. 80; 2940 / 62; 2448, kde středník odděluje délku pólu od průřezové plochy a lomítko ostrý pól od pólu tupého). Hodnoty těchto čtyř dimenzí (d_{j1} , Z_{j1} , d_{j2} a Z_{j2}) jsou uvedeny v tab. 5 v PŘÍLOZE I, jako demonstrační příklad výpočtu oologických charakteristik a v tab. 6 v PŘÍLOZE IV, jako výsledky statistického šetření celého souboru 570 vajec.

Tato metoda je již poměrně přesná, a podle potřeby je možné ji použít jako metodu kategoriální (s libovolným množstvím kategorií), případně, při zaokrouhlování na větší počet desetinných míst i jako funkci spojitou. Kategoriemi jsou tu délky pólů vyjádřené v milimetrech, nebo průřezové plochy zaokrouhlené na předem stanovenou plošnou jednotku (např. 10mm^2 , 100mm^2 apod.). Rozhodně však nemají tyto kategorie nic společného s dvanácti tavrými kategoriemi uvedenými výše.

Popsanou metodou jsem porovnával tvary vajec Mockovy sbírky a vajec proměřených v NPR Řežabinec a Řeržabinecké tůně. Na grafu 1 v PŘÍLOZE V, leží délky ostrých pólů na ose x a průřezové plochy jsou znázorněny body podél svislic náležitých délek, v případě Mockovy sbírky červené a z levé strany svislice, v případě vajec z Řežabince modře a z pravé strany svislice. Z tohoto grafu je na první pohled zřejmé, že jedno vejce v Mockově sbírce se tvarově výrazně liší od ostatních. Jedná se o vejce č. M 194, které má i na grafu „Hnízdo 64“ nejkratší délku v celé kolekci (mimo miniaturu).

Graf 2 v PŘÍLOZE V, znázorňuje stejným způsobem vztah mezi tupými póly souboru vajec z Mockovy sbírky a vajec z hnízdní kolonie na Řežabinci. Z obou grafů je patrné, že ostrý pól vykazuje větší variabilitu než pól tupý.

Tvar vejce vyjádřený čtveřicí čísel neumožňuje utvořit si představu tvaru toho kterého vejce. Tento způsob má sloužit k takovým účelům, kde není nutné pro porovnávání tvarů vytvářet grafické obrázky, ale kde plně postačuje porovnání číselných údajů. Například by mohl být uplatněn v hospodářské praxi. Je totiž možné, že matematicky definovaný tvar by mohl záviset na pohlaví budoucího jedince. Taková závislost by umožnila vytrždit ještě před nasazením vajec do líhni ta, ze kterých by se vylíhla kuřata nežádaného pohlaví. To by mohlo znamenat úsporu nákladů, času a kapacity i za předpokladu jen volné korelace mezi tvarem vejce a pohlavím zárodku. Zmíněná závislost by mohla vyplývat z poznatku, že pohlaví kuřat určuje mateřská buňka. Je také možné, že platí lidové podání, že ze špičatých vajec se líhnou kohoutci. O tom se údajně zmiňoval již Aristoteles (doklad jsem nedohledal). Tato úvaha je spíše námětem pro další výzkum. Někjaké pokusy na toto téma se již snad dělaly, ale bez spolehlivých výsledků, protože špičatost vajec byla pouze vizuálně odhadována. V literatuře jsem se však o tom nedočel. Nyní nabízím možnost určovat zaoblenost či špičatost ostrého pólu matematicky přesně.

Třetí metoda je založena na zjištění polohy šestnácti landmarků na obvodové křivce jednotkového ovoиду. Tuto metodu jsem podrobně popsal v kapitole „Úvod do morfometrie ptačích vajec“. Každý hraniční bod je charakterizován dvěma souřadnicemi v kartézské souřadné soustavě. Protože vejce je rotační těleso, stačí ke všem výpočtům pouze jedna podélná polovina ovoиду a tu určuje devět landmarků. Výhodou této metody je vysoká přesnost, jednoduché a výstižné grafické zpracování umožňující porovnání i drobných odchylek u tvarově značně podobných vajec. Na tuto metodu lze použít matematickou analýzu, která odhalí i velmi jemné rozdíly, které mohou být v grafech zastřeny splynutím obrysových čar jednotlivých vajec. Hodnoty souřadnic bodů dvou nebo několika vajec se vzájemně odečtou. Původně jsem zamýšlel aplikovat pro porovnávání tvarů tzv. „Prokrustovskou analýzu“, kterou však nelze použít, protože chybí ono pomyslné Prokrustovo lůžko, tedy nějaké tvarově ideální vejce. Protože mě zajímalo, do jaké míry existuje podobnost mezi racčími vejci, porovnal jsem všechna vejce ze třech souborů.

Vejce byla průběžně očíslována 1- 234 z kolonie racků hnízdících na rybníku Řežabinci, 235 – 465 ze sbírky Ing. Mocka a 467 – 570 ze sbírky hraběte Kinského. Podobnost jsem stanovil tak, aby rozdíl mezi souřadnicemi T_{j_0} až T_{j_8} nebyl větší než ± 1 mm, tedy v intervalu $\langle -1;1 \rangle$ a mezi souřadnicemi S_{j_0} až S_{j_8} v intervalu $\langle -0,5;0,5 \rangle$. V Excelu tento experiment zabral víc než 167 300 řádků. Našel jsem tak 148 párů racčích vajec, které uvedeným kritériím vyhovovaly. V PŘÍLOZE V, jsou v tab. 1 vypsány dvojice podobných vajec určených výpočtem. Z těch pak bylo možné sestavit skupinky početnější. Některé tyto páry zůstaly samostatné, jiné se shlukovaly do různé početných skupin. Menší skupiny byly většinou lineární, to znamená, že podobná si byla vždy jen sousední vejce a proto pořadí ve skupinách nemůže být změněno. U větších skupin byla patrná určitá provázanost. Pro tyto nelineární skupiny jsem narýsoval obrázky vzájemné propojenosti podobných vajec PŘÍLOHA V. obr. 6 a 7. V kroužcích jsou pořadová čísla vajec a spojnice mezi nimi vyznačují podobnost. Nejvíce podobných vajec jsem shledal u vejce č. 79 z Řežabince. Tomu bylo podobných dalších šest vajec – dvě rovněž z Řežabince, dvě z Mockovy sbírky a dvě ze sbírky Kinského. Z výkresů je patrné, že mezi tvary žádná zákonitost neexistuje. Protože i v každém chaosu je určitý řád, mohl by být pravděpodobně nalezen až v podstatně větším množství vzájemně si tvarem podobných vajec.

Pro vyhodnocení tvarové variability vajec Mockovy sbírky jsem tvar každého vejce vyjádřil graficky a tři grafy patřící do jednoho hnízda jsem sloučil tak, abych mohl porovnávat tvary vajec v jednotlivých hnízdech. Ve všech hnízdech jsou vejce seřazena podle objemu od největšího k nejmenšímu. Proto číslování vajec v legendě není postupné. Obrys nejobjemnějšího vejce je tvořen červenou čarou, prostředního vejce zelenou a nejmenšího vejce modrou čarou. Vzniklo tak 76 grafů, které jsou v PŘÍLOZE V, HNÍZDA - MOCEK. Mezi nimi je pod číslem hnízda 32 jediné hnízdo se čtyřmi vejci. Grafy jsou ve zmenšené podobě, což však tvar nijak neovlivňuje. Ve správné velikosti by osa y musela být 50 mm dlouhá.

Totéž jsem udělal pro snůšky o třech vejcích proměřených v NPR Řežabinec a Řežabinecké tůně. Těch bylo 50 a jejich grafy jsou v PŘÍLOZE V, ŘEŽABINEC. Ve všech hnízdech byla tři vejce, kromě hnízda č. 51, v němž

byla vejce čtyři viz PŘÍLOHA V, obr. 5 Z obrázku je zřejmé, že tato snůška pochází od dvou samic. Abych mohl vyjádřit podobnost vajec v jednotlivých hnízdech, stanovil jsem následující kritéria:

- I. Všechna tři vejce ve snůšce jsou tvarově téměř stejná – čáry jednotlivých grafů takřka splývají.
- II. Všechna tři vejce jsou zřetelně rozdílná – čáry grafů jsou většinou samostatně rozlišitelné.
- III. Všechna vejce jsou výrazně rozdílná – čáry grafů se nikde nedotýkají (kromě okolí bodu L_j , který je u všech jednotkových vajec stejný).
- IV. Dvě vejce jsou téměř stejná, třetí vejce se mírně odchyľuje od předchozích.
- V. Dvě vejce jsou téměř shodná, třetí vejce je výrazně odchyľné.

Podle těchto kritérií jsem posoudil grafy všech 127 hnízd. V následující tabulce 2 jsou shrnuty výsledky.

Tab. 2 Hodnocení podobnosti tvarů vajec v jednotlivých hnízdech.

Podmínka	Počet hnízd	Počet případů v %
I.	9	7,09
II.	23	18,11
III.	53	41,73
IV.	18	14,17
V.	24	18,90
Celkem	127	100,00

Stanovená kritéria, jak se ukázalo při posuzování podobnosti tvarů vajec ve hnízdech, nejsou příliš vhodná. Např. ve hnízdě č. 33 z Řeržabince jsou dva ostré póly téměř shodné a třetí se mírně liší a všechny tři tupé póly téměř splývají. Ve hnízdě č. 34, rovněž z Řeržabince, je situace opačná. Tam ostré póly splývají a póly tupé jsou navzájem výrazně odlišeny. PŘÍLOHA V, (HNÍZDA ŘERŽABINEC) Hodnocení ostrých pólů zvlášť a zvlášť pólů tupých by bylo evidentně objektivnější, ale zde je nutno vejce posuzovat jako celek.

Touto metodou také nelze rozlišit, jak se liší tvary vajec v jednotlivých souborech. Proto jsem pro každý soubor vypočítal průměrné hodnoty souřadnic T_{j0} až T_{j8} a souřadnic S_{j0} až S_{j8} . Z výsledných hodnot jsem vytvořil grafy tvarů pro každý soubor zvlášť a tyto grafy pak sloučil do grafu jednoho PŘÍLOHA V, obr. 7 - Porovnání tvarů vzniklých z průměrů souřadnic. Průměrná vejce všech tří souborů se téměř neliší. Teprve při větším zvětšení grafu je vidět, že vejce ze sbírky Kinského mají o trochu menší zaoblení v rovníkové oblasti než vykazují vejce Mockovy sbírky nebo z Řežabince.

Tato třetí metoda dokáže zrekonstruovat tvar jakéhokoliv vejce, které bylo proměřeno způsobem popsáním v kapitole „Úvod do morfometriky ptačích vajec“. Oologické charakteristiky doplněné tvarem mohou být nápomocny při řešení různých výzkumných problémů, např. v aplikované ornitologii. Může najít uplatnění při dokumentaci muzejních sbírek nebo může pomoci odhalit některou dosud neobjasněnou záhadu ze života ptáků.

7. Abnormality racčích vajec a jejich hodnocení.

Stává se, že se ve snůškách racků (i jiných druhů ptáků) výjimečně vyskytne vejce abnormálně malé nebo naopak abnormálně velké. KUX (1979) taková abnormální vejce, u nichž alespoň jeden z rozměrů nezapadal do mezí určených statistickým pravidlem $\text{průměr} \pm 3\sigma$, vyřazoval ze zpracovávaných souborů a ojedinělé, nepodstatné výjimky zařazoval jako extrémy. Z pohledu statistiky je to správné, ale z hlediska biologického je o správnosti možno polemizovat. Vejce, byť menší nebo větší, ale životaschopné by do souboru patřit mělo. To je však při terénní práci velmi obtížně, až nemožně zjistitelné, nejedná-li se o vejce zřetelně malé nebo zřetelně velké. KLÍMA (1963) uvádí rozměry čtyř malých vajec z Českomoravské vysočiny, z nichž se mláďata nevylíhla $44,7 \times 31,3$ mm, $42,8 \times 28,8$ mm, $37,1 \times 23,0$ mm a $35,5 \times 26,7$ mm a poznamenává, že tato vejce byla ve snůškách vždy čtvrtá. Viz PŘÍLOHA V, obr. 4.

Jediným možným způsobem zjištění živého vejce je tzv. vodní test podle Mayera – Grosse 1970 (PIKULA 1976), ovšem za předpokladu, že jsou vejce alespoň v mírném stadiu nasezení. Nutno však brát ohled na to, že i abnormální vejce transpirují a vodní test z toho důvodu nemusí být spolehlivý.

Osobně jsem poprvé takové miniaturní vejce našel 12.5.1977 v kolonii racků chechtavých hnízdících na rybníku Amerika u Františkových Lázní v okrese Cheb. Ve hnízdě byla dvě vejce normální velikosti ($51,10 \times 35,65$ mm a $53,60 \times 35,40$ mm) a jedno vejce malé o rozměrech $30,10 \times 22,75$ mm. Naměřené hodnoty jsou v tab. 1a v PŘÍLOZE VI. Vypočítal jsem oologické charakteristiky, zaznamenané v tab. 1b., dále pak polohu devíti landmarků pro vejce rekonstrukční (tab. 1c) i pro vejce jednotková (tab.1d). Graf 1e v PŘÍLOZE VI. znázorňuje velikosti vajec ve snůšce a graf 1f porovnává jejich vzájemné tvary.

