

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

PŘÍRODOVEDECKÁ FAKULTA

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Ekologie



Bc. Barbora Rohlíková

Vliv individuálních vlastností samců páskovce kroužkovaného
(*Cordulegaster boltonii*) na jejich epigamní chování

Golden-ringed Dragonfly (*Cordulegaster boltonii*): Effect of
individual male characteristics on their epigamic behavior

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Martin Černý, Ph.D.

Praha, 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu

V Praze, 2.1.2018

.....

Barbora Rohlíková

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému školiteli RNDr. Martinu Černému za pomoc a podporu při tvorení této práce. Díky patří také všem, kteří se podíleli na sběru dat, tedy hlavně na odchytu jedinců. Poděkování patří také mé rodině, zejména mým rodičům a příteli, kteří mě během studia neustále podporovali.

Abstrakt

Má práce se zabývá individuálními charakteristikami samců šídla *Cordulegaster boltonii* (páskovce kroužkovaného) ve vztahu k jeho epigamnímu chování. V první části práce analyzuji vzájemné vztahy měřených charakteristik (délka a výška křídla, plocha křídel, tělesná hmotnost, věk), v druhé části práce je se zabývám jejich možným vlivem na epigamní chování páskovců, konkrétně na aktivitu věnovanou vyhledávání samic. Samci tohoto druhu se vyznačují skenovacími lety nad potokem, kde potkávají kladoucí samice, s kterými se páří. Toto chování bylo pozorováno v terénu díky individuálně značeným samcům a na základě těchto průletů byla zjišťována aktivita samců, kterou lze zjednodušeně interpretovat jako reprodukční úspěšnost, jelikož aktivnější samci mají větší pravděpodobnost potkat samici. Moje práce zahrnuje 3 způsoby hodnocení aktivity, a to dle reálného množství průletů, průměrného pořadí samců na základě počtu průletů a kombinací průměrného pořadí a počtu dní. V druhé části práce tak hodnotím efekt výše zmíněných individuálních charakteristik na aktivitu samců., kdy jako jediný průkazný se jeví efekt věku samce. Dále jsem hodnotila vztah změny frekvence letů během denní doby a i to, jak aktivitu ovlivňuje teplota vzduchu. Data o morfologických vlastnostech jsem analyzovala i u samic tohoto druhu a na základě výsledků jsem zkoumala pohlavní dimorfismus tohoto druhu.

Klíčová slova

Odonata – *Cordulegaster boltonii* – délka křídla – výška křídla – hmotnost – plocha křídel – průlety – teplota – pohlavní dimorfismus

Abstract

My study researches the individual male characteristics of *Cordulegaster boltonii* in relation to their epigamic behavior. The first part of this study analyzes the relations of the measured characteristics (length and height of the wing, wings area, body weight, age), in the second part I assess their possible effect on the epigamic behavior of males of *Cordulegaster boltonii*, specifically how they affect the intensity of searching for females. Males of this species perform distinctive scanning flights over a stream to find an ovipositing female to mate with her. I used individually marked males to quantify their performance which can be interpreted as reproductive success because more active males are more likely to meet and mate females. My work includes 3 methods of evaluating activity. The first is based on the actual number of flights, the second on the average daily order of the males (based on the number of flights in days when the males have been seen). The third method combines the average daily order with number of days when the males could be seen. In the second part of the study I evaluate the effect of the above-mentioned individual characteristics on the flight activity of males. The outcome of the GLM indicates that the only characteristic with significant effect is the age of the males. I have also evaluated the dependence of flight frequency on a daytime and on an air temperature. I analyzed the data of morphological characteristic for females, too, and I evaluate the extend of the sexual dimorphism within this species.

Key words

Odonata – *Cordulagaster boltonii* – length of wing – height of wing – weight – wing area – flights – air temperature – sexual dimorphism

OBSAH

1	ÚVOD	10
1.1	CÍLE	12
2	METODIKA	13
2.1	STUDOVANÝ DRUH	13
2.2	MÍSTO A DOBA VÝZKUMU	14
2.3	ODCHYT A POZOROVÁNÍ JEDINCŮ	16
2.4	MORFOLOGICKÉ VLASTNOSTI.....	17
2.5	EPIGAMNÍ CHOVÁNÍ – PRŮLETY.....	18
2.6	DENNÍ DOBA A TEPLOTA	19
2.7	SAMICE.....	20
3	VÝSLEDKY	21
3.1	MORFOLOGICKÉ ZNAKY JEDINCŮ	21
3.1.1	<i>Délka křídla</i>	21
3.1.2	<i>Výška křídla</i>	22
3.1.3	<i>Plocha křídel</i>	23
3.1.4	<i>Hmotnost</i>	25
3.2	PRŮLETY	27
3.3	DENNÍ DOBA A TEPLOTA	30
3.4	SAMICE.....	32
3.4.1	<i>Pohlavní dimorfismus</i>	37
4	DISKUZE	40
4.1	SAMCI	40
4.2	DENNÍ DOBA A TEPLOTA	44
4.3	SAMICE.....	45
5	ZÁVĚR	46
	LITERATURA	47
	PŘÍLOHA	51

Seznam obrázků

Obrázek 1 - <i>Cordulegaster boltonii</i> (Autor fotografie: Martin Černý)	13
Obrázek 2 - schematická mapa rozšíření <i>Cordulegaster boltonii</i> v ČR (Dolný et al., 2016) ..	14
Obrázek 3 - Označení místa odchyty a pozorování. Souřadnice této lokality: 49.0659514 N, 15.2010428E. Zdroj obrázku: mapy.cz	15
Obrázek 4 - Způsob měření DK a VK (DK – oranžová, VK – červená); Zdroj obr.: Dolný et al. (2016)	16
Obrázek 5 - Vážení.....	17
Obrázek 6 - Histogramy délky křídel v jednotlivých letech	21
Obrázek 7 - Souhrnný histogram délky křídel	21
Obrázek 8 - Meziroční rozdíly v délce křídel.....	22
Obrázek 9 - Souhrnný histogram výšky křídel samců	22
Obrázek 10 - Korelace mezi DK a VK	23
Obrázek 11 - Vztah mezi poměrem (VK/DK) a DK.....	23
Obrázek 12 - Závislost DK na PK nekorigovaná	24
Obrázek 13 - Závislost DK a PK; rozdíl mezi nekorigovanou hodnotou (červeně) a korigovanou (modře) hodnotou pro celkovou plochu 4 křídel	25
Obrázek 14 - Meziroční rozdíly v ploše křídel.....	25
Obrázek 15 - Souhrnný histogram hmotnosti samců	26
Obrázek 16 - Meziroční rozdíly v hmotnosti	26
Obrázek 17 - Korelace mezi H a DK	27
Obrázek 18 - Korelace mezi H a PK	27
Obrázek 19 - Vliv věku na průměrné pořadí jedinců	29
Obrázek 20 - Vztah pořadí určeného třetím způsobem s morfologickými vlastnostmi resp. A - DK, B - VK, C - Poměr, D - PK, E - H, F - věk.....	30
Obrázek 21 - Množství průletů v čase pro rok 2015 (červená) a rok 2016 (modrá); průměrné množství průletů (zelená).....	31
Obrázek 22 - Lineární regrese pro množství průletů a denní dobu	31
Obrázek 23 - Reálný vztah mezi množstvím průletů a denní dobou	32
Obrázek 24 - Závislost mezi množstvím průletů a teplotou.....	32
Obrázek 25 - Souhrnný histogram délky křídel samic	33
Obrázek 26 - Souhrnný histogram výšky křídel samic	33
Obrázek 27 - Vztah délky a výšky křídel u samic.....	34

Obrázek 28 - Nekorigovaná závislost DK na PK u samic	34
Obrázek 29 - Vztah mezi poměrem (VK/DK) a DK.....	35
Obrázek 30 - Závislost DK a PK u samic; rozdíl mezi nekorigovanou hodnotou (červeně) a korigovanou (modře) hodnotou pro celkovou plochu 4 křídel	35
Obrázek 31 - Souhrnný histogram plochy křídel samic	36
Obrázek 32 - Souhrnný histogram výšky křídel samic	36
Obrázek 33 - Vztah délky křídel a hmotnosti u samic	37
Obrázek 34 - Vztah hmotnosti a plochy křídel.....	37
Obrázek 35 - Pohlavní dimorfismus v délce křídel.....	38
Obrázek 36 - Pohlavní dimorfismus ve výšce křídel	38
Obrázek 37 - Pohlavní dimorfismus v ploše křídel.....	39
Obrázek 38 - Pohlavní dimorfismus v hmotnosti.....	39

Seznam zkratk

- DK – délka křídel
- H – hmotnost
- p – pravděpodobnost
- PK – plocha křídel
- PP – počet přeletů
- R – korelační koeficient
- s – směrodatná odchylka
- V – variační koeficient
- VK – výška křídel

1 Úvod

Řád Odonata se stal v poslední době součástí velkého množství výzkumů. Není to nic zvláštního, vezmeme-li v potaz jejich funkci bioindikátorů a jejich roli predátorů v sladkovodních systémech. Není proto divu, že se zástupci tohoto řádu stávají modelovými organismy, jak v ekologických, tak i v evolučních výzkumech (Córdoba-Aguilar, 2008)

Tato práce se zabývá ale pouze jedním zástupcem, a to páskovcem kroužkovaným (*Cordulegaster boltonii*) a jeho epigamním chování a morfologickými vlastnostmi. Samci tohoto druhu provádí skenovací lety nad potokem, při kterých hledají samice, které sem přilétají klást vajíčka (Kaiser, 1982; Waldhauser & Černý, 2014). To spolu s jejich velikostí bylo důvodem, proč jsem si je vybrala jako studovaný druh.

Jedním z nejdůležitějších a nejvýraznějších znaků vážek je velikost, v některých studiích zkoumaná jako délka křídel, v jiných délka těla, nebo kombinace. Tyto parametry byly využity v mnoha studiích zabývajících se vážkami, proto mě zajímal vliv délky pravého zadního křídla na aktivitu samců *Cordulegaster boltonii*. Můj prvotní předpoklad spočíval v myšlence, že samci s delšími křídly budou zvýhodněni v letu a tím pádem provedou více průletů nad potokem, při kterých budou mít větší šanci potkat samici, tedy budou mít teoreticky větší reprodukční úspěšnost. Z dosavadních poznatků o vážkách mohou mít větší reprodukční úspěšnost nejen větší samci (Koenig & Albano, 1985), ale naopak samci menších velikostí (Carchini et al., 2000; De Block & Stoks, 2007). U šídlatky *Lestes sponsa* byli zvýhodněni samci středních velikostí (Stoks, 2000).

Tento trend může být zkomplikován faktem, že velikost se může měnit během sezóny. To bylo pozorováno u mnoha druhů – motýlice *Hetaerina americana* (Raihani et al., 2008), motýlice *Coenagrion puella* (Lowe et al., 2009), vážky *Libellula pulchella* (Marden et al., 1999) a mnoha dalších (Tsubaki & Ono, 1987; Plaistow & Siva-jothy, 1999; Alves-Martis et al., 2012). Změna velikosti vlivem sezóny ale není pravidlem např. u motýlice *Calopteryx virgo* nebyl tento trend prokázán (Rantala et al., 2001). Změny během sezóny ale ve své práci nebrala v potaz, jelikož pozorovací období nebylo dlouhé, více mě zajímaly meziroční rozdíly.

Dalším parametrem, který jsem se rozhodla u *Cordulegaster boltonii* zkoumat, byla hmotnost, a to z obdobného důvodu jako délka křídla. Moje prvotní teorie tvrdila, že lehčí samci jsou handicapovaní, protože mají méně svalové hmoty, a proto jsou méně aktivní

(zaznamenají méně průletů). Hmotnost těla je, na rozdíl od velikosti (délky křídel), málo prozkoumaná a využívaná veličina. Zdůvodňováno je to tím, že se jedná o dosti proměnou veličinu. Ve většině studií nebyl nalezen vliv hmotnosti na reprodukční úspěšnost samců (Anholt, 1997). Hmotnost se může měnit z velkého množství důvodů. Těmi mohou být parazité (Oni-Orisan et al., 2006) anebo věk (Matsubara et al., 2005; Marden & Rowan, 2000). Změna hmotnosti může nastat i během sezóny (Koenig & Albano, 1987).

Existují další faktory, které ovlivňují reprodukční úspěšnost vážek. Jedním z nich je počasí, resp. teplota. Tento fenomén byl prokázán např. u samců *Nannophya pygmea* (Tsubaki & Ono, 1987), *Coenagrion puella* (Sherratt et al., 2010), nebo např. u samců *Coenagrion mercuriale* (Purse & Thompson, 2005). Tento parametr byl také součástí mého zájmu. Nepředpokládala jsem ale individuální rozdíly v reakci na teplotu.

Dále mě zajímalo, jak výrazný je rozdíl morfologických parametrů mezi pohlavími, tedy velikostní pohlavní dimorfismus. To, že samci *Cordulegaster boltonii* jsou menší než samice, je obecně známý fakt (např. Waldhauser & Černý, 2014) a odpovídá dosavadním poznatkům, že neteritoriální druhy mají větší samice než samce. To potvrzují data ze studie z roku 2010, která porovnávala velikostním pohlavním dimorfismu u 10 druhů vážek. U sedmi z nich byli signifikantní rozdíly mezi pohlavími. Výsledky práce ukázaly, že druhy, u nichž jsou samci teritoriální, mají samce větší než samice. Naopak pohlavní dimorfismus, kdy samice jsou větší než samci, je typický pro neteritoriální druhy (Wong-Muñoz et al., 2010). Tento trend byl potvrzen i v dalších studiích, např. u teritoriálního druhu *Hataerina americana* (Grether, 1996) a neteritoriálního druhu *Lestes disjunctus* (Anholt, 1997).