O nálezu miniaturního racčího vejce na rybníku Amerika u Fr. Lázní jsem napsal krátkou zprávu, která byla publikována v časopise Živa (MATTAS, 1983). Na můj článek zareagovali dva autoři, jejichž příspěvky byly otištěny společně pod názvem „Poznámky k článku M. Mattase: Abnormalita racčího vejce“ (CHYTIL A MROZEK, 1985). První z jmenovaných autorů píše, že 23.5.1983 byla nalezena na vodárenské nádrži Chomoutov v okrese Olomouc

snůška tří vajec racka chechtavého, ve které byla všechna tři vejce menších rozměrů, než jsou uvedena pro racčí vejce od Františkových Lázní. Jednotlivá vejce měla rozměry 33,45 × 20,65 mm, 30,20 × 22,45 mm a 29,75 × 18,55 mm a žádné z nich neobsahovalo žloutek. Snůška je uložena ve sbírce Moravské ornitologické stanice v Přerově. Tento autor ke vzniku miniaturních vajec poznamenává: „Těžko říci, co způsobilo vývin takových miniatur, jestli to byly nemocné vaječníky samice, nebo např. vliv vysokého množství pesticidů v potravě.“

Druhý autor (MROZEK, 1985), při měření racčích vajec na rybníku u obce Jistebník v okrese Nový Jičín našel hnízdo s jedním normálně velkým vejcem o rozměrech 50,85 × 35,90 mm a s jednou miniaturou, jejíž rozměry byly 28,05 × 22,75 mm.

V roce 2000 jsem našel další miniaturu racčího vejce v hnízdní kolonii v NPR rybník Řežabinec u Ražic PŘÍLOHA VI, tab. 1a Ve hnízdě bylo jedno vejce velikosti 49,98 × 33,42 mm a druhé 31,78 × 23,86 mm. Stejně, jako u prvního nálezů, jsem proměřil vejce v celé snůšce a vypočítal oologické charakteristiky. Výsledky jsou v tabulkách 2a až 2d. Dále jsem graficky určil tvary obou vajec ve snůšce a vzájemně je porovnal. To je znázorněno na grafech 2e a 2f v PŘÍLOZE VI.

S dalšími abnormálně malými vejci racka chechtavého jsem se setkal ve sbírkách Ing. Františka Mocka a hraběte B. K. Kinského, které jsou uloženy v depozitáři Národního muzea v Praze. V Mockově sbírce je jedno miniaturní vejce rozměrů 38,70 × 27,70 mm (HORA, MATTAS, 2006), k němuž sběratel poznamenává, že toto vejce bylo bez žloutku a označuje jej jako „potřepek“. Podrobnosti o této snůšce jsou v PŘÍLOZE VI. v tabulkách 3a až 3d a na grafech 3e a 3f.

Ve sbírce Kinského je takových miniatur šest. Také tato vejce jsem proměřil a stejným způsobem zdokumentoval v PŘÍLOZE VI. v tabulkách a grafech 4 až 7 v PŘÍLOZE VI.

V odborné literatuře je uvedeno několik miniaturních racčích vajec. Protože jsem všechna tato vejce neměl možnost proměřit, uvádím jen základní informace o jejich délkách a šířkách v následující tabulce. Pro přehled uvádím i miniatury zpracované v PŘÍLOZE VI.

Tab. 3 Přehled známých miniaturních vajec racka chechtavého,
rozměry jsou sestupně seřazeny podle velikosti dlouhé osy.

Autor	Rok	Lokalita	rozměr v mm
Kuschert	1978	(cituje Glutz)	21,8 × 18,0
Beklová	(1998)	Ve sbírce MOS	26,25 × 18,55
Morozek	1981	Jistebník, N.Jičín	28,05 x 22,75
Chytil	1983	Chomutov	29,75 x 18,55
Mattas	1977	Ryb. Amerika, Fr. Lázně	30,10 x 22,75
Kinský	1942	Sopřeč, Pardubice	30,4 x 23,6
Kinský	1942	Sopřeč, Pardubice	30,8 x 22,1
Mattas	2000	Řežabinec, Ražice	31,78 x 23,85
Rey	(1912)	Německo	32,0 × 26,2
Makatsch	(1974)	Německo	32,90 x 24,00
Klíma	1964	Podlesný rybník	35,50 x 26,70
Kinský	1940	Žehuňský rybník	35,9 x 26,0
Klíma	1964	Podlesný rybník	37,10 x 23,00
Mocek	1941	Myslívský rybník	38,70 x 27,70
Klíma	1964	Podlesný rybník	42,80 x 28,80
Kinský	1942	Žehuňský rybník	43,1 × 31,00
Kinský	1939	Nový ryb. u Tchořovic	43,1 x 25,0
Kinský	1942	Žehuňský rybník	44,2 × 33,7
Klíma	1964	Podlesný rybník	44,70 x 31,30

BEKLOVÁ et al. (1998) uvádí minimální délku vejce racka ze sbírky MOSu 26,25 mm, a šířku 18,55mm, které však CHITIL (1985) nezmiňuje. Bližší informace o tomto vejci mi nejsou známy.

Nálezy takovýchto malých vajec evokují otázku, co je příčinou jejich vzniku? V literatuře jsem našel studii, která zkoumá vznik abnormálně malých vajec u slepice domácí (MUSIL, 1948). Autor popisuje pitvu dvouleté nosnice, která původně snášela vejce normální velikosti i kvality a pak začala snášet vejce miniaturní a bez žloutků. Při pitvě byl zjištěn normálně funkční vaječník i normální nálevka vejcovodu. V dalších částech vejcovodu se vyskytovala zhoubná nádorovitost – lymfosarkomatosi. V článku je uvedena důležitá věta: „Ze vzniku trpasličích vajíček bez žloutku nutno soudit na skutečnost, že částečná tvorba bílku a skořápky děje se ve vejcovodu v době snášky i bez prostupujícího žloutku.“ TARCHANOW (1886) svými pokusy prokázal, že k

úplné tvorbě vaječných obalů nedochází přesto, že vejcovodem prochází těleso kulovitěho tvaru a odpovídající velikosti. Nevyvodil však z výsledků žádný závěr.

Tvorba vejce i tvorba jeho obalů je řízena hormonálně. Asi dvě hodiny před ovulací se začne projevovat činnost nálevky vejcovodu (*infundibulum*). Ta po uvolnění vajíčka z vaječníku (*ovaria*) vejce zachytí a to pak prostupuje vejcovodem (*oviductus*), kde se po jeho oplození (nebo i neoplození) začnou vytvářet vaječné obaly – membrána chalazifera, bílek, papírovitá blána, podskořápečná blána, vlastní dvouvrstvá (mamilární a spongiozní) skořápka a kutikula. Pokud však nálevka vajíčko z jakýchkoliv důvodů nezachytí, nastartovaná činnost vejcovodu pokračuje a vytváří miniaturní bezžloutkové vejce. Nálevkou nezachycená žloutková koule spadne do dutiny břišní, kde je absorbována (MUSIL, 1948, VESELOVSKÝ 2001).

Příčin k nezachycení žloutkové koule s blastodiskem nálevkou vejcovodu může být několik. V případě, kdy jsou ve snůšce všechna vejec miniaturní je možné považovat nálevku vejcovodu za chybně fungující nebo úplně nefunkční. Vadný může být např. také vaječník, kdy při prasknutí folikulu dojde i k protržení vitelinní membrány a žloutek pak vyteče úplně nebo částečně mimo *infundibulum*. Proto v některých miniaturních vejcích byly nalezeny malé, nepravidelné granule žloutkové hmoty. Porucha může být způsobena také opožděnou hormonální činností nebo i tak, že vaječník vydá impuls vejcovodu k zahájení činnosti, ale pak žloutkovou kouli nedodá. V případech, kdy je s vejci normální velikosti ve hnízdě jedno vejce miniaturní je možné, že vajíčko uvolněné z vejcovodu nálevka nezachytila proto, že samice právě v okamžiku ovulace udělala prudký pohyb, např. úhybný manévr před útočícím dravcem. Vliv pesticidů, jak uvádí CHYTIL, (1985) se nedá zcela vyloučit, přestože KREDL et al. (1988), jenž se zabýval přítomností jedovatých látek ve vejcích různých druhů ptáků včetně racků, případy miniatur nezmiňují a nepíše o nich ani KOSTKAN (1987), který prováděl analýzu přítomnosti těžkých kovů ve skořápkách racčích vajec.

Abnormálně velké vejce racka chechtavého znám jedině a to ze sbírky hraběte B. K. Kinského. V katalogu Kinského (katalog Kinského depon. in NM v Praze) je kromě data (7.6.1948), místa sběru (rybník Nový u Lnář v okr.

Strakonice), umístění hnízda (na zemi na ostrově uprostřed rybníka), rozměry vejce ($66,39 \times 31,93$ mm) a hmotnosti skořápky (2,080 g) uvedena poznámka, že vejce bylo ve snůšce jediné a že bylo částečně nasezené. Toto vejce dostal hrabě Kinský od Ing. Oty Kadlece – 45snůška, vejce pod pořadovým číslem 116 a evidenčním číslem Národního muzea 17 500.

Délkou toto abnormální vejce přesahuje maximální hranici a šířkou je pod minimální hodnotou všech 570 vajec, která jsem proměřil, viz tab. 4 v PŘÍLOZE IV. Objemově je mírně nad průměrnou hodnotou a plocha povrchu skořápky je nadprůměrně velká, avšak nevymyká se statistickému pravidlu průměr $\pm 3\sigma$. Důvod vzniku této abnormality patrně zůstane nevysvětlen.

V literatuře je uvedeno několik málo případů, kdy byla nalezena racčí vejce delší než 60 mm. BEKLOVÁ et al. (1998) maximální délku vejce ze sbírky Kinského neuvádí, ačkoliv tento materiál zpracovávala, ale pro délku racčích vajec uložených ve sbírkách Moravské ornitologické stanice (MOS) v Přerově zmiňuje maximum 66,92 mm.

KLÍMA (1965) uvádí tři vejce s délkou nad 60 mm z celkového počtu 363 vajec, která proměřil ve dvou koloniích v jihovýchodní části Českomoravské vrchoviny (rybník Podlesný u Hostákova a ryb. Starý u Ptáčova) v letech 1959 až 1962. Vejce měla rozměry: $64,9 \times 34,0$ mm, $63,6 \times 35,2$ mm a $61,4 \times 37,8$ mm.

U těchto třech vajec je zcela zjevná záporná korelace mezi délkou a šířkou; čím větší je délka vejce, tím kratší je jeho šířka. Zatímco dlouhá osa výrazně překračuje horní mez, krátká osa se ke spodní hranici blíží, ale neklesá pod minimální hodnotu.

KLÍMA (1965) píše, že z malých vajec se mláďata nevylíhla, ale o osudu velkých vajec neinformuje. Velkých vajec bývá nalezeno méně. Je tedy velmi pravděpodobné, že z velkých vajec se mláďata líhnou. Logicky vzato, v malých vejcích chybí žloutek částečně nebo úplně a proto se v nich nemůže embryo vyvíjet. Ve vejcích objemově větších jsou embrya naopak zvýhodněna větší zásobou živin a mláďata mají větší šanci na přežití. Závislost objemu vajec na přežívání mláďat prokázali LUNDBERG & VÄISÄNEN (1979). U abnormálně velkých vajec dosud nikdo nedošel k poznatku, že se v nich embrya nevyvíjejí, nebo že mláďata z nich vylíhla nepřežívají. Horní hranice

velikosti je omezena fyziologickou možností samice, jak velké vejce může snést bez poškození.

Frekvenci výskytu vajec abnormálních velikostí u racka chechtavého je značně nesnadné odhadnout. Oologických prací na toto téma je velmi málo. Ani sbírky uložené v muzeích nepomohou problém řešit. Silně totiž záleželo na přístupu sběratelů ke svým sbírkám. Např. Ing. Mocek se zaměřil na klasické snůšky. V jeho sbírce 232 racčích vajec je jen jediná miniatura (HORA & MATTAS, 2006). Hrabě Kinský se kuriozitám nevyhýbal. Ve své sbírce má zařazeno 116 vajec racka, z nichž je šest miniatur a jedno vejce velké (Katalog Kinského, depon. in NM v Praze).

Ve známých čtyřech souborech vhodných pro hodnocení frekvence abnormalit je celkem 942 vejce (Řežabinec 235vajec , Mocek 232 vejce , Kinský 112 vajec a Klíma 363 vejce). Z toho bylo 12 miniatur a čtyři velká vejce. Frekvence miniatur je 13‰, abnormálně velkých vajec 4‰.

V tabulce přehledu známých miniaturních vajec racka chechtavého jich uvádím 19 ex. Abnormálně velkých vajec jsem v literatuře našel pouze pět (BEKLOVÁ et al. (1998) jedno vejce, KLÍMA (1965) tři vejce a Katalog Kinského, depon. in NM v Praze eviduje jedno vejce). To znamená, že poměr miniaturních vajec k vejcím abnormálně velkým je přibližně 4 : 1.

8. Závěr

Schopnost určit tvar ptačích vajec nebo vypočítat smysluplné oologické charakteristiky je snahou mnoha ornitologů. O zájmu svědčí práce, které se občas objevují v literatuře např. BARTA & SZÉKELY, 1997, BEKLOVÁ et al. 1998, HOYT, 1979, LUNDBERG & VÄISÄNEN, 1979, МИТЯЙ, 2008 a další. I mne tento problém zaujal a snažil jsem se najít vhodné řešení. Navrhl jsem novou metodu měření vajec. K tomu účelu jsem si podle vlastního návrhu zkonstruoval speciální měřidlo. Sestavil jsem výpočetní algoritmus a udělal několik stovek ověřovacích pokusů.

V této práci jsem se věnoval posouzení morfometrických znaků vajec racka chechtavého. V hnízdní kolonii v NPR Řežabinec a Řežabinecké tůně jsem proměřil 235 vajec. Jako srovnávací materiál jsem zvolil sbírku Ing. Mocka, která obsahuje 232 vajec a je uložena v Národním muzeu v Praze. Tam jsem měl také možnost proměřit 116 racčích vajec ve sbírce hraběte B. K. Kinského. Po vyřazení vajec abnormálních velikostí, vajec deformovaných nebo rozbitých zbylo 570 vajec změřených speciálním způsobem. Pro každý samostatný soubor jsem vypočítal statistické charakteristiky hodnot naměřených dimenzí. Po testování výsledků t-testem jsem neshledal žádný významně statistický rozdíl. Vypočtené oologické charakteristiky jsem proto posuzoval jako celek.

U každého vejce jsem určil tvarový typ. Nejvíce bylo vajec kuželovitého tvaru (199 exemplářů) a tvaru vejčitého (198 exemplářů). Dále jsem určil vejce způsobem porovnávajícím délky pólů s jejich podélnými průřezovými plochami. Našel jsem 148 párů vzájemně podobných vajec. Většinou se jednalo o podobnost lineární, to znamená, že ve skupině vzájemně si podobných vajec jsou si podobná pouze vejce sousední a jejich pořadí nelze zaměňovat. Při třetím, grafickém způsobu, jsem porovnával pouze snůšky se třemi vejci v hnízdě. Výjimkou byla pouze dvě hnízda se čtyřmi vejci. Do tohoto pokusu jsem sbírku B. K. Kinského nezařadil. V některých hnízdech byla vejce tvarově nerozlišitelná, v jiných hnízdech byl ve tvarech

menší či větší rozdíl. Toto posuzování je velmi subjektivní a nelze jej po současné zkušenosti zobecnit. Překvapivé však bylo zjištění, že průměrné tvary ovoidů vytvořených z průměrných hodnot souřadnic základních souborů takřka splýnuly. Malou odchylku vykazovalo průměrné vejce ze sbírky B. K. Kinského. To mělo mírně menší zakřivení oblouku v rovníkové oblasti než průměrná vejce obou dalších souborů.

Navržené metody zjišťování oologických charakteristik a morfometrických znaků ptačích vajec mohou být využity při různých biologických a ekologických studiích, v drůbežářské praxi, v myslivosti nebo v záchranných chovech ohrožených druhů ptáků.

PŘÍLOHA I.

Tab. 1 Základní rozměry šesti vajec *Chroicocephalus ridibundus* naměřené v terénu ve dvou hnízdech

Tab. 2 Vypočtené souřadnice T_0 až T_8 a S_0 až S_8

Tab. 3 Transformované souřadnice T_0 až T_8 na \mathcal{T}_0 až \mathcal{T}_8 a S_0 až S_8 na \mathcal{S}_0 až \mathcal{S}_8

Tab. 4 Souřadnice landmarků přepočtené na jednotkové vejce

Tab. 5 Výsledky oologických charakteristik

Graf 1a Grafické znázornění tvarů reálných vajec v prvním hnízdě

Graf 1b Grafické znázornění tvarů reálných vajec ve druhém hnízdě

Graf 2a Porovnání tvarů jednotkových vajec první snůšky

Graf 2b Porovnání tvarů jednotkových vajec druhé snůšky

Graf 3 Vzájemné porovnání tvarů jednotkových vajec obou snůšek

Graf 4 Porovnání simulovaných ploch ostrého pólu jedné délky

VZORCE

Výpočet souřadnic x (P_1 až P_8) a y (Q_1 až Q_8) průsečíků tečen:

Výpočet tečných bodů – landmarků L_0 až L_8 , jejichž x souřadnice jsou označeny

T_0 až T_8 a y souřadnice S_0 až S_8 :

Transformace souřadnic T na souřadnice \mathcal{T} :

Výpočet průřezových ploch jednotlivých sekcí:

Výpočet průřezové plochy ostrého pólu:

Výpočet průřezové plochy tupého pólu:

Výpočet průřezové plochy celého jednotkového vejce:

Výpočet objemů jednotlivých sekcí:

Výpočet objemu celého vejce:

Výpočet ploch povrchů skořápky jednotlivých sekcí:

Výpočet plochy povrchu skořápky celého vejce:

dimenze	A	B	C	D	E	F	G	H1	H2	H
1. vejce	57,6	15,0	5,7	47,46	60,7	17,9	7,1	35,74	35,67	35,705
2. vejce	55,9	13,4	4,5	48,64	63,2	18,7	7,4	36,31	36,37	36,34
3. vejce	58,9	15,5	5,4	49,81	64,9	19,6	7,8	37,69	37,73	37,71
4. vejce	53,6	12,2	4,3	52,05	61,2	18,0	7,1	36,21	36,29	36,25
5. vejce	55,4	12,4	4,0	53,85	63,0	18,7	7,7	37,36	37,34	37,35
6. vejce	55,8	12,8	4,1	54,70	63,4	18,8	7,5	37,62	37,58	37,60

Tab. 1 Základní rozměry vajec *Chroicocephalus ridibundus* naměřené v terénu ve dvou hnízdech.

vejce	souřadnice	1	2	3	4	5	6	7	8
1	T	61,46	68,64	75,58	82,88	90,00	95,18	100,90	105,06
	S	9,42	14,18	17,46	17,85	17,50	15,13	11,10	0
2	T	60,23	68,05	76,18	83,87	89,82	94,27	100,17	104,54
	S	8,70	13,91	17,60	18,17	18,00	15,77	11,61	0
3	T	63,62	70,62	78,45	86,81	93,51	98,49	104,19	108,71
	S	9,97	14,82	18,12	18,86	18,50	16,23	12,15	0
4	T	57,24	65,43	75,13	83,43	90,16	95,61	101,41	105,65
	S	7,83	13,09	17,36	18,13	17,72	15,27	11,19	0
5	T	59,65	68,18	77,71	86,13	93,41	99,39	105,33	109,25
	S	8,13	13,71	17,95	18,68	18,21	15,55	11,47	0
6	T	60,23	68,51	77,98	86,95	94,53	100,30	106,20	110,5
	S	8,41	13,89	18,01	18,80	18,33	15,79	11,64	0

Tab. 2 Vypočtené souřadnice.

vejce	souřadnice	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	\mathcal{T}	-25,28	-21,42	-14,24	-7,30	0	7,12	12,30	18,02	22,18
	\mathcal{S}	0	9,42	14,18	17,46	17,85	17,50	15,13	11,10	0
2	\mathcal{T}	-27,97	-23,64	-15,82	-7,69	0	5,95	10,40	16,30	20,67
	\mathcal{S}	0	8,70	13,91	17,60	18,17	18,00	15,77	11,61	0
3	\mathcal{T}	-27,91	-23,19	-16,18	-8,36	0	6,71	11,68	17,39	21,91
	\mathcal{S}	0	9,97	14,82	18,12	18,86	18,50	16,23	12,15	0
4	\mathcal{T}	-28,6	-24,03	-16,35	-8,18	0	7,22	13,06	19,14	23,3
	\mathcal{S}	0	9,43	14,62	18,23	18,88	18,45	15,81	11,60	0
5	\mathcal{T}	-28,68	-23,94	-16,22	-8,03	0	7,08	12,93	19,12	23,58
	\mathcal{S}	0	9,60	14,84	18,44	19,1	18,66	16,03	11,69	0
6	\mathcal{T}	-29,35	-25,03	-17,43	-8,68	0	7,47	13,73	19,94	24,05
	\mathcal{S}	0	9,19	14,28	18,03	18,8	18,31	15,53	11,25	0

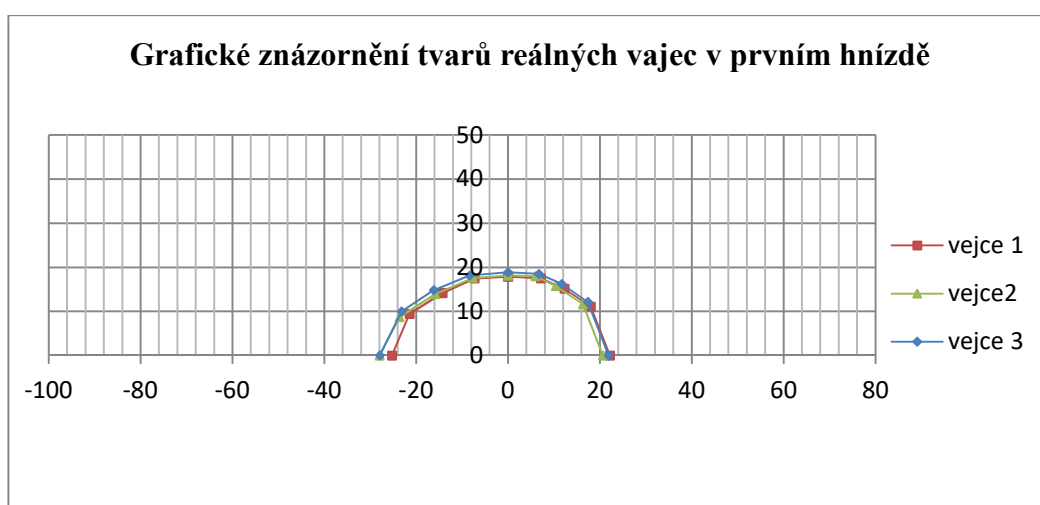
Tab. 3 Transformované souřadnice.

vejce	souřadnice	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	\mathcal{T}	-70,80	-60,00	-39,90	-20,43	0	19,95	34,44	50,47	62,12
	\mathcal{S}	0	26,40	39,71	48,90	50	49,01	42,37	31,10	0
2	\mathcal{T}	-76,97	-65,06	-43,53	-21,15	0	16,38	28,62	44,85	56,88
	\mathcal{S}	0	23,94	38,29	48,43	50	49,53	43,40	31,95	0
3	\mathcal{T}	-74,00	-61,49	-42,91	-22,16	0	17,79	30,99	46,11	58,09
	\mathcal{S}	0	26,44	39,31	48,05	50	49,06	43,05	32,21	0
4	\mathcal{T}	-82,28	-72,24	-49,64	-22,87	0	18,57	33,60	49,61	61,31
	\mathcal{S}	0	21,59	36,10	47,88	50	48,87	42,12	30,86	0
5	\mathcal{T}	-82,26	-70,88	-48,06	-22,53	0	19,51	35,52	51,41	61,91
	\mathcal{S}	0	21,77	36,71	48,06	50	48,76	41,63	30,70	0
6	\mathcal{T}	-82,85	-71,06	-49,04	-23,85	0	20,16	35,49	51,19	62,63
	\mathcal{S}	0	22,36	36,95	47,91	50	48,76	42,00	30,96	0

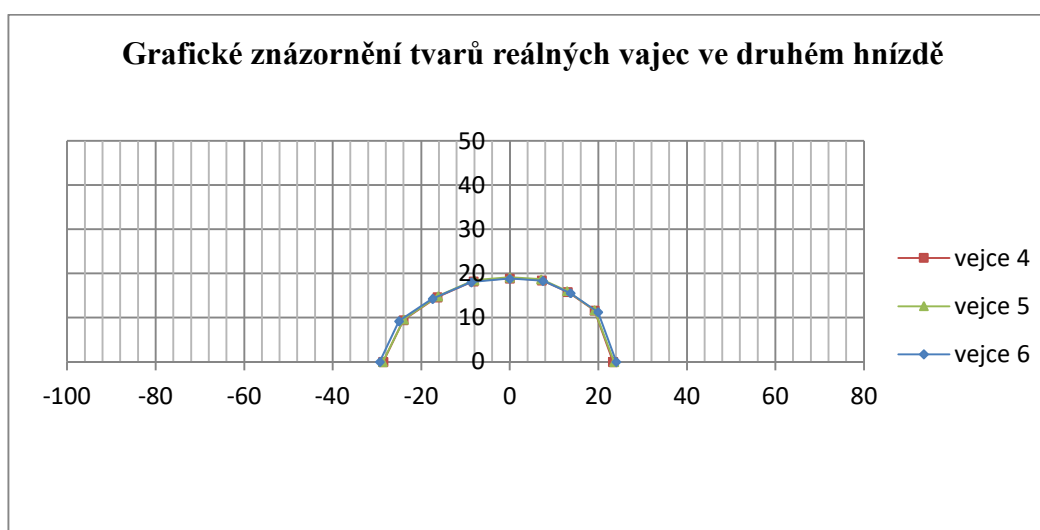
Tab. 4 Souřadnice landmarků přepočtené na jednotková vejce.