Toto pravidlo ale neplatí obecně. I v teritoriálních systémech se může vyskytovat pohlavní dimorfismus, kdy samice jsou větší než samci. Mezi ně patří např. *Anax imperator* a *Onychogomphus uncatatus*. Mohou se vyskytovat rozdíly v dimorfismu mezi larválním a dospělým stádiem (Serrano-Meneses, Azpilicueta-Amorín et al., 2007).

Moje práce přispívá ke studiu závislosti morfologických veličin a dalších parametrů na epigamní chování samců *Cordulegaster boltonii* a může svými výsledky sloužit jako jeden z podkladů vysvětlující behaviorální ekologii vážek.

1.1 Cíle

Hlavním cílem práce bylo zhodnotit možný vztah mezi individuálními charakteristikami samců páskovců a jejich epigamním chováním,

Výše uvedený cíl zahrnuje následující body:

- Shromáždit a vyhodnotit data o morfologických vlastnostech samců. Prozkoumat souvislosti mezi délkou křídel, výškou křídel, plochou křídel a hmotností jedinců. Určit rozmezí hodnot morfologických vlastností samců včetně jejich průměrů.
- Na základě množství průletů ohodnotit jednotlivé samce dle jejich aktivity a tu porovnat s jejich vlastnostmi.

Další dílčí cíle pak zahrnují:

- Určit souvislost mezi množstvím průletů (aktivitou samců), denní dobou a teplotou prostředí
- Shromáždit a vyhodnotit data o morfologických vlastnostech samic
- Porovnat morfologická data samců a samic a vyhodnotit pohlavní dimorfismus.

2 Metodika

Následující kapitola se zabývá metodikou této práce. Představuje studovaný druh, určuje dobu a místo výzkumu, postup při odchytu a sběru morfologických dat. Popisuje postup pro výpočet plochy křídel a určování úspěšnosti samců.

2.1 Studovaný druh

Cordulegaster boltonii (Donovan, 1807), česky páskovec kroužkovaný, patří mezi Anisoptera, do čeledi Cordulegastridae. Zástupce rodu *Cordulegaster* běžně najdeme poblíž potoků s písčitým až bahnitým dnem. Jejich typickým prostředím jsou lesní a luční habitaty (Corbet, 1999).

Cordulegaster boltonii má černé zbarvení se žlutými pruhy, jejich zelené oči se stýkají v jednom bodě (Obr. 1). Toto zbarvení mají obě pohlaví, samice je však o něco větší než samec, který měří přibližně 70-80 mm. Samice má na rozdíl od samce nápadně černé ovipoziční ústrojí (Pelt, 2006; Dolný et al., 2016).

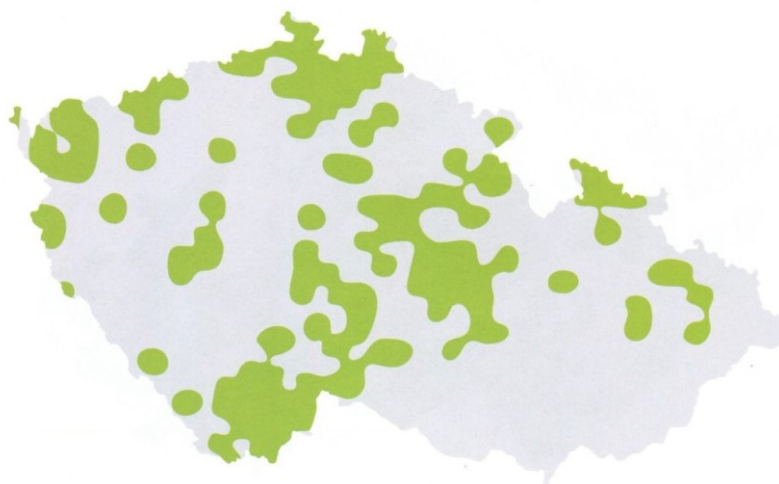


Obrázek 1 - *Cordulegaster boltonii* (Autor fotografie: Martin Černý)

Samci provádějí hlídkovací lety, při kterých hledají samice (Kaiser, 1982). Tyto lety jsou prováděny nízko nad vodní hladinou, a to méně než 50 cm. Samci se chovají často agresivně, nehlídají ale žádné konkrétní území. Kopulace probíhá v bezprostřední blízkosti vody, kam se ale samice bez doprovodu samce vrací, aby do sedimentu nakladla pomocí kladélka bodavým pohybem vajíčka (Merrit, Moore & Eversham, 1996).

Dravé larvy se nachází částečně zahrabané ve dně potoka, kde čekají na kořist. V larválním stádiu může vážka pobývat až pět let. Poté larvy vylézají nad vodní hladinu do výšky přibližně 1 metru nejčastěji na bylinnou nebo křovinou vegetaci, kde také nalézáme svlečky (Waldhauser & Černý, 2014).

V České republice se vyskytují tři druhy čeledi Cordulegastridae a to *Cordulegaster heros* (páskovec velký), který se vyskytuje pouze v oblasti Chřiby, *Cordulegaster bidentata* (páskovec dvojzubý) vyskytující se hlavně v lesech karpatské části ČR a *Cordulegaster boltonii* (páskovec kroužkovaný), který je u nás nejrozšířenější, vyskytuje se na většině území ČR, hlavně v hercynské části. Jeho výskyt v oblasti Karpat je nejistý (Obr. 2). Všechny druhy nalezneme ve stádiu dospělce přibližně od půlky června do půlky srpna (Waldhauser & Černý, 2014). Rozšíření tohoto druhu, velikost, a hlavně způsob života (skenovací lety nad potokem, kde se dají jedinci snadno odchytit a následně pozorovat) byly důvodem, proč jsem si *Cordulegaster boltonii* vybrala jako zkoumaný druh.

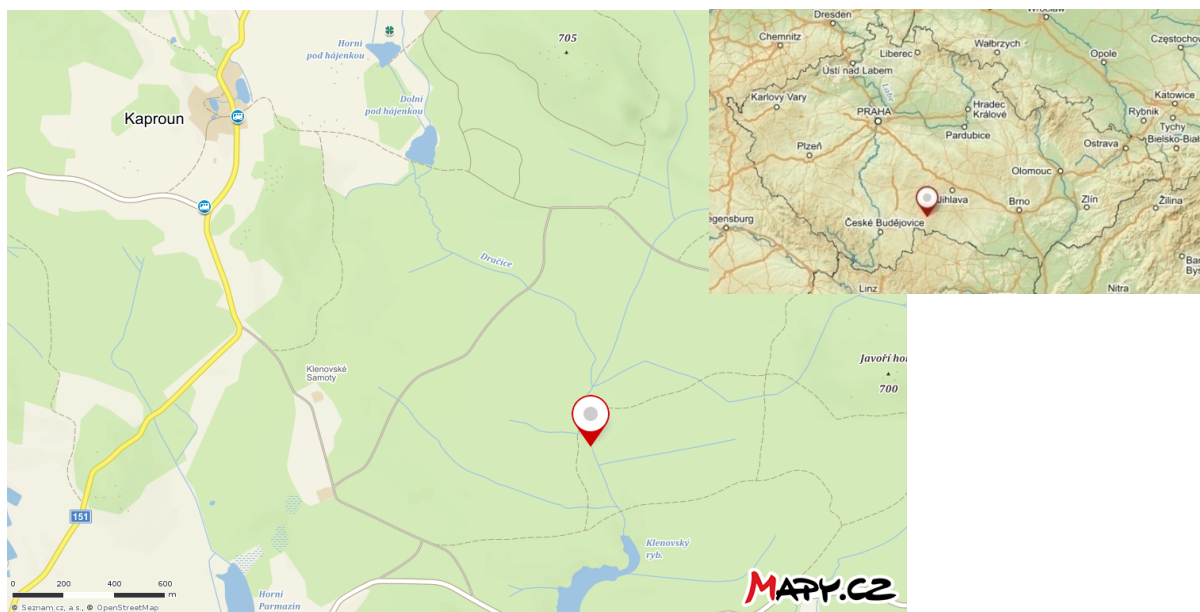


Obrázek 2 - schematická mapa rozšíření *Cordulegaster boltonii* v ČR (Dolný et al., 2016)

2.2 Místo a doba výzkumu

Sběr dat byl prováděn ve dvou letech – v roce 2015 se uskutečnil od 2. do 20. července, v roce 2016 začal sběr 29. června a byl ukončen 19. července. V obou případech se jednalo o stejnou lokalitu, a to o řeku Dračici v blízkosti obce Kaproun, tj. část obce Kunžak v Jihočeském kraji v České republice (Obr. 3).

Během výzkumu v roce 2015 bylo odchyceno 148 samců a 8 samic. Třicet jedna samců bylo viděno opakovaně. Následující rok bylo odchyceno 81 samců, z nichž 25 bylo viděno opakovaně, a 7 samic.

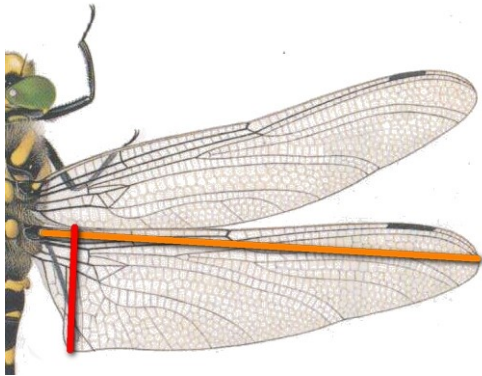


Obrázek 3 - Označení místa odchyty a pozorování. Souřadnice této lokality: 49.0659514 N, 15.2010428E. Zdroj obrázku: mapy.cz

Tato data byla doplněna o informace z roku 2012 (18. - 24. 7.) ze stejné lokality, která ale nejsou kompletní, neobsahují informace o výšce křídla a data o hmotnosti jedinců jsou neúplná. Odchyceno bylo 68 samců a 1 samice. Podobně je tomu i u dat z roku 2013, která nejsou shromážděna v rozmezí určitého časového úseku, ale nesouvisle ve dnech 10.7., 23.7., 29.7., 1.8., 7.8., 12.8., 22.8. Data byla na rozdíl od ostatních získána v Lužických horách na lokalitě Hamerský potok, v místě jižně od vodní nádrže Naděje (souřadnice: 50.8221189 N, 14.6506219E). Zaznamenáno bylo 246 samců a 4 samice. Tato data zvyšují množství dat o délce křídla u jedinců *Cordulegaster boltonii*.

2.3 Odchyt a pozorování jedinců

V prvních dnech byl prováděn odchyt a označení jedinců. Jedinci *Cordulegaster boltonii* byli odchyceni pomocí entomologické sítě, do protokolu byl zaznamenán datum a čas odchyty, směr letu jedince v době odchyty a pohlaví jedince. Pomocí plastového měřítka byla zjištěna délka a výška pravého zadního křídla (pokud bylo pravé křídlo poškozeno, bylo změřeno levé zadní křídlo). Tyto veličiny byly měřeny na 0,5 mm stupnici. Data byla zaznamenána do protokolu (Obr. 4).



Obrázek 4 - Způsob měření DK a VK (DK – oranžová, VK – červená); Zdroj obr.: Dolný et al. (2016)

Každý jedinec byl před označením také zvážen na vahách značky T-Scale, model NHB-150+, zaznamenávající váhu od 0,001 g (Obr. 5). Tento údaj byl také zaznamenán do protokolu. Kromě těchto údajů se do protokolu zaznamenala také barva occipitálního trianglu (která nebyla dále v mé práci využívána) a opotřebení křídel, ze kterého jsme odvozovali relativní věk jedinců. Opotřebení křídel bylo hodnoceno na škále 0 až 3, přičemž 0 byla přiřazena samci, který byl viditelně čerstvě vylíhlý, tj. se zcela novými křídly. Skóre 1 měla křídla s lehce matnými špičkami, skóre 2 měla křídla s výraznějším zmatněním a zřetelně zašpiněnými špičkami. Skóre 3 označovalo samce s výrazně poškozenými či opotřebenými křídly (např. poškození membrán, otřepení).



Obrázek 5 - Vážení

Každému jedinci byl přidělen jedinečný kód, který byl napsán jak do protokolu, tak na křídlo. Pro další vizuální rozeznání (bez odchyty) byl každému jedinci přidělen odlišný barevný vzor, který byl na křídla vyznačen pomocí lakových popisovačů. Poté byl jedinec znovu vypuštěn.

Po několika dnech značení a měření populace páskovců následovalo pozorování chování těchto jedinců. Na rovném (přehledném) a dle našich pozorování pro páskovce atraktivním místě byly pozorovány jejich průlety. Čas a směr letu byly zaznamenávány. V roce 2015 byly průlety sledovány ve dnech 11. až 18. července, přičemž 13. a 14. července bylo pozorování přerušeno z důvodu nepříznivého počasí. V roce 2016 probíhalo pozorování od 7. do 19. července, kromě 14. až 16. července. V posledních dnech výzkumu v roce 2015 byli jedinci znovu odchyťováni a byla přeměřena jejich hmotnost.

2.4 Morfologické vlastnosti

Nasbíraná data o délce křídel, výšce křídel a hmotnosti byla vyhodnocena pomocí programů Microsoft Office Excel a Statistica 13.3. Krom popisných statistických parametrů jsem zjišťovala, zda a jak jsou znaky spolu korelovány. Zároveň jsem pomocí analýzy variance testovala, zda existují meziroční rozdíly.

Z přímo měřených údajů (délka a výška křídel) byl vypočten další parametr, který jsem považovala za podstatný, a to plocha křídel. Jelikož plocha křídel nemá jednoduchý geometrický tvar, k výpočtu plochy jsem použila sken křídel z určovacích příruček (pro samce z Dijkstra & Lewington (2006), pro samice z Dolný et al. (2016)). Plocha byla zjištěna pomocí programu na analýzu obrazu ImageJ. Jelikož jsem v terénu měřila pouze parametry

pravého zadního křídla, pro další výpočty jsem předpokládala symetrii levé a pravé strany i izometrický vztah mezi velikostí zadních a předních křídel.

Pro samce musel být tvar transformován, jelikož se lišil poměr výšky a délky křídel mezi oskenovaným obrázkem a daty z odchyty. K tomu byl použit program Adobe Illustrator CS5. Ten byl použit také k vytvoření osmi obrázků velikostně škálovaných po délkových 2 % tak, aby pokryly interval v délce křídel z reálných dat. U samic byl první krok vynechán, jelikož se poměr na obrázku shodoval s námi naměřenými daty. V programu Adobe Illustrator CS5 bylo použito velikostní škálování po 1 %. Z plochy zjištěné pomocí ImageJ pro různé velikosti křídel (respektive délky zadního křídla) jsem pak zkonstruovala rovnici pro výpočet plochy všech křídel z délky zadního křídla, zvlášť pro samce a zvlášť pro samice.

Vzhledem k tomu, že se dle mých výsledků u samců mění poměr výšky a délky křídla s délkou křídla, korigovala jsem na změnu tohoto poměru i výpočet plochy. Tato úprava je více popsána v kapitole Výsledky.

2.5 Epigamní chování – průlety

Hodnocení průletů a vliv morfologických znaků na aktivitu jedince bylo jedním z hlavních bodů této diplomové práce. S tímto jevem byl spojen předpoklad, že aktivnější samci provedou více skenovacích letů a tím mají větší pravděpodobnost, že potkají samici a dojde ke kopulaci. Hodnocení aktivity samce bylo posuzováno více způsoby.

První z nich byl založen na přímém pozorování, tedy kolikrát jsme v dané lokalitě samce opětovně viděli – **celkový počet průletů**. Tato charakteristika sice nezohledňuje různý počet dnů, ve kterých byli jednotliví samci pozorováni, ale dobře vystihuje jejich dlouhodobou aktivitu na sledované lokalitě, i přes občasný vliv nepříznivého počasí (u kterého předpokládáme srovnatelný efekt na všechny samce). Zároveň (na rozdíl od dalších dvou způsobů) není závislá na aktivitě ostatních samců.

Druhý způsob byl na základě **průměrného pořadí samců**. Podle množství průletů v jednotlivé dny jsem určila pořadí jedinců, tzn. jedinec s největším množstvím průletů byl označen 1, druhý v pořadí 2, atd. Pokud se vyskytli jedinci se stejným množstvím průletů v daný den, byli označeni stejným číslem a následující jedinec byl označen číslem odpovídajícím jeho pořadí vzhledem k počtu jedinců před ním, tzn., pokud třetí a čtvrtý jedinec mají stejné množství průletů během dne, budou oba označeni v rámci pořadí číslem 3, následující jedinec bude označen číslem 5. Z jednotlivých denních údajů jsem získala

průměrnou hodnotu pořadí pro každého samce, který byl opakovaně viděn. Samci s nejnižší číselnou hodnotou byli považováni v tomto porovnání za nejúspěšnější. Průměrné pořadí bylo počítáno pouze ze dnů, kdy byl samec pozorován.

Třetí způsob (**pořadí x den**) též hodnotí pořadí, ale uvažují v něm i dny, kdy samec mohl být viděn (a případně nebyl), tedy počet pozorovacích dní po odchytu. Pokud byl jedinec odchycen do 12:45 hod. daný den se dále počítal jako den, kdy mohl být znovu viděn. Z těchto dat jsem pro další porovnávání vytvořila index, kterým jsem násobila průměrné pořadí. Index vznikl odečtením počtu dní, kolikrát byl jedinec viděn, od počtu dní, kolikrát mohl být daný jedinec viděn. K indexu byla následně přičtená 1, aby výsledek nemohl být nulový, pokud tedy byl jedinec viděn každý den, kdy mohl být viděn, jeho index je 1 a při vynásobení s průměrným denním pořadím se hodnota pořadí nemění. Tím pádem jedinci, kteří mají ve výsledku nejnižší číselnou hodnotu, jsou nejúspěšnější. Tento postup tedy zahrnuje jak úspěšnost v jednotlivé dny, tak úspěšnost v celém pozorovacím období. Jedince, kteří byli odchyceni na konci pozorovacího období a mohli být viděni pouze v 1 den, jsem z dalšího porovnání vynechala. Dle mého názoru by tito jedinci mohli výsledek zkreslit.

Závislost epigamní aktivity (třemi způsoby určení úspěšnosti, tedy na základě množství průletů, průměrném pořadí a spojením pořadí s dny) na individuálních charakteristikách samců (délka a výška křídel a jejich poměr, plocha křídel, hmotnost a staří jedince) byla hodnocena pomocí Obecného lineárního regresního modelu (GLM) v programu Statistica 13.3.

Výsledky byly doplněny o ilustrativní grafickou podobu, která vznikla na základě třetího způsobu vyhodnocení dat. Za úspěšné jedince byli považováni ti, kteří byli v první čtvrtině získaných dat a to zvláště pro rok 2015 a 2016. V obou letech se jednalo o prvních sedm jedinců. Data z obou let byla pro grafickou podobu sloučena.

2.6 Denní doba a teplota

Část této práce se zabývá také tím, jak se mění množství průletů během dne. Pro jednotlivé roky byla sestavena tabulka, ve které jsou zaznamenány průlety v intervalu půl hodiny a to od 9:30 do 16:00 hodin. Pozorovací doba nebyla v jednotlivé dny stejná, proto jsou zaznamenána jenom data, která byla shromážděna během kompletního časového úseku. Pokud byl průlet zaznamenán na rozhraní časového úseku, započítává se do dřívějšího intervalu. Pro jednotlivé časové úseky byly zjištěny průměrné hodnoty, které jsou vyneseny do grafů. Tato data byla doplněna o teplotu. Data o teplotě byla získána z meteorologické

stanice ČHMÚ v Počátkách (20 km od lokality ve srovnatelné nadmořské výšce). Vztah mezi množstvím průletů a teplotou byl vyhodnocen v programu Statistica 13.3.

2.7 Samice

Poslední část mé práce se zabývala samicemi. Ty byly odchyceny a měřeny stejným způsobem jako samci. Jejich počet byl ale znatelně menší, za 4 roky bylo zaznamenáno pouze 20 samic.

Data o délce křídel, výšce křídel a hmotnosti byla vyhodnocena a zjištěna závislost mezi nimi. Z dat o délce a výšce křídel byla zjištěna plocha křídel (viz výše).

Na základě získaných dat jsem pak hodnotila míru rozdílu mezi samci a samicemi (velikostní pohlavní dimorfismu) druhu *Cordulegaster boltonii*. Tyto výsledky byly graficky znázorněny pomocí boxplotů vytvořených v programu Statistica 13.3.

3 Výsledky

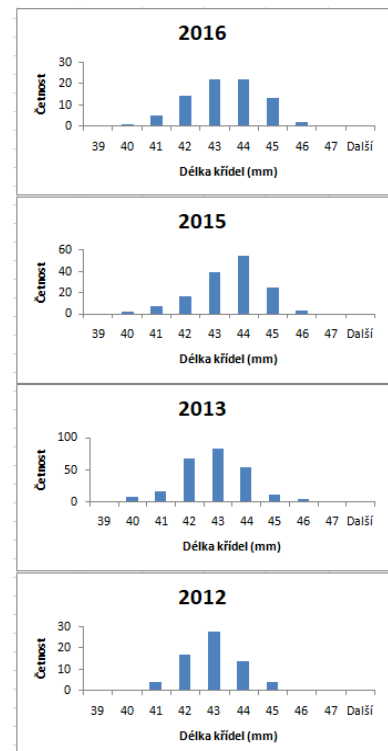
3.1 Morfologické znaky jedinců

Jak bylo řečeno v metodické části této práce, zajímala jsem se o morfologické znaky jedinců *Cordulegaster boltonii*. Jak už bylo uvedeno výše, poznatky o samicích budou uvedeny v poslední kapitole, proto zde, nebude-li uvedeno jinak, hovořím o vlastnostech samců. Zajímala jsem se o délku a výšku zadního křídla, plochu křídel a hmotnost jedinců.

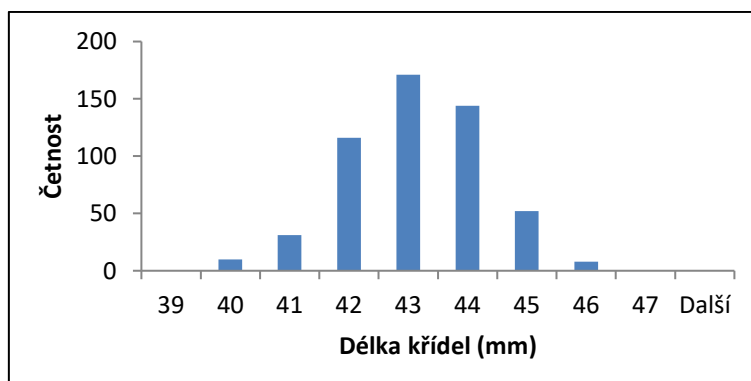
3.1.1 Délka křídla

V roce 2016 měl nejmenší samec křídla dlouhá 40 mm a nejdelší křídla u samce byla dlouhá 46 mm. Celková průměrná hodnota 79 datovaných samců v tomto roce byla 43,23 mm. V předchozím pozorovacím období, tedy v roce 2015, bylo 148 samců, kteří měli délku křídel v rozmezí od 40 mm do 46 mm. Průměrná délka křídla těchto jedinců byla 43,37 mm. Četnost zastoupení jednotlivých délek křídel v obou letech kopíruje Gaussovu křivku.

Data z jiné lokality z roku 2013 neukázala výraznější rozdíl v délce křídel. Všech 238 záznamů o délce křídel samců se vyskytovalo opět v rozmezí hodnot 40 až 46 mm, průměrná délka 42,74 mm. Další data o délce křídel 67 samců pochází z roku 2012, kdy průměrná délka byla 42,89 mm. Jedinci byli v rozmezí délek 40,5-45 mm (Obr. 6).



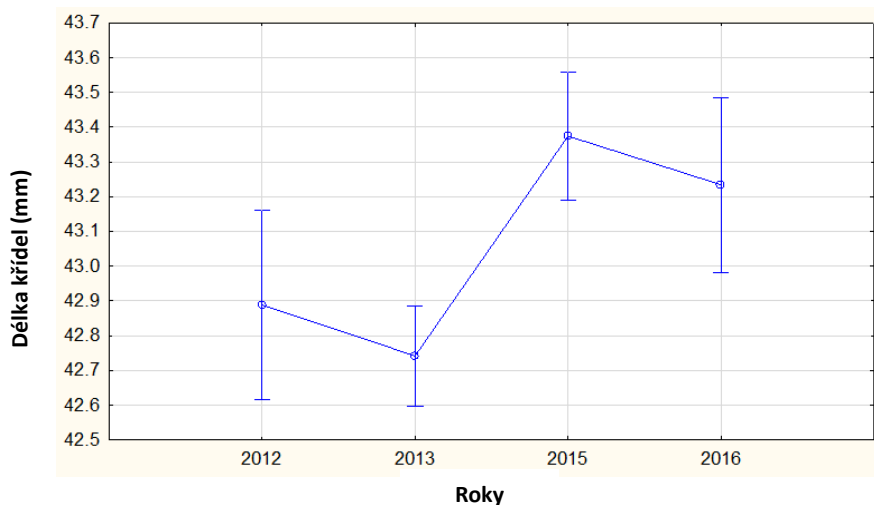
Obrázek 6 - Histogramy délky křídel v jednotlivých letech



Obrázek 7 - Souhrnný histogram délky křídel

Celkově bylo za 4 roky evidováno 543 samců druhu *Cordulegaster boltonii*, délka křídla byla změřena u 532 zástupců tohoto druhu. U všech těchto jedinců se délka křídel pohybovala v rozmezí 40 až 46 mm. Průměrná celková délka křídel samců tohoto druhu je 43,01mm ($s=1,167354$, $V=2,71$ %); (Obr. 7).