charakteristika	W	Y	dj1	Zj1	dj2	Zj2	% Y	% H	%W
1. vejce	31149,14	4879,91	70,80	2679,70	62,12	2419,71	1,93	-8,54	26,79
2. vejce	31860,07	4961,40	76,97	2823,66	56,88	2187,53	2,08	-7,61	30,70
3. vejce	35992,96	5368,29	74,00	2769,12	58,09	2251,09	1,83	-7,94	28,19
4. vejce	33642,38	5182,30	82,28	3003,56	61,31	2366,56	2,83	-9,49	34,89
5. vejce	37095,63	5531,54	82,26	2977,87	61,91	2422,84	2,84	-9,74	35,97
6. vejce	38407,18	5660,51	82,85	3021,11	62,63	2441,06	2,82	-10,18	37,99

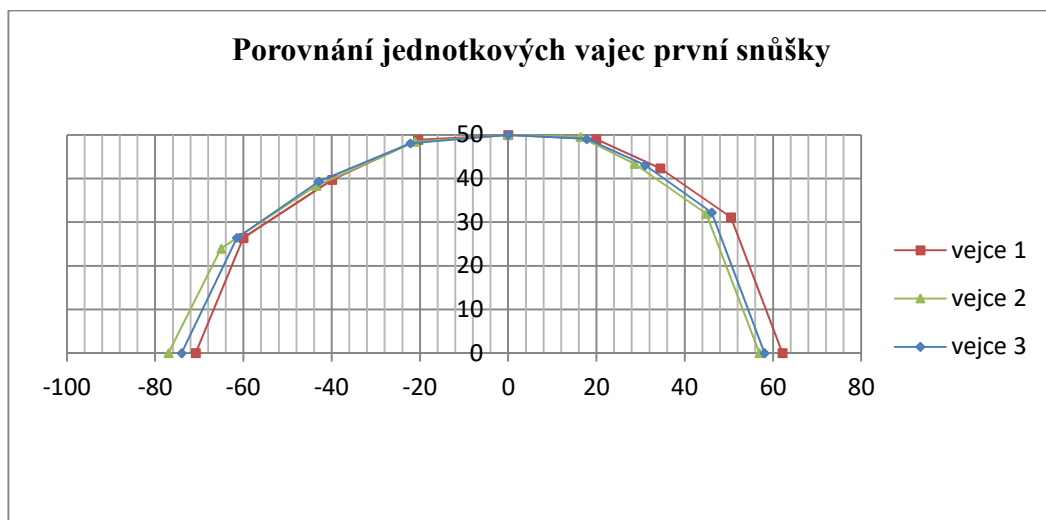
Tab. 5 Oologické charakteristiky vypočtené pro šest vajec *Chroicocephalus ridibundus*.



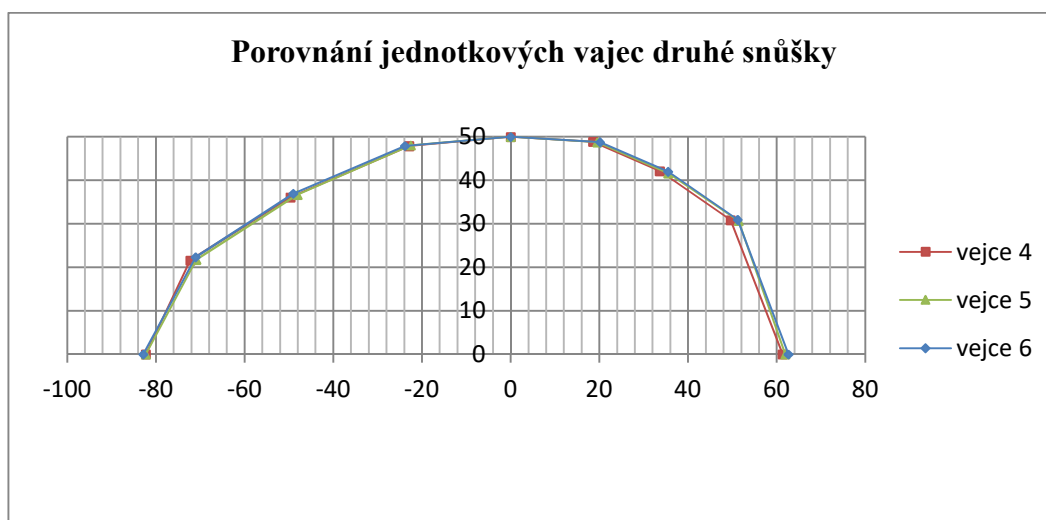
Graf 1a



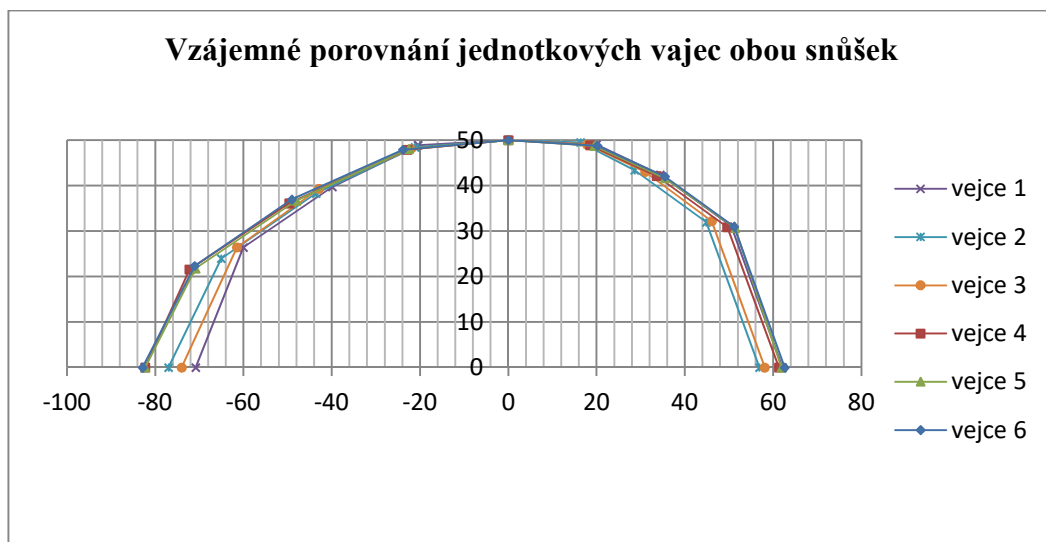
Graf 1b



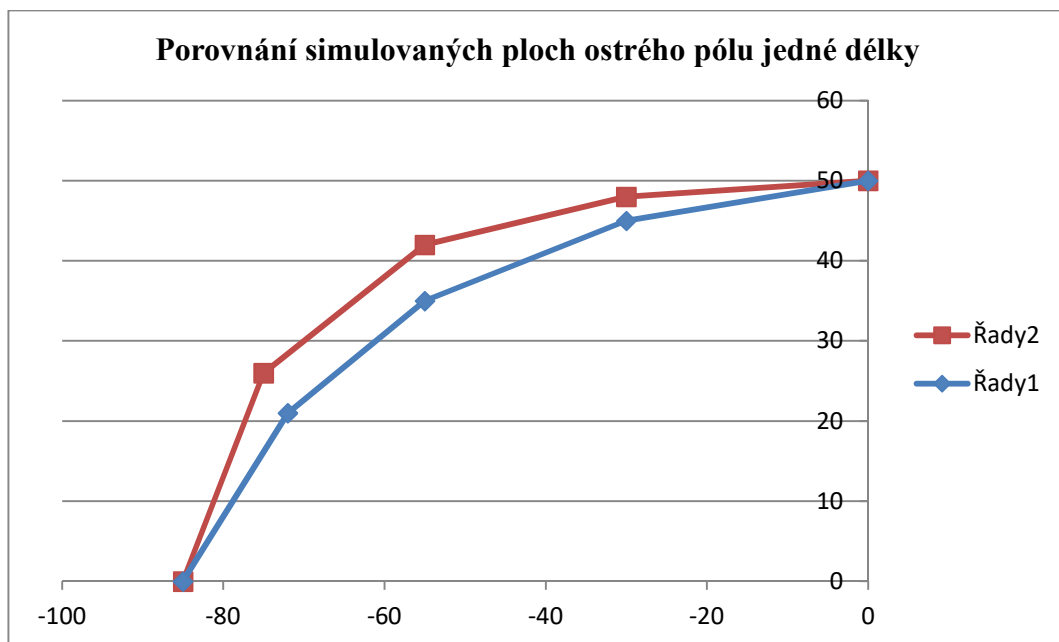
Graf 2a



Graf 2b



Graf 3



Graf 4

V Z O R C E

Výpočet souřadnic x (P_1 až P_8) a y (Q_1 až Q_8) průsečíků tečen:

$Q_1 = C$	$P_1 = A$
$Q_2 = [(B - C) \times \operatorname{tg} \gamma \times \operatorname{tg} \beta] / (\operatorname{tg} \gamma - \operatorname{tg} \beta)$	$P_2 = Q_2 / \operatorname{tg} \beta - B + A$
$Q_3 = [(A - B) \times \operatorname{tg} \beta \times \operatorname{tg} \alpha] / (\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \alpha)$	$P_3 = Q_3 / \operatorname{tg} \alpha$
$Q_4 = H / 2$	$P_4 = Q_4 / \operatorname{tg} \alpha$
$Q_5 = H / 2$	$P_5 = Q_5 / \operatorname{tg} \alpha' + A + D + E$
$Q_6 = \left [(E - F) \times \operatorname{tg} \beta' \times \operatorname{tg} \alpha'] / (\operatorname{tg} \beta' - \operatorname{tg} \alpha') \right $	$P_6 = Q_6 / \operatorname{tg} \alpha' + A + D + E$
$Q_7 = \left [(F - G) \times \operatorname{tg} \gamma' \times \operatorname{tg} \beta'] / (\operatorname{tg} \gamma' - \operatorname{tg} \beta') \right $	$P_7 = Q_7 / \operatorname{tg} \beta' + A + D + F$
$Q_8 = G$	$P_8 = A + D$

U souřadnic Q_6 a Q_7 je nutno počítat absolutní hodnotu,
neboť tangenty úhlů α' , β' a γ' jsou záporné.

Výpočet tečných bodů – landmarků L_0 až L_8 , jejichž x souřadnice jsou označeny T_0 až T_8 a y souřadnice S_0 až S_8 :

$S_0 = 0$	$T_0 = A$
$S_1 = Q_1 + (Q_2 - Q_1) \times 2 / 3$	$T_1 = P_1 + (P_2 - P_1) \times 2 / 3$
$S_2 = Q_2 + (Q_3 - Q_2) / 2$	$T_2 = P_2 + (P_3 - P_2) / 2$
$S_3 = Q_3 + (Q_4 - Q_3) / 2$	$T_3 = P_3 + (P_4 - P_3) / 2$
$S_4 = H / 2$	$T_4 = (A + D + E) / 2$
$S_5 = Q_5 + (Q_6 - Q_5) / 2$	$T_5 = P_5 + (P_6 - P_5) / 2$
$S_6 = Q_6 + (Q_7 - Q_6) / 2$	$T_6 = P_6 + (P_7 - P_6) / 2$
$S_7 = Q_7 + (Q_8 - Q_7) / 3$	$T_7 = P_7 + (P_8 - P_7) / 3$
$S_8 = 0$	$T_8 = A + D$

Transformace souřadnic \mathbf{T} na souřadnice \mathcal{T} :

$$\begin{aligned}\mathcal{T}_0 &= A - T_4 & \mathcal{T}_4 &= T_4 - T_4 = 0 & \mathcal{T}_5 &= T_5 - T_4 \\ \mathcal{T}_1 &= T_1 - T_4 & & & \mathcal{T}_6 &= T_6 - T_4 \\ \mathcal{T}_2 &= T_2 - T_4 & & & \mathcal{T}_7 &= T_7 - T_4 \\ \mathcal{T}_3 &= T_3 - T_4 & & & \mathcal{T}_8 &= T_8 - T_4\end{aligned}$$

Výpočet průřezových ploch jednotlivých sekcí:

$$\begin{aligned}z_{\text{I.}} &= [S_1 \times (\mathcal{T}_1 - \mathcal{A})] / 2\mathcal{H}^2 & z_{\text{V.}} &= [(S_4 + S_5) \times (\mathcal{T}_5 - \mathcal{T}_4)] / 2\mathcal{H}^2 \\ z_{\text{II.}} &= [(S_1 + S_2) \times (\mathcal{T}_2 - \mathcal{T}_1)] / 2\mathcal{H}^2 & z_{\text{VI.}} &= [(S_5 + S_6) \times (\mathcal{T}_6 - \mathcal{T}_5)] / 2\mathcal{H}^2 \\ z_{\text{III.}} &= [(S_2 + S_3) \times (\mathcal{T}_3 - \mathcal{T}_2)] / 2\mathcal{H}^2 & z_{\text{VII.}} &= [(S_6 + S_7) \times (\mathcal{T}_7 - \mathcal{T}_6)] / 2\mathcal{H}^2 \\ z_{\text{IV.}} &= [(S_3 + S_4) \times (\mathcal{T}_4 - \mathcal{T}_3)] / 2\mathcal{H}^2 & z_{\text{VIII.}} &= [S_7 \times (\mathcal{T}_8 - \mathcal{T}_7)] / 2\mathcal{H}^2\end{aligned}$$