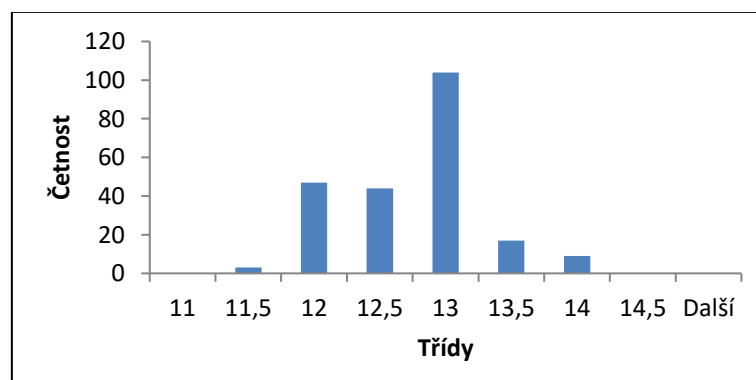
U délky křídel byly nalezeny signifikantní meziroční rozdíly (ANOVA, $p < 0,00001$); (Obr. 8). Nejvíce se lišil rok 2013 a to jak s rokem 2015 ($p < 0,000001$), tak s rokem 2016 ($p = 0,000913$). Signifikantní rozdíl byl nalezen také mezi lety 2012 a 2015 ($p = 0,003849$). Rozdíly mezi ostatními lety nebyly signifikantní.



Obrázek 8 - Meziroční rozdíly v délce křídel

3.1.2 Výška křídla

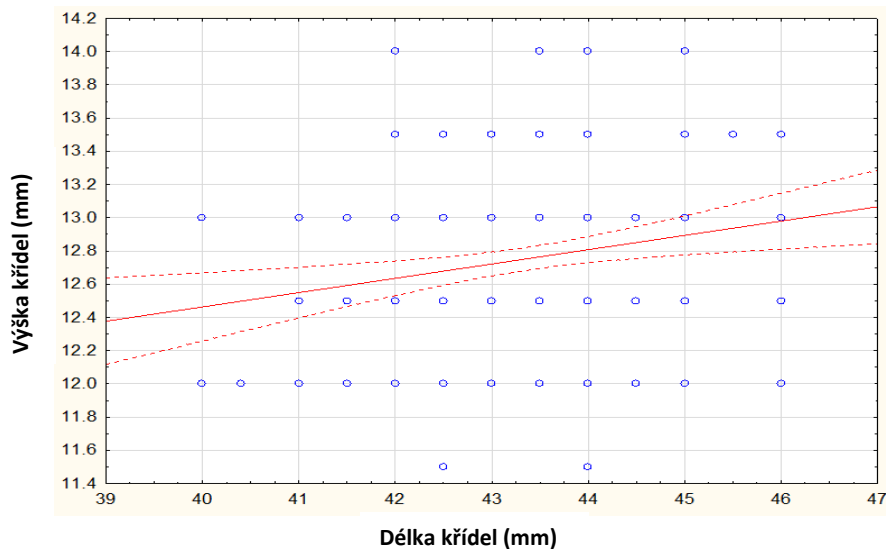
Výška křídla byla měřena pouze v letech 2015 a 2016. Celkový počet záznamů o délce křídel je 224. Výška křídel se pohybovala v rozmezí 11,5 až 14 mm. Průměrná výška křídla u samců *Cordulegaster boltonii* je 12,75 mm ($s=0,534522$, $V=4,19$ %); (Obr. 9).



Obrázek 9 - Souhrnný histogram výšky křídel samců

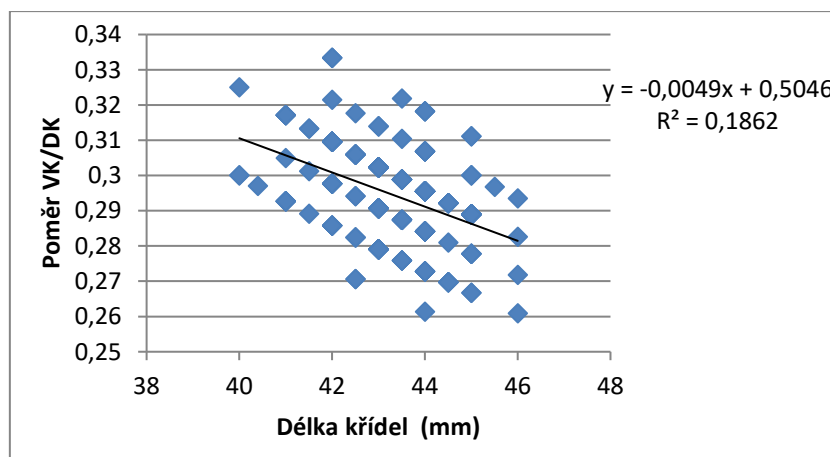
V roce 2015 byla zaznamenána většina dat o výšce křídla a to 145. Celková průměrná výška křídel byla 12,8 mm, o něco menší číslo jsme dostali o rok později - 12,65 mm. Tato hodnota je průměrem 79 samců.

Vztah mezi délkou křídla (DK) a výškou křídla (VK) zobrazuje následující graf (Obr. 10). Byla nalezena signifikantní pozitivní korelace mezi těmito veličinami – korelační koeficient $R = 0,1926$; $p = 0,004$, tj. s délkou křídla se zvětšuje i jeho výška.



Obrázek 10 - Korelace mezi DK a VK

Ale poměr DK a VK není vždy stejný. Jejich vztah totiž neroste izometricky, ale alometricky, tedy krátká křídla kompenzují svoji plochu větší šířkou (Obr. 11).



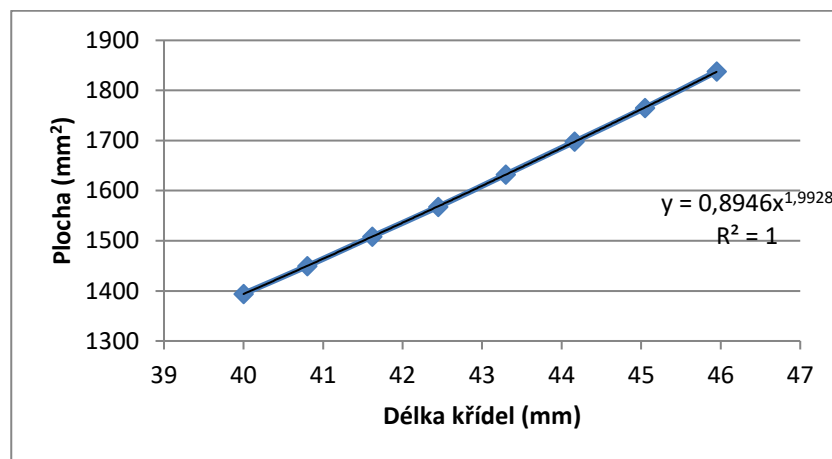
Obrázek 11 - Vztah mezi poměrem (VK/DK) a DK

3.1.3 Plocha křídel

Další důležitou veličinou byla plocha křídel. Ta nebyla získána bezprostředně po odchytu jedinců, ale výpočtem z délky a výšky křídel.

Jak už bylo uvedeno v metodice, tvar křídla jedince byl oskenován a následně pomocí programu ImageJ byla zjištěna plocha křídla. Z nasbíraných dat jsem získala poměr mezi délkou a výškou křídel 3,37 a porovнала ho s poměrem z naskenovaného obrázku, který se rovnal hodnotě 3,5. Pomocí Programu Adobe Illustrator CS5 byl tvar transformován do poměru ze získaných dat. Ve stejném programu bylo následně vytvořeno 8 obrázků na škále zvětšující délku o 2 % tak, aby pokryly reálné změny v délce křídel, které byly zjištěny při odchytu, tedy rozmezí 40 až 46 mm.

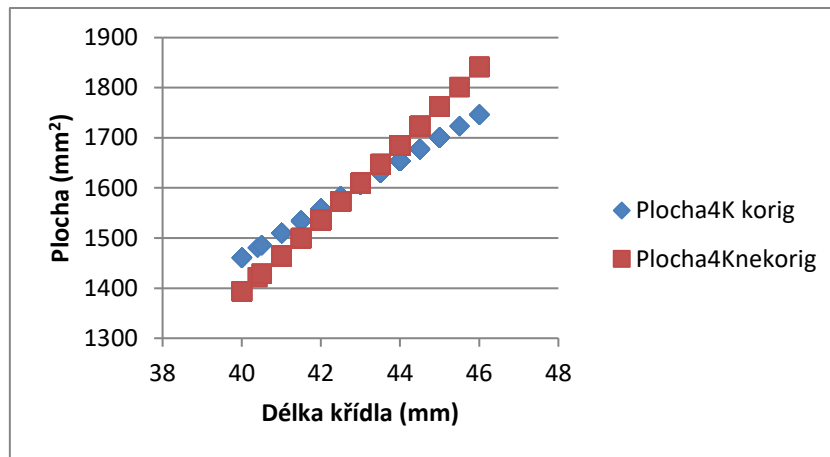
Následně jsem měla připravené, v již zmiňovaném programu ImageJ, osm ploch pro osm délek zadního křídla (které po 2 % navyšování délky byly v rozmezí 40 až 45,94 mm), které byly vynásobeny 2x pro získání plochy všech čtyř křídel, při poměru délky a výšky křídla 3,37 (Obr. 12).



Obrázek 12 - Závislost DK na PK nekorigovaná

Jak už bylo řečeno výše, poměr DK a VK roste alometricky (Obr. 11). Proto jsem musela modifikovat původní výpočet, aby zahrnul i tuto alometrii (Obr. 13). Vzorec pro výpočet plochy všech čtyř křídel po modifikaci vypadá následovně:

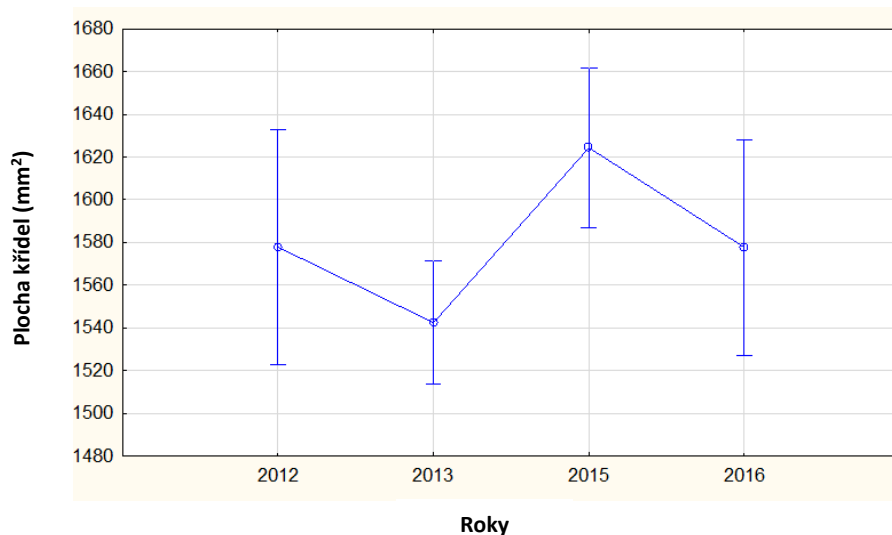
$$PK = (0.8946 * DK^{1,9928}) * [(-0,0049 * DK) + 0,5046] * 3,37$$



Obrázek 13 - Závislost DK a PK; rozdíl mezi nekorigovanou hodnotou (červeně) a korigovanou (modře) hodnotou pro celkovou plochu 4 křídel

Daný vzorec byl použit u 532 samců. Jedinec s nejmenší plochou křídel měl velikost 1461 mm^2 , jedinec s největší plochou křídel měl velikost $1746,3 \text{ mm}^2$. Průměrná hodnota pro samce byla 1607 mm^2 .

I u plochy křídel byly během 4 zkoumaných let nalezeny signifikantní meziroční rozdíly (ANOVA, $p = 0,009278$); (Obr. 14). Signifikantní rozdíl byl nalezen mezi lety 2013 a 2015 ($p = 0,000717$), mezi ostatními lety nebyly změny signifikantní.

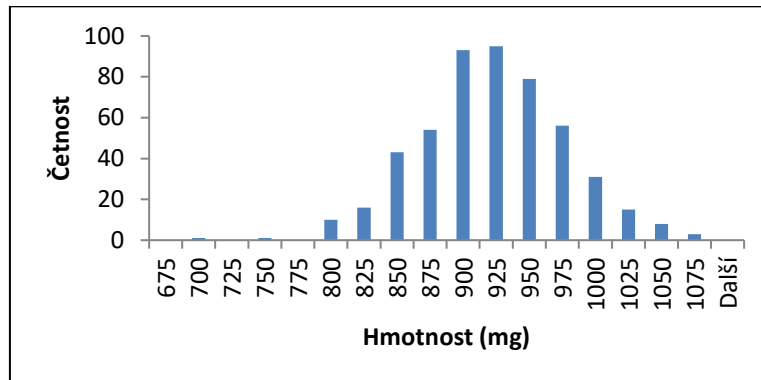


Obrázek 14 - Meziroční rozdíly v ploše křídel

3.1.4 Hmotnost

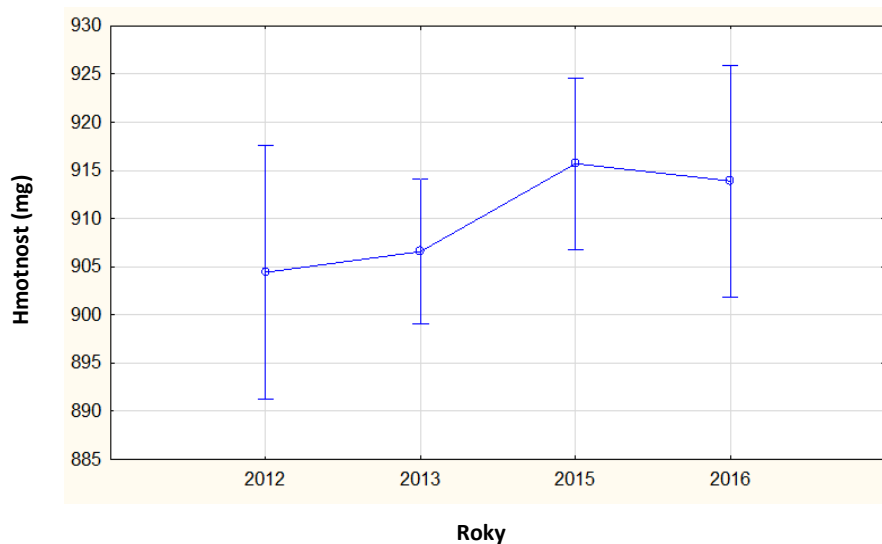
Hmotnost byla zaznamenána ve všech čtyřech zkoumaných letech, v roce 2013 však nejsou data kompletní (nejsou pro všechny odchycené samce). V roce 2016 bylo zaznamenáno celkem 81 záznamů o hmotnosti samců, u kterých byla zjištěna průměrná hmotnost $913,9 \text{ mg}$. Roku 2015 bylo zaznamenáno 148 záznamů o hmotnosti samců, jejich

průměrná hmotnost byla 915,71 mg. Nejvíce měření bylo zaznamenáno v roce 2013 a to 208, průměrná hodnota v tento rok byla 906,59 mg, o rok dříve bylo zaznamenáno 68 samců, jejich hmotnost byla o něco nižší – 904,43 mg.