Výpočet průřezové plochy ostrého pólu:

$$Z_{j1} = z_{\text{I.}} + z_{\text{II.}} + z_{\text{III.}} + z_{\text{IV.}}$$

Výpočet průřezové plochy tupého pólu:

$$Z_{j2} = z_{\text{V.}} + z_{\text{VI.}} + z_{\text{VII.}} + z_{\text{VIII.}}$$

Výpočet průřezové plochy celého jednotkového vejce:

$$Z_{j1} + Z_{j2} = Z_j$$

Výpočet objemů jednotlivých sekcí:

$$V_{\text{I.}} = \pi \times S_1^2 \times (T_1 - A) / 3$$

$$V_{\text{II.}} = \pi \times (T_2 - T_1) \times (S_1^2 + S_1 \times S_2 + S_2^2) / 3$$

$$V_{\text{III.}} = \pi \times (T_3 - T_2) \times (S_2^2 + S_2 \times S_3 + S_3^2) / 3$$

$$V_{\text{IV.}} = \pi \times (T_4 - T_3) \times (S_3^2 + S_3 \times S_4 + S_4^2) / 3$$

$$V_{\text{V.}} = \pi \times (T_5 - T_4) \times (S_4^2 + S_4 \times S_5 + S_5^2) / 3$$

$$V_{\text{VI.}} = \pi \times (T_6 - T_5) \times (S_5^2 + S_5 \times S_6 + S_6^2) / 3$$

$$V_{\text{VII.}} = \pi \times (T_7 - T_6) \times (S_6^2 + S_6 \times S_7 + S_7^2) / 3$$

$$V_{\text{VIII.}} = \pi \times (T_8 - T_7) \times S_7^2 / 3$$

Výpočet objemu celého vejce:

$$W = V_{\text{I.}} + V_{\text{II.}} + V_{\text{III.}} + V_{\text{IV.}} + V_{\text{V.}} + V_{\text{VI.}} + V_{\text{VII.}} + V_{\text{VIII.}}$$

Výpočet ploch povrchů skořápky jednotlivých sekcí:

$$I_{\text{I.}} = \pi \times S_1 \times \sqrt{[(T_1 - A)^2 + S_1^2]}$$

$$I_{\text{II.}} = \pi \times \sqrt{[(T_2 - T_1)^2 + S_2 - S_1]^2} \times (S_1 + S_2)$$

$$I_{\text{III.}} = \pi \times \sqrt{[(T_3 - T_2)^2 + S_3 - S_2]^2} \times (S_2 + S_3)$$

$$I_{\text{IV.}} = \pi \times \sqrt{[(T_4 - T_3)^2 + S_4 - S_3]^2} \times (S_3 + S_4)$$

$$I_{\text{V.}} = \pi \times \sqrt{[(T_5 - T_4)^2 + S_5 - S_4]^2} \times (S_4 + S_5)$$

$$I_{\text{VI.}} = \pi \times \sqrt{[(T_6 - T_5)^2 + S_6 - S_5]^2} \times (S_5 + S_6)$$

$$I_{\text{VII.}} = \pi \times \sqrt{[(T_7 - T_6)^2 + S_7 - S_6]^2} \times (S_6 + S_7)$$

$$I_{\text{VIII.}} = \pi \times S_7 \times \sqrt{(T_8 - T_7)^2 + S_7^2}$$

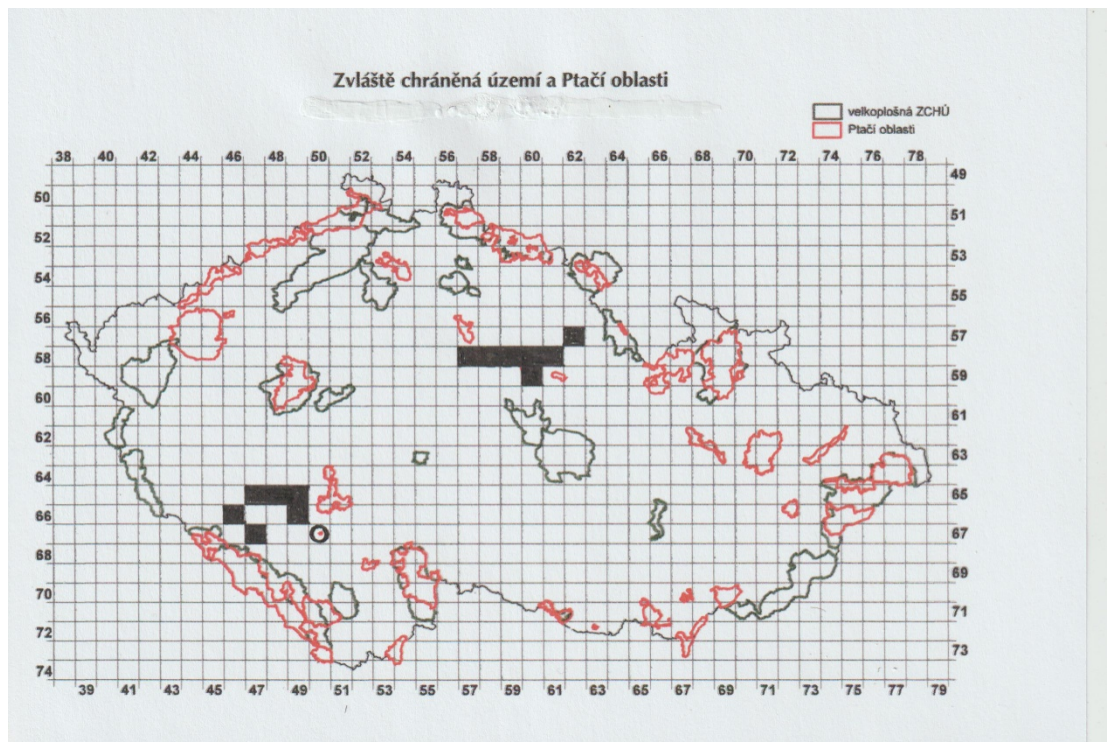
Výpočet plochy povrchu skořápky celého vejce:

$$Y = I_{\text{I.}} + I_{\text{II.}} + I_{\text{III.}} + I_{\text{IV.}} + I_{\text{V.}} + I_{\text{VI.}} + I_{\text{VII.}} + I_{\text{VIII.}}$$

PŘÍLOHA II.

Obr. 1 Mapa s vyznačením geografického původu vajec racka chechtavého ve sbírce Ing. Mocka.

Obr. 2 Hnízdo racka chechtavého s vejci.



Obr. 1 Mapa – ve vyčerněných kvadrátech sbíral Ing. Mocek vejce *Chroicocephalus ridibundus*.
V kvadrátu označeném kroužkem se nachází NPR Řežabinec.



Obr. 2 Hnízdo racka chechtavého s vejci, která jsou již částečně naklovaná líhnoucími se mláďaty. V takovém stádiu jsou vejce ještě měřitelná.

PŘÍLOHA III.

Obr. 1 Foto hnízdního biotopu racka chechtavého.

Obr. 2 Foto hnízda s úplnou snůškou vajec.

Obr. 3 Foto - pohled do hnízda se vzácnou čtyřvaječnou snůškou.

Obr. 4 Tabulka hnízdní bionomie.



Obr. 1 Hnízdní biotop racka chechtavého.

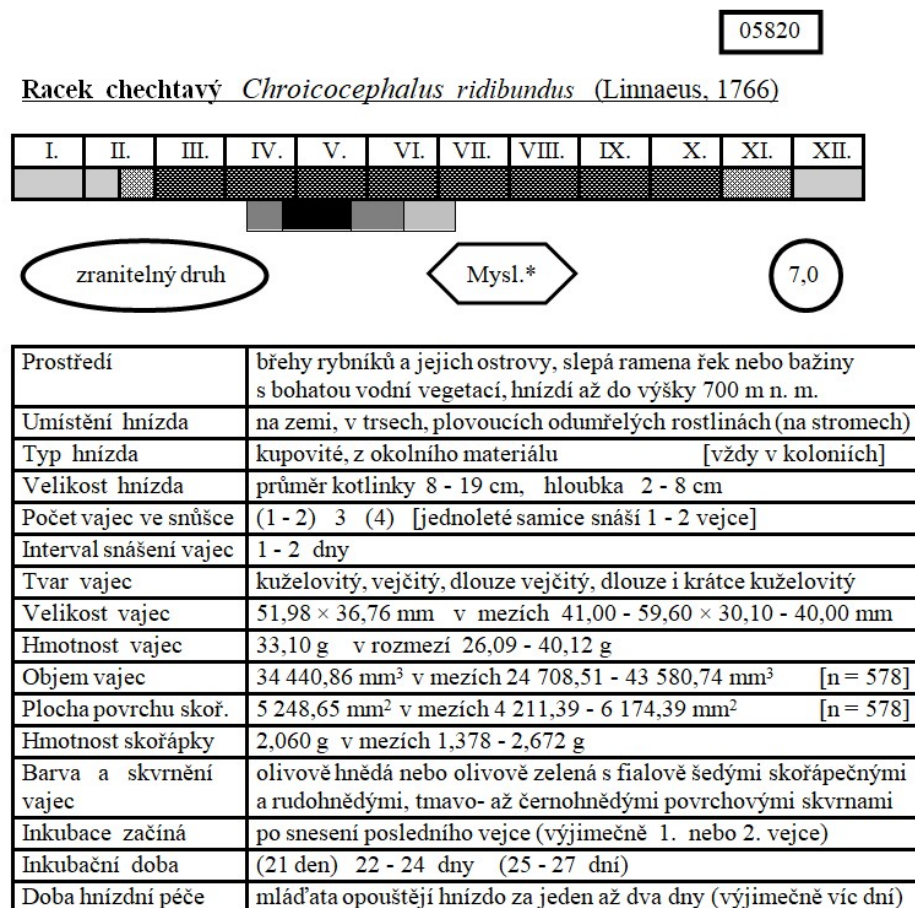


Obr. 2 Hnízdo s úplnou snůškou.



Obr. 3 Pohled do hnízda se vzácnou čtyřvaječnou snůškou, která evidentně pochází od dvou samic.

Obr. 4 Tabulka tnízdní bionomie.



Vysvětlivky k tabulce

Číslo v obdélníčku vpravo nahoře je mezinárodní číselný kód ptáka používaný v The EBCC Atlas of European Breeding Birds, London 1997.

V prvním řádku tabulky jsou římskými číslicemi označeny měsíce a v druhém řádku je vyznačena doba výskytu na našem území. Tmavé šrafování vyznačuje pravidelnou dobu pobytu, světlejší šrafování výjimečnou dobu pobytu. Pokud se v některých případech vyskytuje ještě další, světlejší odstín šrafování, vyjadřuje dobu vzácného nebo ojedinělého výskytu na našem území.

Na předchozí tabulku navazuje řádek vyznačující dobu hnízdění. V tomto případě se nejedná o celou hnízdní dobu, ale o její začátek, tedy o dobu vztahenou na snášení vajec.

V elipse v levé části tabulky je údaj o ohrožení druhu podle červeného seznamu (ŠŤASTNÝ, et al. 2017)

V obdélníku se zakulacenými rohy je údaj o ochraně druhu podle prováděcí vyhlášky č. 395 k zákonu č. 114 o ochraně přírody a krajiny z roku 1992.

Šestiúhelník s vepsaným Mysl.* znamená, že druh je zařazen podle zákona o myslivosti č. 449 z 27. listopadu 2001 mezi druhy zvěře, které nelze podle mezinárodních smluv lovit, pokud k lovu nebyla udělena výjimka.

V kolečku v pravé části je uveden Kroužkovací stanicí Národního muzea v Praze předepsaný průměr kroužku v mm.

(MATTAS un publ.)

Ochrana a ohrožení

NII = Chráněný taxon přílohy II směrnice Rady Evropských společenství 79/409/EEC, který může být za určitých podmínek loven - Natura 2000

wLC = Celosvětově nejméně dotčený druh červeného seznamu ptáků světa (BirdLife International 2016)

cLC = Kontinentálně nejméně dotčený druh červeného seznamu ptáků Evropy (BirdLife International 2015)

eLC = V Evropské unii nejméně dotčený druh červeného seznamu ptáků EU (BirdLife International 2015)

nVU = Národně zranitelný druh červeného seznamu ČR (Šťastný et al. 2017)

PŘÍLOHA IV.

Tab. 1 Statistické charakteristiky osmi dimenzí vajec Mockovy sbírky.

Tab. 2 Statistické charakteristiky osmi dimenzí vajec Kinského sbírky.

Tab. 3 Statistické charakteristiky osmi dimenzí vajec z NPR Řežabinec.

Tab. 4 Výsledky t-testu k posouzení rozdílů mezi jednotlivými soubory.
(Tabulka v Excelu).

Tab. 5 Statistické charakteristiky osmi dimenzí vajec sloučeného souboru.

Tab. 6 Statistické výpočty oologických charakteristik. (Tabulka v Excelu).

Tab. 7 Přehled literárních údajů o rozměrech vajec racka chechtavého.

Graf 1. Porovnání výpočtu objemů vajec metodou podle LUNDBERG & VÄISÄNEN (1979) a metodou podle MATTAS (1999).

Tab. 1 Statistické charakteristiky osmi dimenzí vajec Mockovy sbírky.

Mocek n = 231	d i m e n z e							
	A	B	C	D	E	F	G	H
minimum	43,5	10,1	3,2	38,7	46,4	13,7	5,5	27,7
maximum	62,6	17,4	6,5	57,85	67,3	20,2	8,2	39,65
variační rozpětí	19,1	7,3	3,3	19,15	20,9	6,5	2,7	11,95
aritmetický průměr	55,202	13,126	4,472	51,901	61,931	18,184	7,265	36,643
směrodatná odch.	2,625	1,223	0,573	2,495	2,311	0,808	0,401	1,264

Tab. 1

Kinský n = 105	d i m e n z e							
	A	B	C	D	E	F	G	H
minimum	51,1	11,3	3,5	42,59	56,7	15,7	6,1	32,6
maximum	62,3	16,9	6,7	59,1	69,3	20,4	8,3	39,8
variační rozpětí	11,2	5,6	3,2	16,51	12,6	4,7	2,2	7,2
aritmetický průměr	56,562	13,401	4,637	51,556	62,883	18,143	7,2419	36,566
směrodatná odch.	2,510	1,245	0,612	2,994	2,232	0,798	0,410	1,220

Tab. 2

Řežabinec n = 234	d i m e n z e							
	A	B	C	D	E	F	G	H
minimum	47,7	10,1	3	45,79	55,3	15,8	6	33,115
maximum	60,8	15,8	6,7	57,67	66,6	20	8,2	39,31
variační rozpětí	13,1	5,7	3,7	11,88	11,3	4,2	2,2	6,195
aritmetický průměr	54,848	13,125	4,424	51,493	61,396	18,013	7,151	36,306
směrodatná odch.	2,480	1,197	0,595	2,194	2,252	0,856	0,423	1,116

Tab. 3

Celek n = 570	d i m e n z e							
	A	B	C	D	E	F	G	H
minimum	47,7	10,1	3	42,59	54,1	15,6	6	32,35
maximum	62,6	17,4	6,7	59,1	69,3	20,4	8,3	39,8
variační rozpětí	14,9	7,3	3,7	16,51	15,2	4,8	2,3	7,45
aritmetický průměr	55,328	13,177	4,483	51,693	61,914	18,114	7,217	36,506
medián	55,4	13,2	4,5	51,6	62,05	18,2	7,3	36,535
směrodatná odch.	2,572	1,221	0,594	2,426	2,241	0,809	0,409	1,15
šikmost	-0,064	0,128	0,403	-0,13	-0,224	-0,257	-0,268	-0,207
špičatost	0,014	0,083	0,466	0,464	0,152	-0,051	-0,196	0,361

Tab. 5

Tab. 7 Přehled literárních údajů o rozměrech vajec racka chechtavého.

Autor	Země	n	D	H	Průměr
Musílek	Česko	93	43,70 - 57,50	31,90 - 40,00	52,10 x 36,60
Hudec	Česko	9	49,80 - 54,40	35,70 - 39,60	52,19 x 38,41
Hladík	Česko	10	47,40 - 53,70	34,20 - 36,60	50,82 x 35,74
Hudec	Česko	94	48,50 - 57,30	35,20 - 42,50	52,94 x 37,48
Klíma	Česko	363	46,00 - 64,9	32,80 - 39,40	52,25 x 36,66
Mattas	Česko	120	46,55 - 56,60	33,00 - 39,20	51,93 x 36,44
Mocek	Česko	231	45,75 - 57,85	32,35 - 39,65	51,94 x 36,68
Kinský	Česko	111	42,59 - 66,39	30,40 - 43,10	51,71 x 36,39
Mocek + Kinský	Česko	346	30,40 - 59,20	22,10 - 39,80	51,59 x 36,43
Beklová MOS	Česko	715	26,25 - 66,92	18,55 - 48,70	51,11 x 35,85
Kněžourek	Česko	84			52,20 x 36,50
Janda	Česko	30	min. 51 × 35 mm		56,3 × 38,2
FAUNA	Česko	325	43,70 - 57,50	31,90 - 40,00	51,89 x 36,74
Morozek Richard	Česko	66	41,15 - 56,65	33,05 - 40,25	50,68 x 35,05
Mošanský, Bališ	Slovensko	21	47,00 - 57,20	34,80 - 38,50	51,61 x 36,49
Makatsch	Maďarsko	12	46,80 - 54,50	35,90 - 38,00	51,17 x 37,15
Tadič	Chorvatsko	1000			51,10 × 35,70
Rey	Německo	53	47,50 - 57,80	34,30 - 38,70	52,60 x 36,80
Niethammer	Německo	84	46,90 - 60,00	34,00 - 42,10	52,20 x 36,50
Witherby	Německo	100	36,00 - 58,00	34,00 - 40,00	52,00 x 37,00
Hund	Švábsko	1428			52,02 × 36,69
Hellebrekers	Švýcarsko	125	43,00 - 60,00	33,00 - 42,10	52,10 x 37,10
Noll	Švýcarsko	65	47,30 - 59,40	34,00 - 37,70	50,70 x 35,80
Bree	Švýcarsko	1246			51,50 × 36,74
Makatsch	Francie	105	47,10 - 57,50	33,50 - 38,70	51,91 x 36,43
Jourdain	Vel. Británie	100	46,00 - 58,00	34,40 - 40,00	51,93 x 37,17
Ytreberg	Norsko	624	43,50 - 59,90	30,50 - 39,60	51,40 x 36,31
Hottling	Finsko	140	47,00 - 60,60	31,30 - 38,30	-
Väisänen	Finsko	156			52,07 × 36,76
Rosenius	Švédsko	205	45,60 - 69,00	34,50 - 41,00	52,48 x 37,29
Gotzman	Polsko		49,0 - 56,0	34,0 - 38,0	52,0 x 36,0
Dement'jev	SSSR	27	49,50 - 55,50	35,00 - 38,00	51,90 x 36,50
Dement'jev	Kazachstán	31	48,90 - 54,30	34,70 - 38,00	-
Makatsch	Stř. Evropa	308	41,00 - 59,60	30,10 - 39,50	52,08 x 36,79
Makatsch	celkem	425	41,00 - 59,6	30,10 - 39,50	52,02 x 36,71

PŘÍLOHA V.

Obr. 1 Tvarové typy navržené PRESTONEM (1953).

Obr. 2 Tvarové typy podle MAKATSCHE (1974).

Obr. 3 Způsob popisu tvarů vajec, který navrhuje МИТЯЙ (2008).

Obr. 4 Obrisy tvarů vajec, které zaznamenal při výzkumu racka chechtavého (*Chroicocephalus ridibundus*) na Českomoravské vrchovině KLÍMA (1964).

Obrys *a* je nápadně protáhlého tvaru, obrys *b* nejmenší vejce, z něhož se ještě vylíhlo mládě, obrys *c* patří nejmenším vejcím, která byla ve snůškách vždy čtvrtá v pořadí a nikdy se z nich mláďata nevylíhla a obrys *d* je nejčastější tvar vejce.

Graf 1 Porovnání ostrých pólů vajec Mockovy sbírky s vejci proměřenými na Řežabinci. (Druhá metoda). (Excel)

Graf 2 Porovnání tupých pólů vajec Mockovy sbírky s vejci proměřenými na Řežabinci. (Druhá metoda). (Excel)

Soubor grafů vajec z hnízd 1 – 76 Mockovy sbírky. (Excel)

Soubor grafů vajec z hnízd 1 – 51 z NPR Řežabinec. (Excel)

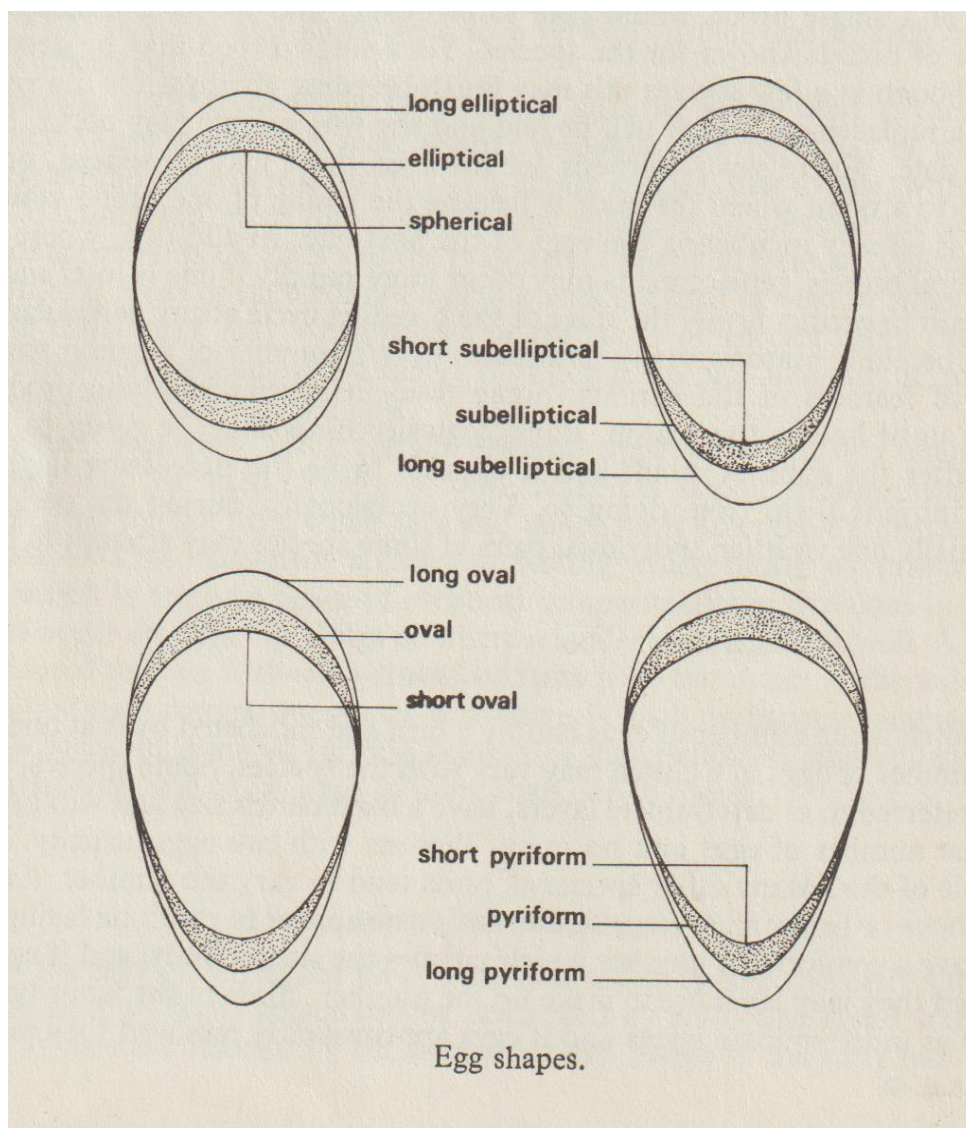
Obr. 5 Hnízdo se 4 vejci.

Tab. 1 Dvojice podobných vajec.