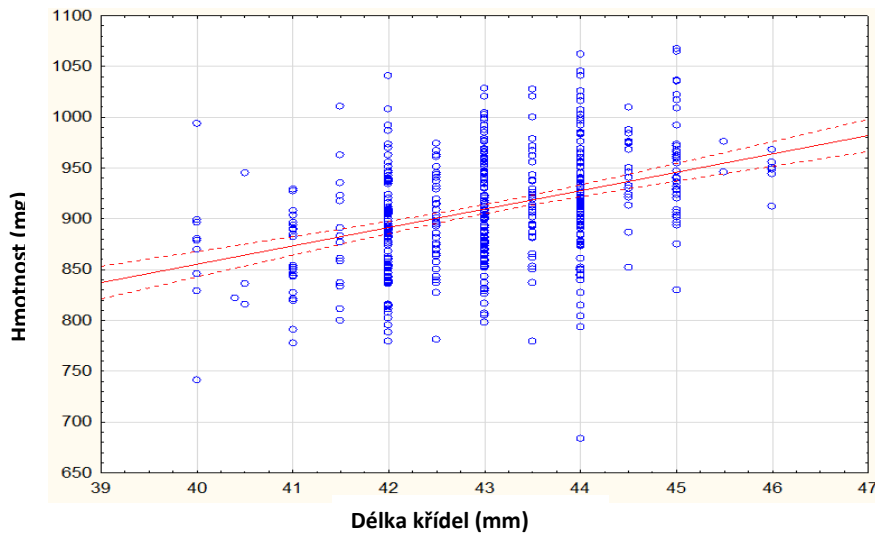
Obrázek 15 - Souhrnný histogram hmotnosti samců

Celkově tedy byla zjištěna průměrná hmotnost 910,14 mg ze součtu 505 samců ($s=55,08635$, $V=6,05$ %). Hodnoty hmotnosti byly v rozmezí 684 – 1067 mg, přičemž hodnoty pod 775 mg byly výjimečné (zaznamenáni pouze 2 jedinci). Největší zastoupení jedinců bylo v hodnotách 875 – 925 mg a to 188 jedinců (Obr. 15). Nebyly zjištěny signifikantní rozdíly v hmotnosti mezi jednotlivými roky (ANOVA, $p=0,32397$); (Obr. 16).



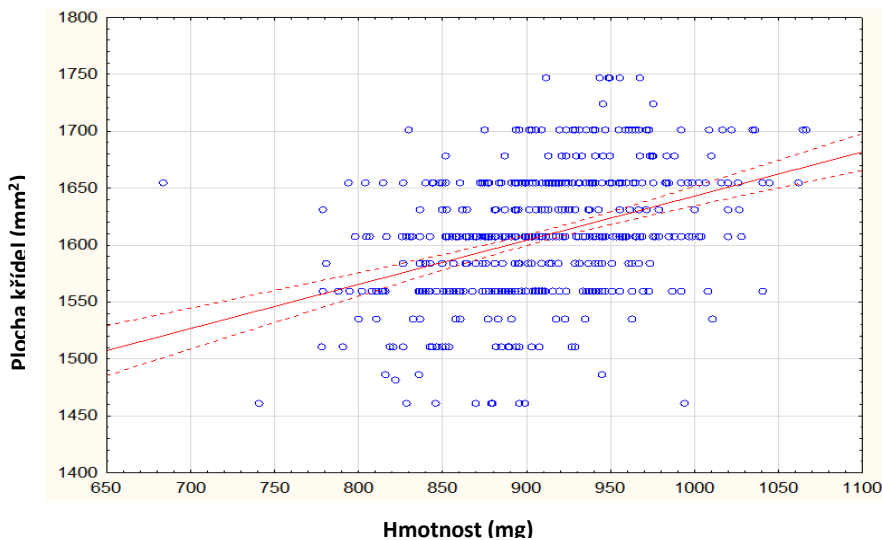
Obrázek 16 - Meziroční rozdíly v hmotnosti

Také u hmotnosti byl zkoumán její vztah k ostatním morfologickým veličinám. Byla nalezena korelace mezi hmotností a délkou křídel – $R = 0,3838$; $p < 0,001$ (Obr. 17).



Obrázek 17 - Korelace mezi H a DK

Byla dokázána korelace mezi hmotnostmi a plochou křídel – $R = 0,3837$; $p < 0,0001$. Tedy těžší samci mají větší plochu křídel (Obr. 18).



Obrázek 18 - Korelace mezi H a PK

Zjišťovala jsem také, jak se měnila hmotnost během sezóny v roce 2015. Opakovaně bylo odchyceno 17 samců (Příloha 1). Provedený párový t-test neprokázal signifikantní posun v hmotnosti během sezóny.

3.2 Průlety

Hlavním cílem práce bylo zjistit, zda morfologické charakteristiky samců ovlivňují jejich epigamní chování, v případě páskovce aktivitu ve vyhledávání samic. Tu jsme vyjádřili trojím způsobem, viz metodika (kap. 2.5).

První z nich byl na základě reálného množství průletů. Během roku 2015 bylo v šesti pozorovacích dnech viděno 31 samců z celkového počtu 148 jedinců. Záznamy s uvedením

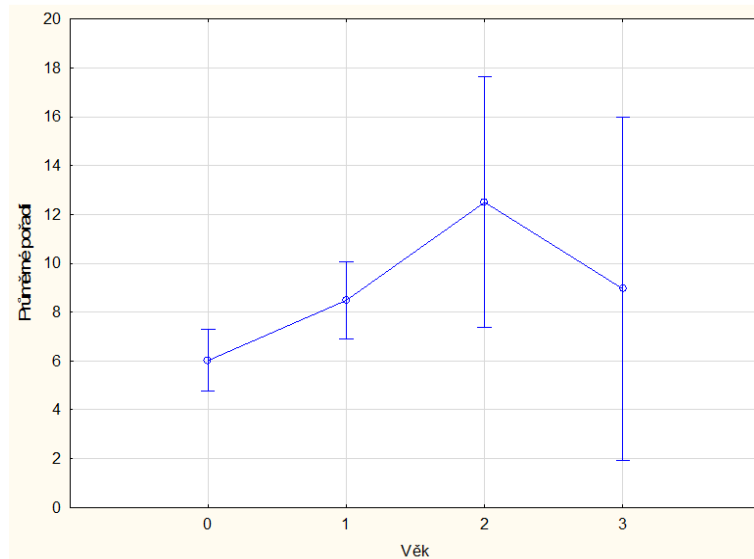
množstvím průletů v jednotlivé dny obsahuje Tab. A (Příloha 2). Z té lze vyčíst nejaktivnější jedince v jednotlivých dnech. Stejně výsledky byly zaznamenány i následující rok, kdy bylo během deseti dnů z celkového množství 81 jedinců 25 viděno znovu. Množství průletů v jednotlivé dny zobrazuje Tab. B (Příloha 2).

Druhý způsob se zakládal na průměrném pořadí samců. Ve třetím způsobu jsou spojeny dva parametry, dříve zmíněné pořadí doplněné o množství dní. Tato data zobrazuje příloha 3 (rok 2015 – Tab. C; rok 2016 – Tab. D).

Data byla vyhodnocena Obecným lineárním regresním modelem (GLM, Statistica 13), kdy byla jako nezávislá proměnná použita epigamní aktivita vyjádřena všemi třemi způsoby. Jako vysvětlující proměnné byly použity délka a výška křídla, jejich poměr, plocha všech křídel, hmotnost jedince a jeho stáří (dle opotřebením křídel).

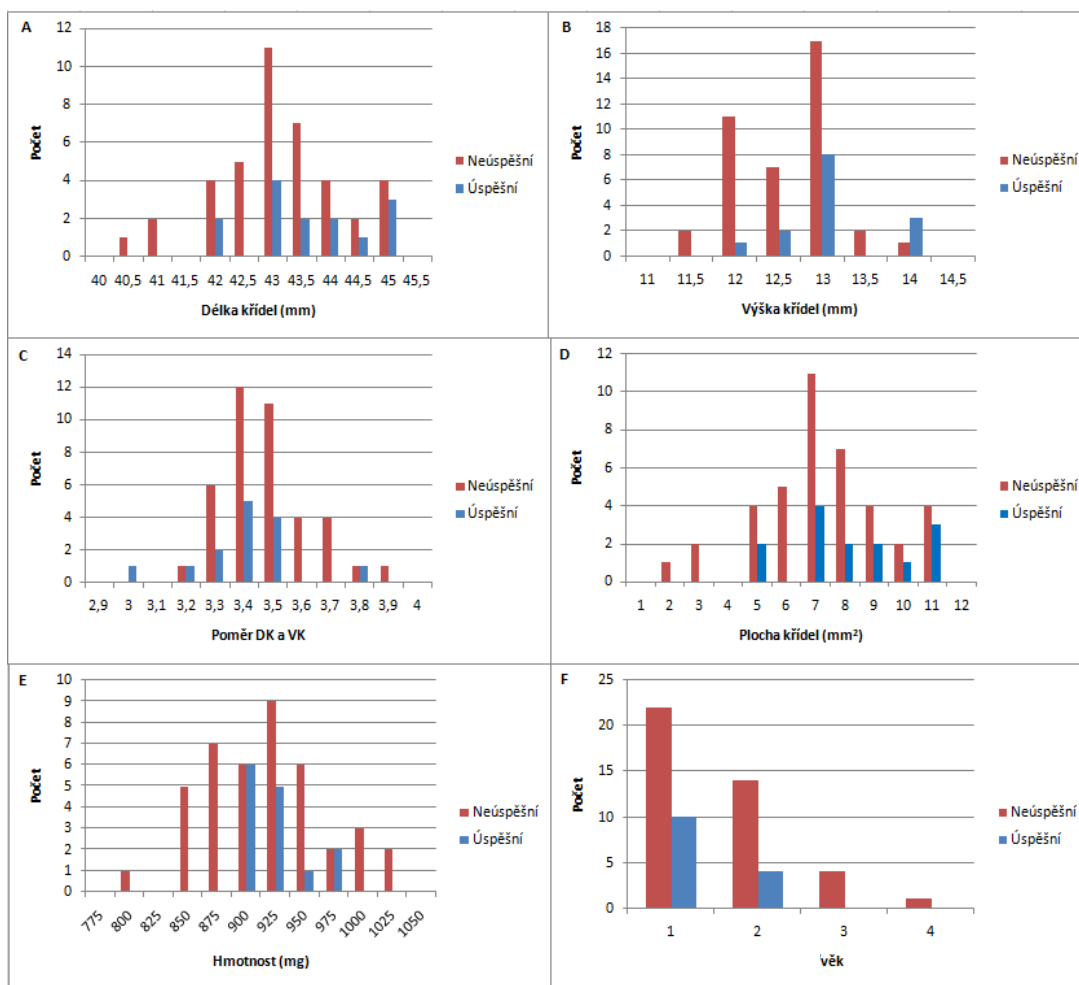
Obecný lineární model (GLM) nenašel žádnou závislost úspěšnosti s délkou křídel ($p = 0.492645$), s výškou křídel ($p = 0.272010$), s poměrem ($p = 0.279422$), s plochou křídel ($p = 0.609748$) ani s hmotností jedince ($p = 0.826760$). Závislost byla zjištěna s **věkem** ($p = 0.031443$).

Z post-hoc analýzy variance vyplývá, že signifikantní je efekt věku na pořadí samců, kdy s věkem samců klesá jejich úspěšnost. Tedy samci, u kterých bylo opotřebením křídel na úrovni 0, byli úspěšnější než samci s vyšším věkovým skóre. Výsledek pro nejvyšší věkové skóre (3) je zkreslený, neboť v datovém souboru se vyskytuje pouze jediný samec s tímto označením (Obr. 19).



Obrázek 19 - Vliv věku na průměrné pořadí jedinců

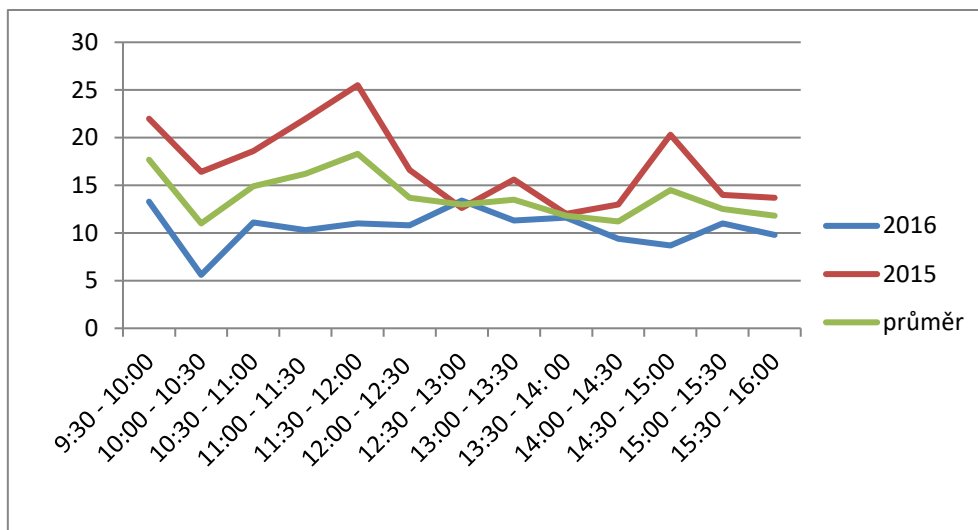
Kromě GLM jsem úspěšnost samců vyjádřila i graficky: Obrázek 20 zobrazuje všechny samce, kteří byli opakovaně viděni. Pořadí úspěšnosti je dáno třetí metodou, přičemž za úspěšné jedince bylo považováno prvních sedm z jednotlivých let (vždy prvních 25 %). Na první pohled nejsou viditelné rozdíly mezi úspěšnými a neúspěšnými jedinci.



Obrázek 20 - Vztah pořadí určeného třetím způsobem s morfologickými vlastnostmi resp. A - DK, B - VK, C - Poměr, D - PK, E - H, F - věk

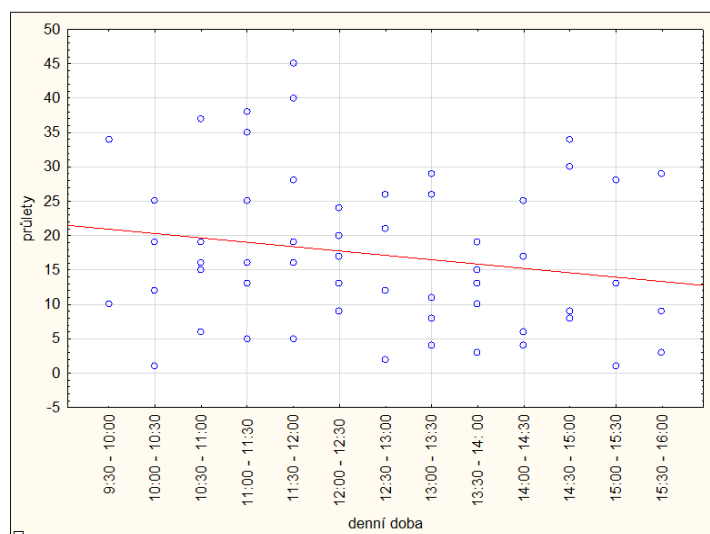
3.3 Denní doba a teplota

Na základě dat o průletech jedinců jsem zjišťovala průměrné množství průletů v čase, tj. kdy jsou samci během dne neaktivnější. Z dat z roku 2015 byla sestavena tabulka E v příloze 4. Stejná analýza byla provedena také v roce 2016, její výsledky jsou vyobrazeny v Tab. F v příloze 4. Souhrnné výsledky z obou let zobrazuje obrázek 21. Jsou z něj patrné rozdíly mezi lety. V roce 2015 bylo maximum průletů mezi 11:30 až 12:00 hodinami, kdežto o rok později mezi 12:30 a 13:00 hodinami.



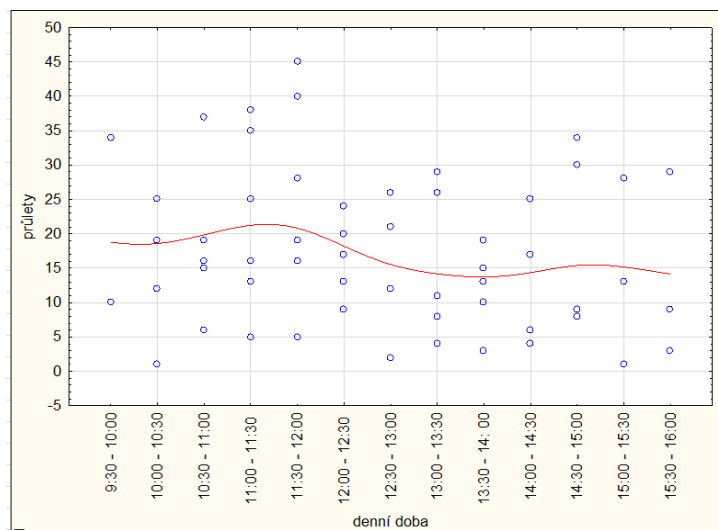
Obrázek 21 - Množství průletů v čase pro rok 2015 (červená) a rok 2016 (modrá); průměrné množství průletů (zelená)

Pomocí lineární regrese byl zkoumán vztah mezi množstvím průletů a denní dobou. Mezi těmito veličinami byl nalezen signifikantní trend ($p = 0,0373$), tedy že samci létají více v dopoledních než v odpoledních hodinách (Obr. 22).



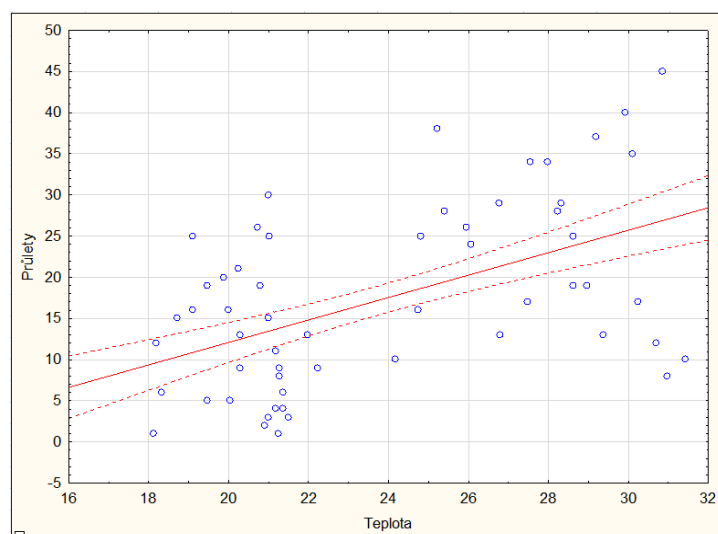
Obrázek 22 - Lineární regrese pro množství průletů a denní dobu

Denní aktivita je ale složitější, nejedná se čistě o lineární vztah. Reálný vztah nejlépe vystihuje křivka proložená metodou „vzdálenostně-vážených nejmenších čtverců“ (distance-weighted least squares v programu Statistica 13.3); (Obr. 22). Tato křivka ukazuje, že samci mají během dne 2 vrcholy aktivity, první před polednem a druhý v během odpoledne.



Obrázek 23 - Reálný vztah mezi množstvím průletů a denní dobou

Byla nalezena souvislost mezi průměrnými hodnotami v půlhodinových intervalech pro množství průletů a teplotu ($p < 000001$); (Obr. 24). Data o průměrných teplotách v půlhodinových intervalech zobrazuje Tab. G a H v příloze 5. Teplota je tedy vypovídající hodnotou pro množství průletů, a tedy celkově pro aktivitu samců.



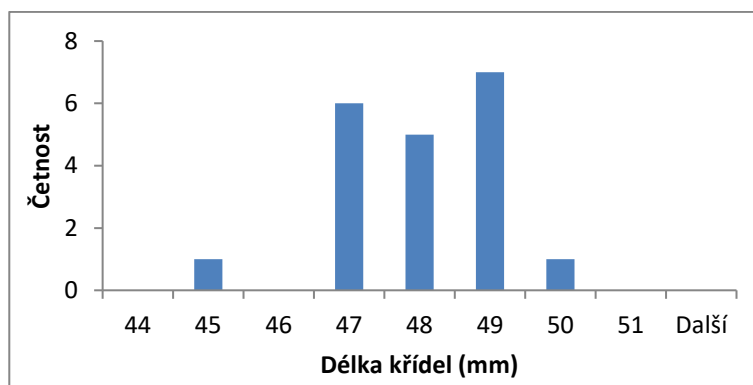
Obrázek 24 - Závislost mezi množstvím průletů a teplotou.

3.4 Samice

Dalším cílem mé diplomové práce bylo shromáždit a vyhodnotit data o morfologických vlastnostech samic. Tato data jsou důležitá pro získání informací o pohlavním dimorfismu.

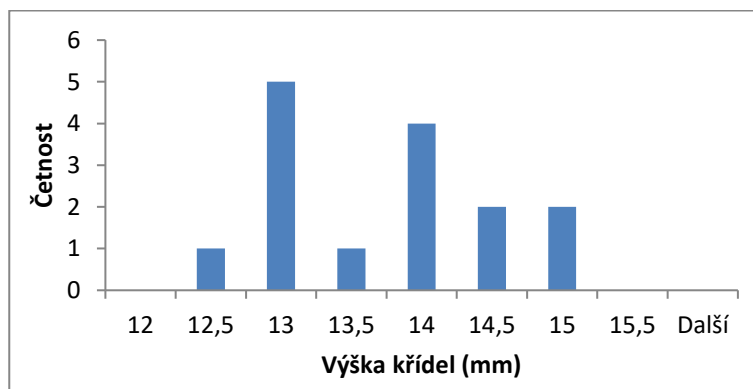
Jak už uvedly mnohé zdroje (Merrit, Moore & Eversham, 1996; Waldhauser & Černý, 2014) samice přilétají k potokům pouze z důvodu naklazení vajíček, kdežto samci v daném místě aktivně létají a vyhledávají je. To je také nejspíše důvodem, proč za 4 roky bylo odchyceno 543 samců, kdežto pouze 20 samic.

Ze získaných dat byla zjištěna **délka křídel** od 45 do 50 mm, přičemž průměrná hodnota odpovídá 47,93 mm. Na histogramu není patrná gaussova křivka, důvodem může být malé množství vstupních dat (Obr. 25).



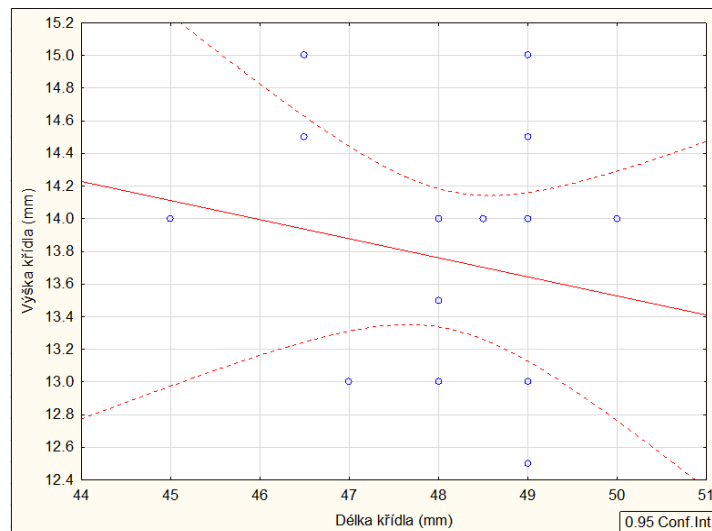
Obrázek 25 - Souhrnný histogram délky křídel samic

Data o **výšce křídel** byla získána pouze u 15 samic, a to v rozpětí hodnot 12,5 až 15 mm, průměrná hodnota těchto dat byla 13,73 mm (Obr. 26).



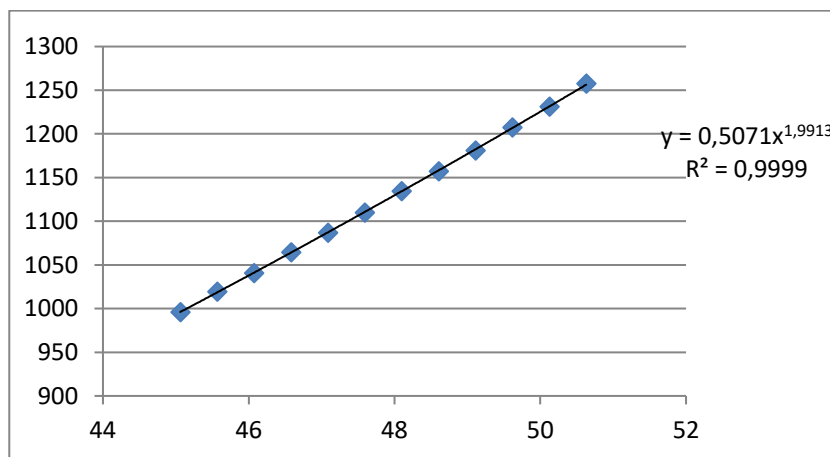
Obrázek 26 - Souhrnný histogram výšky křídel samic

Samozřejmě byla zkoumána souvislost mezi délkou a výškou křídel, nebyla ale nalezena korelace mezi těmito veličinami ($R = -0,1932$, $p = 0,473$); (Obr. 27).