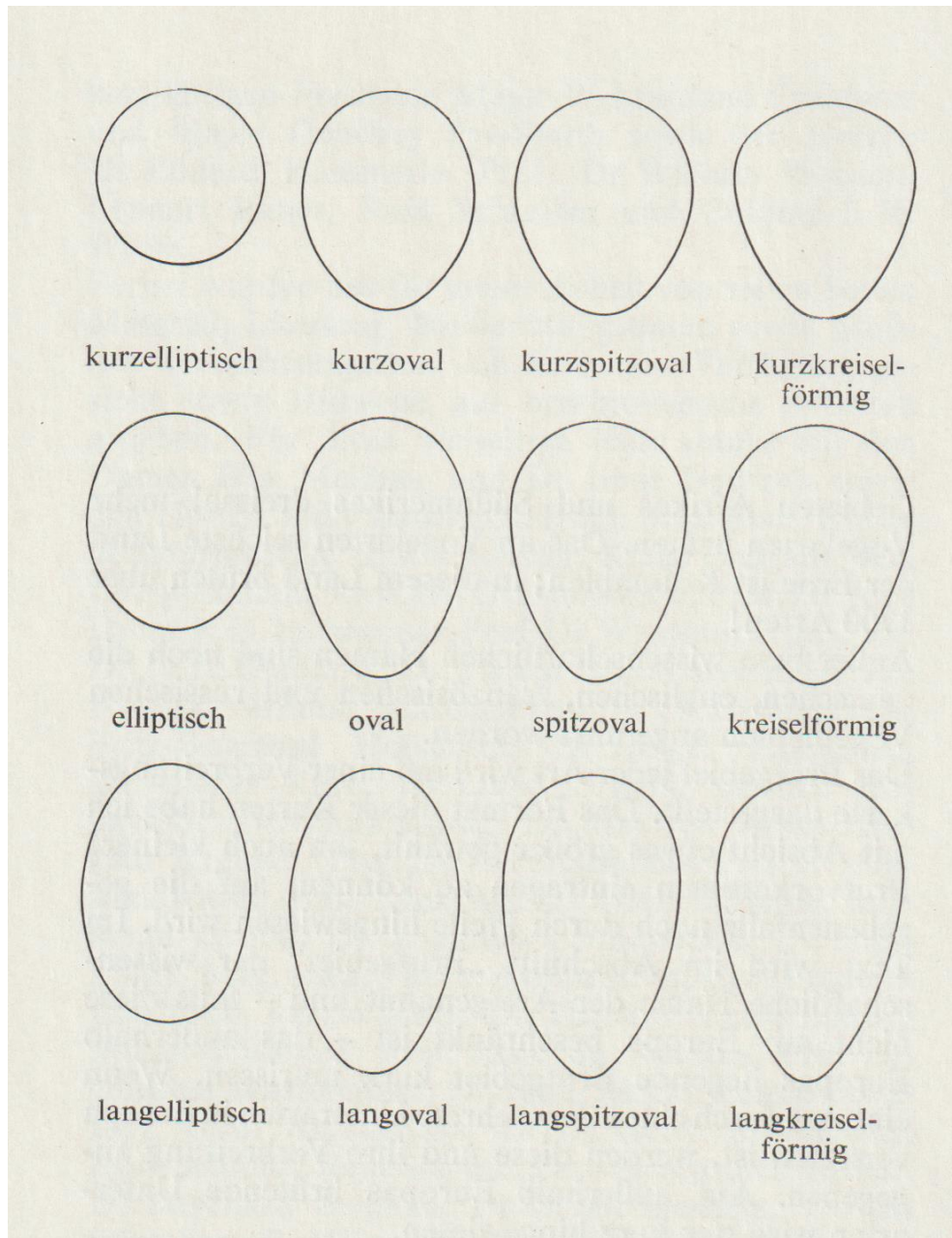
Tab. 2 Skupiny lineárně podobných vajec.

Obr. 6 a 7 Porovnání podobnosti vajec u nelineárních skupin.

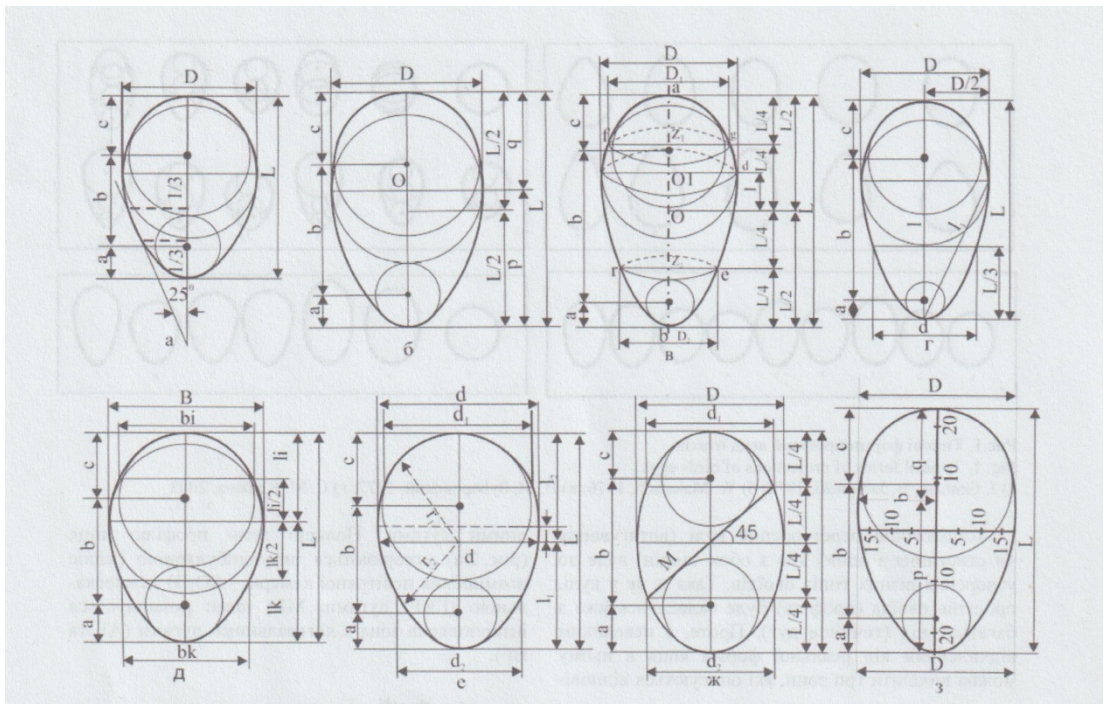
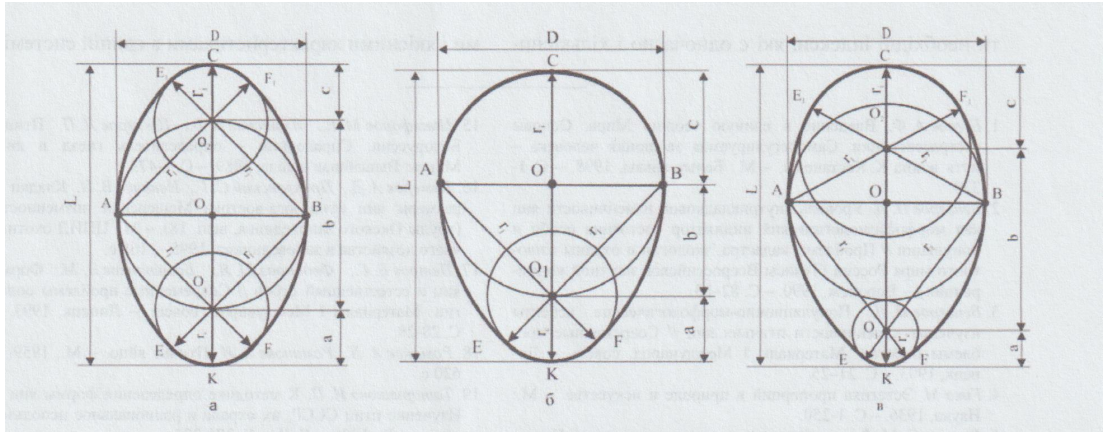
Graf 3 Porovnání tvarů vajec vzniklých z průměrných hodnot souřadnic jednotlivých souborů. (Excel)



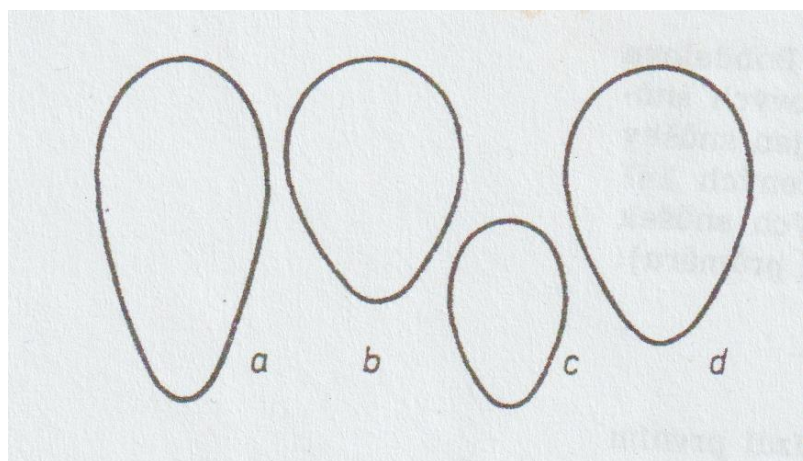
Obr.1 Tvarové typy navržené PRESTONEM (1953).



Obr. 2 Tvarové typy podle MAKATSCHE (1974).



Obr. 3 Způsob popisu tvarů vajec, který navrhuje МИТЯЙ (2008).



Obr. 4 Obrysy tvarů vajec, které zaznamenal při výzkumu racka chechtavého (*Chroicocephalus ridibundus*) na Českomoravské vrchovině KLÍMA (1964)
Obrys *a* je nápadně protáhlého tvaru, obrys *b* nejmenší vejce, z něhož se ještě vylíhlo mládě, obrys *c* patří nejmenším vejcím, která byla ve snůškách vždy čtvrtá v pořadí a nikdy se z nich mláďata nevylíhla a obrys *d* je nejčastější tvar vejce.

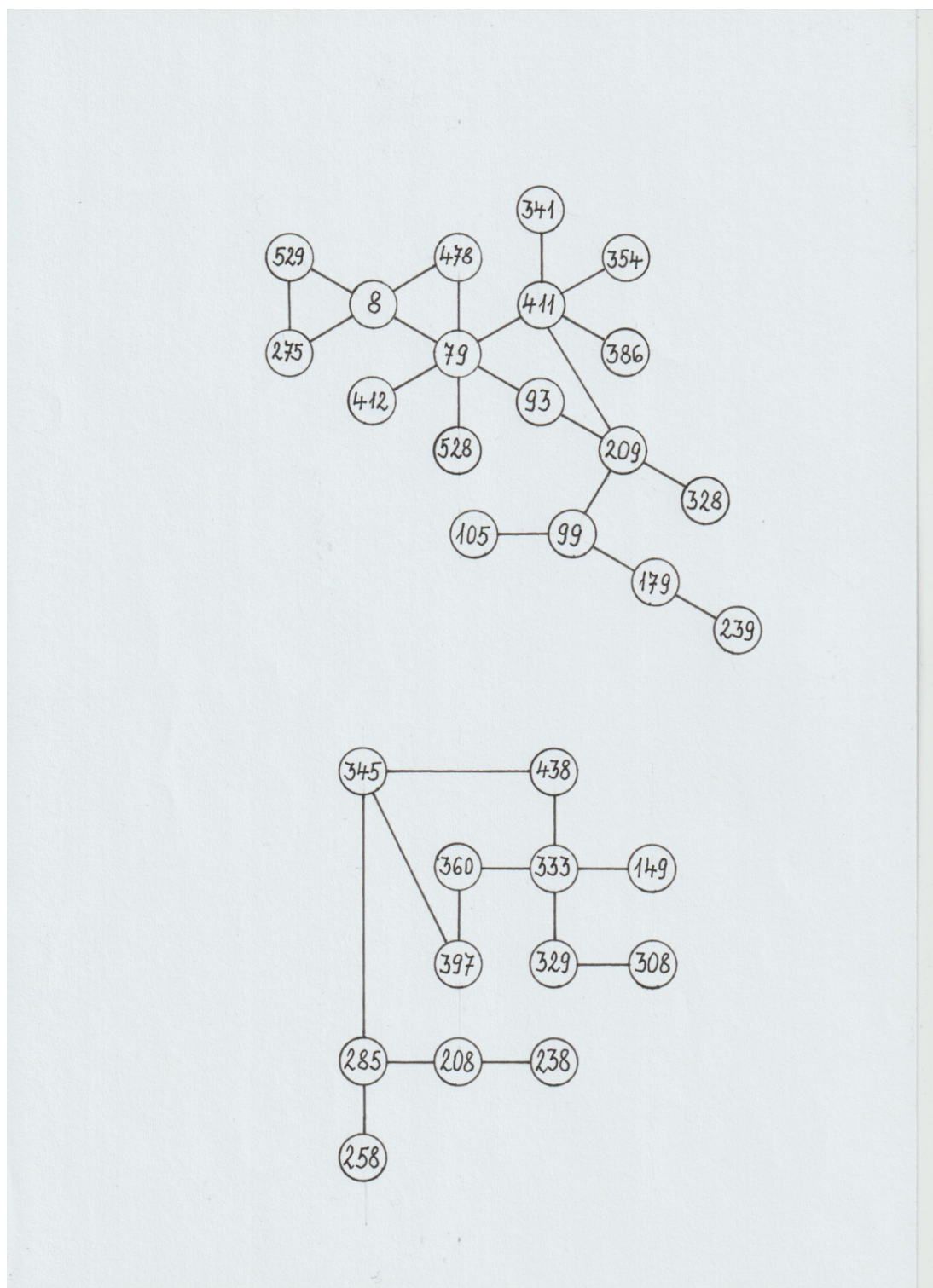


Obr. 5 Hnízdo se 4 vejci.