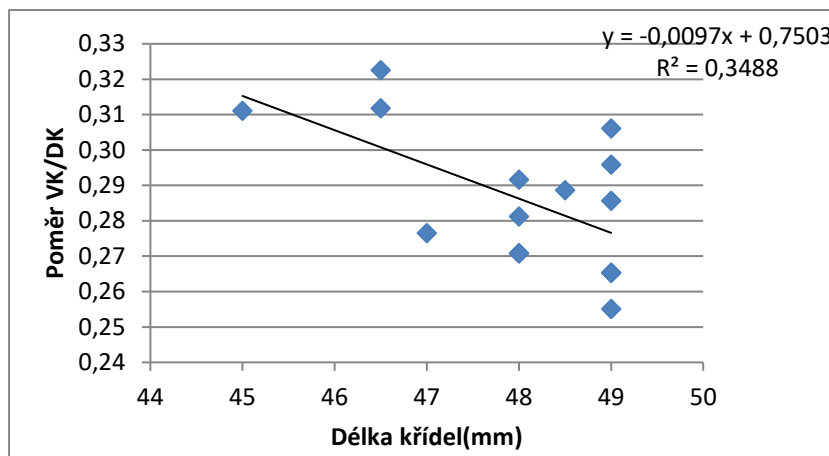
Obrázek 27 - Vztah délky a výšky křídel u samic

Stejným způsobem jako u samců byla zjištěna **plocha křídel** u samic. Z naskenovaného obrázku (Dolný et al., 2016) jsem opět zjistila poměr mezi VK a DK, který byl v tomto případě totožný s naskenovaným obrázkem (na obrázku byl poměr 0,28; v datech z terénu 0,29). V programu Adobe Illustrator CS5 byly vytvořeny obrázky tentokrát na rozdíl od samců na škále 1 %, tak aby pokryly námi změřené rozmezí parametrů z terénních dat, tedy rozmezí 45 až 50 mm (Obr. 28).



Obrázek 28 - Nekorigovaná závislost DK na PK u samic

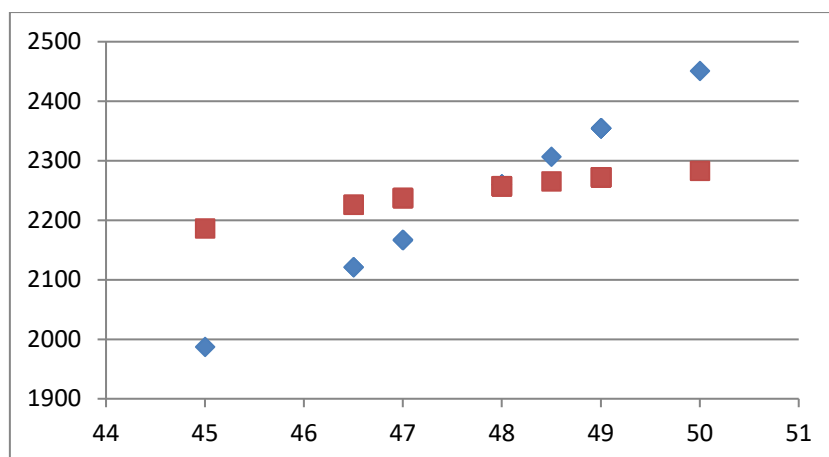
Opět musela nastat úprava z důvodu změny v poměru u křídel. Změna poměru s délkou byla zjištěna jako signifikantní ($p = 0,025188$). Tedy kratší délka křídel je kompenzována větší výškou křídla (Obr. 29).



Obrázek 29 - Vztah mezi poměrem (VK/DK) a DK

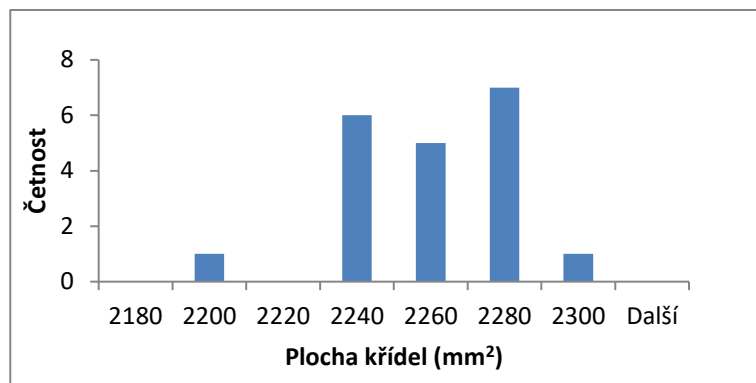
Vzorec pro výpočet plochy všech 4 křídel po modifikaci vypadá následovně (Obr. 30):

$$PK = [(0,5701 * DK^{1,9913}) * (-0,0097 * DK) + 0,7503] * 0,29$$



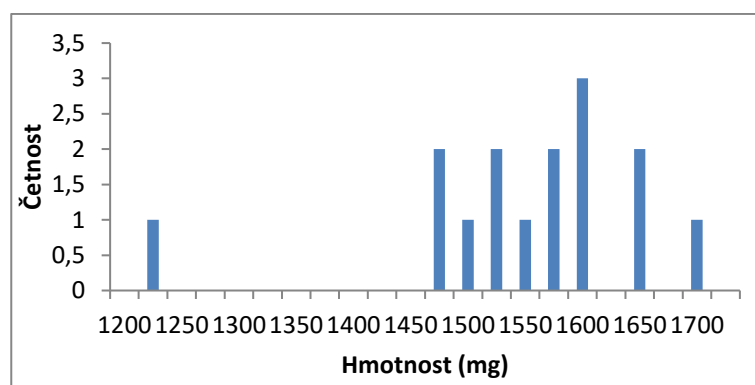
Obrázek 30 - Závislost DK a PK u samic; rozdíl mezi nekorigovanou hodnotou (červeně) a korigovanou (modře) hodnotou pro celkovou plochu 4 křídel

Rozdíl v ploše mezi minimem a maximem je 96,9 mm², tedy necelý 1 cm². Konkrétněji: minimální hodnotou bylo 2218,7 mm², maximální hodnotou 2282,6 mm² a průměrná plocha křídel samic byla 2252,5 mm² (Obr. 31).



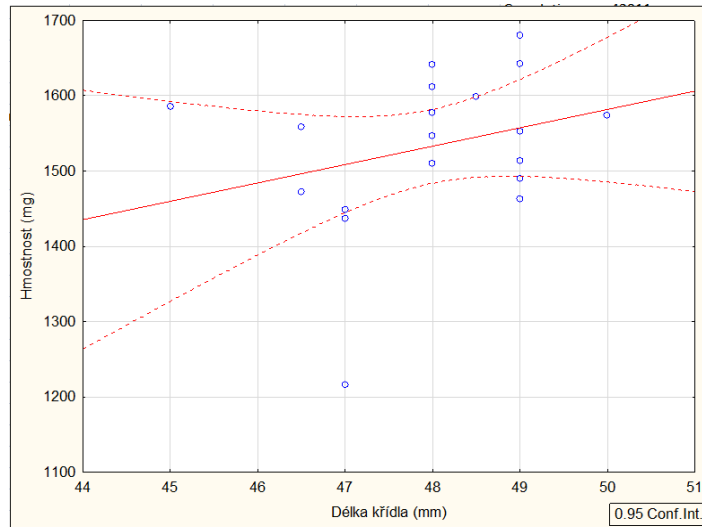
Obrázek 31 - Souhrnný histogram plochy křídel samic

Hmotnost samic se pohybovala v rozmezí 1216 až 1680 mg, průměrná hmotnost 19 samic byla 1532,421 mg (Obr. 32). Nalezneme v datech hraniční hodnotu, v tomto případě bych ale chybu lidského faktoru vyloučila, protože váhy byly kalibrovány. Dle mého názoru je tato hodnota velmi hraniční pouze kvůli malému množství dat.



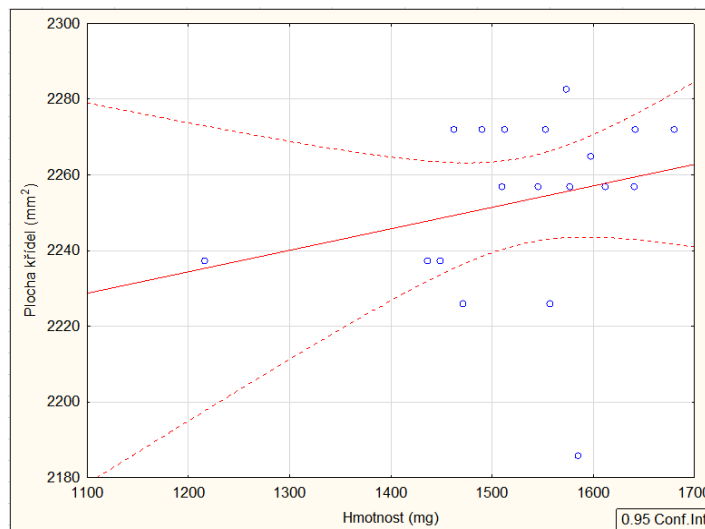
Obrázek 32 - Souhrnný histogram výšky křídel samic

Byl zkoumán vztah mezi délkou křídel a hmotností. Nebyla nalezena signifikantní závislost mezi těmito morfologickými vlastnostmi ($R = 0,2884$, $p = 0,231$); (Obr. 33).



Obrázek 33 - Vztah délky křídel a hmotnosti u samic

Ani mezi hmotností a plochou křídel nebyl nalezen signifikantní vztah ($R = 0,2484$, $p = 0,305$); (Obr. 34).



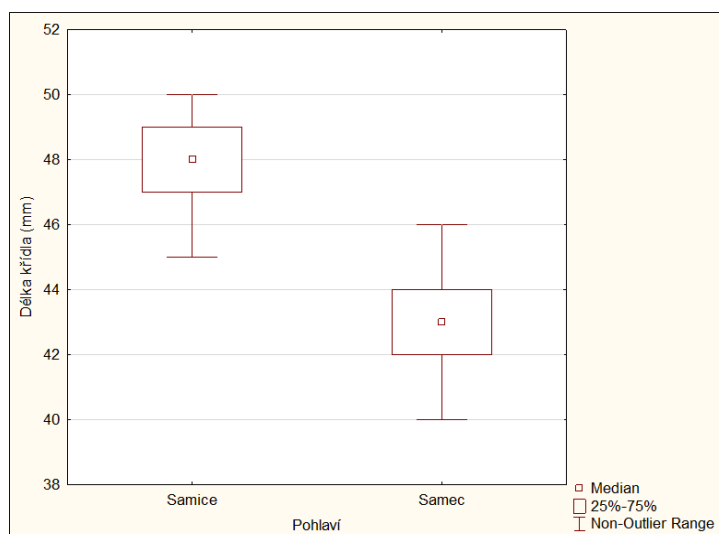
Obrázek 34 - Vztah hmotnosti a plochy křídel

3.4.1 Pohlavní dimorfismus

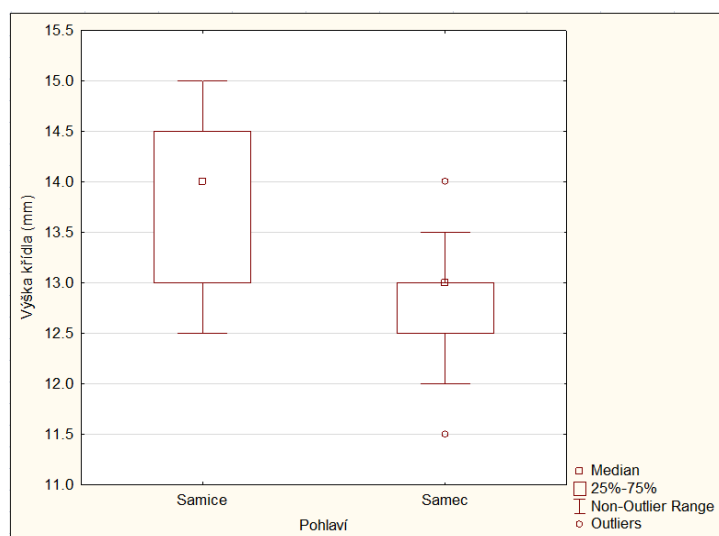
Jak je uvedeno v úvodu této práce, pohlavní dimorfismus je u řádu Odonata častý jev. Už při popisu zkoumaného druhu *Cordulegaster boltonii* je uvedeno, že samice tohoto druhu jsou větší než samci.