Seznam dvojic vzájemně si podobných vajec

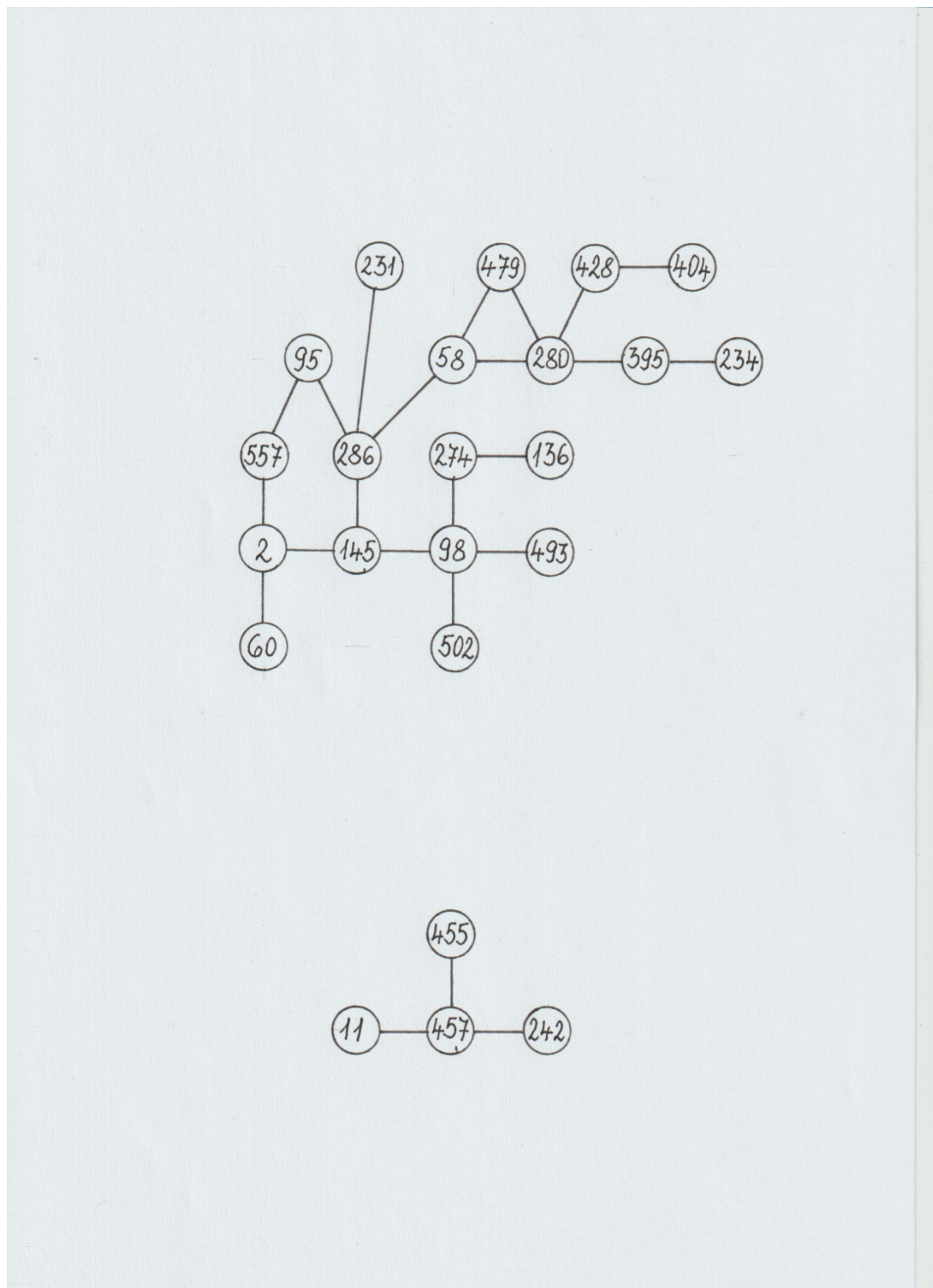
44	36	265	188	391	191	448	262
60	2	267	266	395	256	453	404
79	8	275	8	397	360	453	428
91	26	278	149	397	345	454	169
93	79	280	58	403	122	457	11
105	99	282	271	405	404	457	455
107	96	285	208	405	395	457	242
120	70	285	258	406	334	459	405
120	71	286	145	410	186	460	278
125	64	286	95	411	354	461	116
145	2	286	58	411	209	461	103
145	60	286	231	411	79	464	293
145	98	288	86	411	386	465	288
147	122	299	216	411	341	468	430
163	161	305	265	412	79	478	79
168	148	310	212	414	289	478	8
179	99	311	276	423	305	479	58
184	104	313	162	426	140	479	280
190	186	315	270	427	103	491	283
194	188	323	231	427	289	493	473
196	96	328	209	428	280	502	493
203	4	329	308	428	404	502	98
209	93	333	149	430	321	503	488
209	99	333	329	431	274	503	236
210	139	342	320	435	398	504	479
215	184	344	290	435	124	517	103
218	201	345	285	436	210	520	468
226	97	349	263	436	394	527	504
235	36	353	221	438	345	528	79
235	44	359	234	438	333	529	79
238	208	359	280	439	13	529	8
239	179	360	333	440	437	529	275
245	160	379	201	441	258	548	476
247	2	383	184	442	319	549	516
247	98	384	266	442	334	554	485
247	136	386	341	443	19	557	2
258	187	390	382	445	264	557	95

Nelineární podobnost tvarů vajec v souboru 570 exemplářů.



Obr. 6

Nelineární podobnost tvarů vajec v souboru 570 exemplářů.



Obr. 7

Lineární podobnost vajec v souboru 570 exemplářů.

Sedm podobných	504	395	405	404	453	428
pětice	289	427	103	461	116	
čtveřice		194	188	256	395	
		139	210	436	394	
trojice		44	36	235		
		70	120	71		
		107	96	196		
		465	288	86		
		460	278	149		
		264	445	169		
		423	305	265		
		319	442	339		
		384	266	267		
		397	201	218		
		398	435	124		
		403	122	147		
		441	258	187		
		488	503	236		
		527	504	479		
		468	430	312		
dvojice	125	64		391	191	
	163	161		406	334	
	168	148		414	289	
	203	4		426	140	
	226	97		431	274	
	245	160		439	13	
	282	271		440	437	
	190	186		443	19	
	299	216		448	262	
	310	212		459	405	
	311	276		464	293	
	313	162		491	283	
	315	270		493	473	
	323	231		517	103	
	349	263		520	468	
	353	221		548	427	
	386	341		549	516	
	390	382		554	485	

PŘÍLOHA VI.

Dokumentace k největším abnormálních velikostí u racka chechtavého

Tabulka 1 a, b, c, d až 8 a, b, c, d

Graf 1 e, f až 8 e, f

Seznam citované literatury

BARTA, Z., & SZÉKELY, T., 1997: The optimal shape of avian eggs. British Ecological Society, Functional Ecology, 11: 656 - 662

BEKLOVÁ, M., PIKULA, J. sen., PIKULA, J., jun. & SITKO, J., 1998: Oologicko-biologická charakteristika ptáků hnízdících v České republice na základě hodnocení oologických sbírek – část II. Zprávy MOS 56: 17 – 54.

FIEDLER, J., KREJČÍ, L., & VOLF, B., 1983: Charakteristika snůšky u individuálně chovaných bažantích slepic. Folia Venatoria (Poľovnícky zborník, Myslivecký sborník), 13: 107- 118

GALBRAITH, H., 1988: Effects of egg size and composition on the size, quality and survival of Lapwing *Vanellus vanellus* chick. J. Zool., Lond. 214: 383 – 398.

GLUTZ v. BOLTZHEIM, U. N., 1982: Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 8/1 Charadriiformes (3. Teil), Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden.

GOTZMAN, J., & JABŁOŃSKI, B., 1972: Gniazda naszych ptaków. Państwowe Zakłady Wydawnictw Szkolnych, Warszawa.

HARRISON, C., 1975: Jungvögel, Eier und Nester aller Vögel Europas, Nordafrikas und des Mittleren Ostens. Verlag Paul Parey.

HAVRÁNEK, T., 1993: Statistika pro biologické a lékařské vědy. Academia Praha.

HOEHER, S., 1973: Gelege der Vogel Mitteleuropas. Neumann – Verlag.

HOYT, D., T., 1979: Practical methods of estimating volume and fresh weight of bird eggs. Auk 96: 73 – 77.

HORA, J., & MATTAS, M., 2007: Oologická sbírka Ing. Františka Mocka. Sborn. Západočes. Muz., Plzeň, Přír., 107: 1 - 182

HROMAS, J., & BEDNÁŘ, P., 1984: Velikost a hmotnost bažantích vajec. Folia venatoria (Poľovnícky zborník, Myslivecký sborník) 14: 137 – 148.

HUDEC, K., et al. 2005: Fauna ČR a SR. Ptáci I. Svazek 29/1 a 29/2. Academia Praha.

CHYTIL, J., MOROZEK, R., 1985: Poznámky k článku M. Mattase: Abnormalita racčího vejce. Živa 1 (roč. XXXII.): 36

- KLÍMA, M., 1964: Příspěvek k hnízdní bionomii racka chechtavého (*Larus ridibundus* L.) Zoologické listy – Folia zoologica 13/2:111 - 124
- KNĚŽOUREK, K., 1912: Velký přírodopis ptáků. Díl II. Kober Praha.
- KOSTKAN, V., 1987: Příspěvek k monitoringu těžkých kovů na základě spektrální analýzy vaječných skořepin racka chechtavého (*Larus ridibundus* L.). – Acta Universitatis Palackianae Olomouensis Facultas rerum naturalium, Biologica XXVII. Vol. 90: 133 – 137.
- KREDL, F., HUDEC, K., KŘEN, K., PELLANTOVÁ J., & SVOBODNÍK, J., 1988: Hladiny reziduí chlorovaných pesticidů a PCB ve vejcích volně žijících ptáků. – Folia venatoria, 18: 181 – 195.
- KŘÍŽENECKÝ, J., 1926: Příspěvek k poznání mechanismu tvorby vajec u slepic. Věstník ČAZ, roč. II. 89 – 91.
- KUX, K., 1979: Rozměry a variabilita vajec některých druhů kachnovitých (*Anatidae*) na jižní Moravě. Acta Musei Moraviae, Vědy přírodní, Brno: 197 – 223.
- LIKEŠ, J., LAGA, J., 1978: Základní statistické tabulky. SNTL Praha.
- LUNDBERG, C., VÄISÄNEN, R. A., 1979: Selective correlation of egg size with chick mortality in the Black – headed Gull (*Larus ridibundus*). Condor, 81: 146 - 156
- MAKATSCH, W., 1967: Kein Ei gleicht dem anderen. Neumann Verlag.
- MAKATSCH, W., 1974: Die Eire der Vögel Europas. Band 1, Neumann Verlag.
- MATTAS, M., 1983: Abnormalita racčího vejce. Živa 5 (roč. XXXI.): 194
- MATTAS, M., 1999: Výpočet objemu vajec a plochy povrchu skořápky z rozměrů. Sylvia 35: 83 - 91
- MATTAS, M., 2001: Určování tvarů ptačích vajec. Sylvia 37: 17 – 25.
- MATTAS, M., 2009: Hnízdní rozšíření ptáků v Čechách podle záznamů Ing. Františka Mocka z let 1919 až 1955. Sluka, 6: 5 – 29
- MATTAS, M., 2010: Morfometrika ptačích vajec. Bakalářská práce. ČZU, FLD: 3 - 73
- MATTAS, M., : Tabulky hnízdní bionomie. Un publ. Depon. in autor.

- МИТЯЙ, I., С., 2008: Системний підхід в дослідженнях форми яєць птахів. Науковий вісник Ужгородського університету, Серія Біологія, Випуск 23 : 87 – 92.
- MUSIL F., 1948: Vznik abnormálně malých vajec u slepic. – Náš chov 8, příloha Našeho chovu: 102 – 103.
- PFEFFER, A., 1954: Lesnická zoologie III. SZN Praha.
- PIKULA, J., 1976: Metodika výzkumu hnízdní bionomie ptactva. Vydal Vlastivědný ústav Přerov – MOS v SZN Praha.
- PRESTON, F., W., 1953: The shapes of birds' eggs. Auk, Vol 70: 160 – 182.
- ROMANOFF, A., L., & ROMANOFF, A., J., 1949: The avian egg. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- ŠPAČEK, F., et al. 1980: Speciální chov hospodářských zvířat – 2. SZN Praha.
- ŠŤASTNÝ, K., HUDEC, K., et al. 2016: Fauna ČR Ptáci I. Svazek 31. Academia Praha.
- TARCHANOW, J., 1883: Über die Verschiedenheiten des Eiereiweisses usw. Pflügers Archiv f. d. ges. Physiol. 31.
- TLAPÁK, V., 2006: Pokus o matematické stanovení tvarů vajec a vztahů mezi nimi u vybraných druhů ptáků. Autoreferát doktorandské disertační práce, Brno.
- VÄISÄNEN, R. A., 1969: Evolution of the Ringed Plover (*Charadrius hiaticula* L.) during the last hundred years in Europe. A new komputer method based on egg dimensiond. Ann. Acad. Sci. Fenn. A IV.149: 1 – 90.
- VESELOVSKÝ, Z., 2001: Obecná ornitologie. Academia Praha.
- WALTERS, M., 2007: Ptačí vejce. Knižní klub Praha.
- YTREBERG, N., J., 1956: Contribution to the Breeding Biology of the Black-headed Gull (*Larus ridibundus* L.) in Norway. Nytt magasin for zoologi 4: 5 – 106.