Tento pohlavní dimorfismus byl dokázán i v této práci. Následující grafy danou problematiku ukazují. Délka křídel byla prokazatelně vyšší u samic (Obr. 35), výška křídel

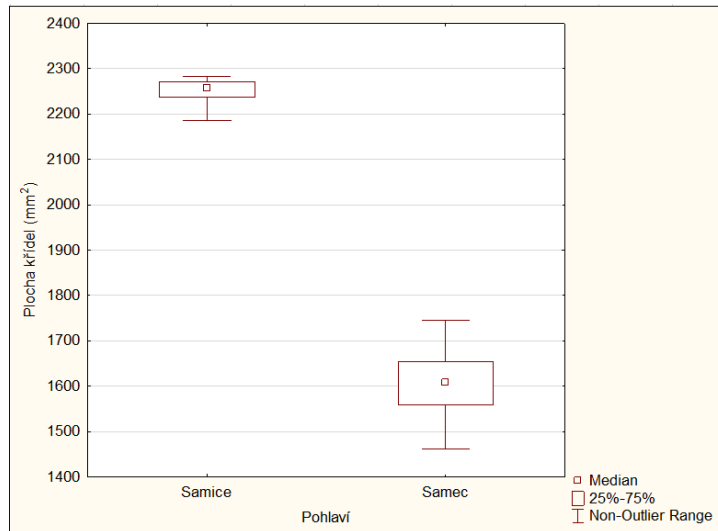
byla u samic také větší (Obr. 36), i když v tomto případě se interval velikostí překrývá. S DK a VK samozřejmě roste i plocha křídel (Obr. 37), hmotnost samic byla také výrazně vyšší (Obr. 38).



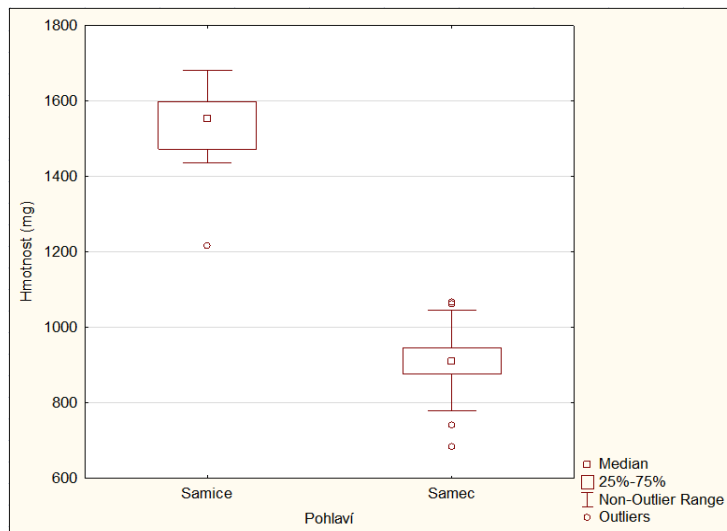
Obrázek 35 - Pohlavní dimorfismus v délce křídel



Obrázek 36 - Pohlavní dimorfismus ve výšce křídel



Obrázek 37 - Pohlavní dimorfismus v ploše křídel



Obrázek 38 - Pohlavní dimorfismus v hmotnosti

4 Diskuze

4.1 Samci

Data o morfologických vlastnostech samců ukázala na odlišnosti mezi jednotlivými jedinci. **Délka křídel** se u 532 odchycených samců pohybovala v rozmezí 40 až 46 mm, přičemž průměrná délka křídel samců byla 43,01 mm. Byly zjištěny meziroční rozdíly v délkách křídel samců. Nebyl zjištěn vztah mezi délkou křídel samců a množstvím průletů, které byly považovány za rozhodující prvek pro popis epigamního chování, jelikož čím častěji samec provedl skenovací let, tím byla větší pravděpodobnost, že potká samici. Délka křídel není u samců druhu *Cordulegaster boltonii* určujícím faktorem reprodukční úspěšnosti. To, že morfologické vlastnosti nemusí být vždy rozhodující, ukazuje studie zabývající se motýlicí *Hetaerina cruentata*, která nenašla žádné morfologické rozdíly mezi úspěšnými a neúspěšnými jedinci (Córdoba-Aguilar, 1995).

Podobně jako v této práci byla velikost zkoumána i v jiných studiích. Délka předního levého křídla byla parametrem u druhu *Nannophya pygmaea*, u kterého bylo zjištěno, že větší samci měli vyšší životní pářicí úspěch (Tsubaki & Ono, 1987). Délka křídla byla také parametrem pro získání teritoria u *Calopteryx virgo* a teritoriální samci tohoto druhu měli často větší reprodukční úspěch než samci s neteritoriálními taktikami (Koskimäki et al., 2009). Podobně větší samci *Hetaerina americana* jsou úspěšnější při získávání teritoria a teritoriální samci získávají více páření (Serrano-Meneses & Córdoba-Aguilar et al., 2007).

Naopak druhy s menší délkou křídel měli větší pářicí úspěch u druhu *Ischnura elegans* (Carchini et al., 2000), stejně tomu je i u teritoriální šídlatky *Lestes viridis* (De Block & Stoks, 2007). U příbuzného druhu, šídlatky *Lestes sponsa*, byla dokázána stabilizující selekce na střední velikosti, samci s maximálními a minimálními délkami abdomenu nebyli úspěšnými (Stoks, 2000).

Výška křídel se u samců pohybovala v rozmezí 11,5 až 14 mm. Tato data 224 samců měla průměrnou hodnotu 12,75 mm. Ani u výšky křídel nebyla nalezena souvislost s aktivitou samců zkoumanou třemi způsoby.

Z těchto údajů byla dále zkoumána **plocha křídel**. Ta měla průměrnou hodnotu 1607 mm² a pohybovala se u samců v rozmezí 1461 až 1746,3 mm². To byl velký rozdíl 2,85 cm², což předčilo moje očekávání. Čekala jsem, že takový rozdíl ovlivní chování samce,

tedy že samci s větší plochou křídel budou více aktivní a bude u nich zaznamenán větší počet průletů, tedy že samci s větší plochou křídel budou reprodukčně úspěšnější. Nebyl ale nalezen signifikantní vztah plochy křídel s aktivitou samce. Plocha křídel se také signifikantně lišila mezi roky, a to konkrétně mezi rokem 2013 a 2015.

Další studie zabývající se plochou křídel, resp. tvarem křídel, většinou používají digitální obraz křídla a následně je tvar zkoumán pomocí landmarků. Pro zjištění tvaru křídla mi tato metoda přijde nezbytná. Pokud je zkoumanou veličinou pouze plocha křídla, jako tomu bylo v mém případě, považuji výpočet za dostačující. Metoda digitálního obrazu byla použita pro zkoumání tvaru křídla u tří druhů motýlic *Calopteryx*. Teritoriální samci všech tří druhů měli širší a kratší zadní křídlo než neteritoriální jedinci (Outomuro et al., 2014). Tvar křídel se může lišit mezi populacemi (Hassall et al., 2008). Motýlice *Calopteryx virgo meridionalis* měla prokazatelný pohlavní dimorfismus ve tvaru křídel – samci měli širší a kratší křídla, kdežto samice měly křídla užší a delší (Outomuro & Johansson, 2011). I u *Cordulegaster boltonii* mají křídla různý tvar, způsob zjištění plochy pomocí skenování toto zohledňoval.

Hmotnost samců byla zkoumána u 505 samců *Cordulegaster boltonii* a pohybovala se v intervalu 684 až 1067 mg. Průměrná hmotnost samce byla 910,14 mg. Nebyly nalezeny signifikantní změny hmotnosti během sezóny ani mezi zkoumanými roky. V meziročních rozdílech byla hmotnost ze zkoumaných veličin nejstabilnější. Nebyl zjištěn rozdíl ani během sezóny. Když porovnáme nejlehčího s nejtěžším samcem, zjistíme rozdíl 383 mg, což je 56 % hmotnosti lehčího z nich. Tak výrazné rozdíly v populaci jsem neočekávala. Když ale byly takto výrazné rozdíly zjištěny, očekávala jsem změny v množství průletů mezi jedinci, tedy že u těžších samců zaznamenám více průletů, protože jejich zvýšená váha bude odpovídat větší svalové hmotě. Tento předpoklad byl ale také vyvrácen, jelikož nebyla nalezena souvislost mezi hmotností a průlety. Byla zjištěna korelace mezi hmotností a plochou křídel, tedy těžší samci vylepšují své letové schopnosti větší plochou křídel.

Hmotnost jako taková byla v jiných studiích zkoumána jen výjimečně. Hmotnost mrtvých jedinců v laboratorních podmínkách byla zkoumána u samců *Lestes disjunctus*, nebyl ale v této morfologické veličině nalezen rozdíl mezi solitéry a jedinci v tandemu (Anholt, 1997). Mokrá hmotnost byla zkoumána i u *Calopteryx virgo*, bylo zjištěno, že teritoriální samci jsou těžší než neteritoriální (Koskimäki et al., 2009). U *Cordulegaster boltonii* byla hmotnost mnohem méně proměnlivá vlastnost, než jsem očekávala. Přesto, že u ní nebyl

nalezen vztah s aktivitou samců, považují tato data za inspirativní pro další zkoumání hmotnosti u Odonata a to i přes to, že existují důvody, proč zkoumání hmotnosti u jedinců není ideální. Hmotnost jedinců mohou ovlivňovat parazité; to bylo dokázáno např. u šidélka *Enallagma hageni*, jehož váha byla ovlivňována roztočem *Arrenurus*. Jedinci s tímto parazitem měli nižší váhu a zároveň menší reprodukční úspěch (Oni-Orisan et al., 2006). Další studie upozorňuje na změny hmotnosti v prvních dnech po vylíhnutí (Marden & Rowan, 2000). Ve většině studií se zkoumá spíše hmotnost letových svalů, nebo tuku. Nelze ale výsledky z těchto studií srovnávat s hmotností jako takovou. Tropický druh *Paraphlebia Zoe* má dvě formy samců, u každé z nich byl nalezen jiný podíl letových svalů a tuků (Romo-Beltrán et al., 2008). Z předchozích poznatků by mohly být vysvětleny výsledky o hmotnosti samců *Cordulegaster boltonii* pomocí parazitů. Jelikož nebyly nalezeny meziroční rozdíly v hmotnosti, mohlo by to vypovídat o zdravotním stavu této populace, tedy že se zde nevyskytoval významný parazit, nebo se jeho rozšíření nezvětšovalo, nebo nezmenšovalo. Vliv parazitů by mohl vysvětlit i velký interval hodnot hmotnosti u jedinců. Samci napadeni parazitem by měli menší hmotnost, jako tomu bylo u *Enallagma hageni* (Oni-Orisan et al., 2006). Na rozdíl od tohoto šidélka nebyl u páskovce nalezen vliv hmotnosti na aktivitu samců (reprodukční úspěch). Parazité nebyli v mé práci přímo zkoumáni, proto předchozí tvrzení jsou pouze teorie, které se mohou stát předmětem další studie u tohoto druhu.

Pro všechny 3 parametry zaměřené na velikost křídla lze říci, že nejsou dobrými ukazateli reprodukční úspěšnosti samců *Cordulegaster boltonii*. Lze na základě ostatních studií tvrdit, že morfologické vlastnosti vážek mohou být důležitým faktorem pro určení reprodukční úspěšnosti, existují ale druhy (*Cordulegaster boltonii*, *Hetaerina cruentata*), na jejichž epigamní chování nemají morfologické vlastnosti křídla vliv. Je možné, že vysvětlením, proč se u samců páskovce kroužkovaného neprojeví morfologické vlastnosti tak, jako u jiných druhů, může být kompenzace mezi délkou a výškou křídel. Samci s delšími křídly mají relativně užší křídla. Naopak samci s kratšími křídly zvětšují plochu větší výškou křídla. To může vylepšovat jejich letové schopnosti, které jsou u tohoto druhu, stejně jako u dalších druhů Odonata, velmi významné. I přes tuto skutečnost byla největší změřená plocha křídel o necelých 20 % větší oproti ploše křídla nejmenšího jedince, což není zanedbatelný rozdíl. Byla také zjištěna korelace mezi plochou křídla a další zkoumanou veličinou – hmotností. Čím větší hmotnost jedince, tím větší plocha křídel.

Z těchto dat by se dalo odvodit, že změna v jedné z morfologických vlastností může být spojena se změnou jinou. Proto je důležité zkoumat více morfologických vlastností společně a

ne je vytrhávat z kontextu ostatních. Korelace mezi délkou a výškou křídla může predikovat, že malá výška je kompenzována relativně větší délkou křídla, naopak malá délka křídla je kompenzována větší výškou křídla. To by mohlo zlepšovat fitness handicapovaným jedincům. Toto vysvětlení by ukázalo komplexnost morfologických vlastností a pro další studie by mohlo být varováním před zaměřením se pouze na jednu z nich.

Další zkoumanou vlastností byla opotřebovanost křídel, která v této práci predikovala **věk** jedince. Věk byl zkoumán i u dalších druhů Odonata, ve většině případů ale nebyl tento údaj vypovídající. Bylo tomu tak např. u šidélka *Coenagrion mercuriale* (Purse & Thompson, 2005), nebo u šidélka *Enallagma hageni* (Fincke, 1982). Více prací o stejném druhu vážky může obsahovat rozdílné informace. Bylo tomu tak u motýlice *Hetaerina americana*, u které jedna studie neukázala souvislost mezi věkem a držením teritoria (Serrano-Meneses & Córdoba-Aguilar et al., 2007), jiná studie naopak zvýhodňovala středněvěké samce (Contreras-Garduño et al., 2008).

Pouze u této veličiny byl u páskovce kroužkovaného nalezen signifikantní vztah s průměrným pořadím samců. Zkoumaná data ukázala, že mladší jedinci jsou na daném území aktivnější, je u nich tedy větší pravděpodobnost, že potkají samici a tím i větší potenciální reprodukční úspěšnost. V takovém systému by samci měli vcelku vyrovnané množství získaných kopulací a úspěšnost samců by se výrazně měnila v sezóně. Tyto výsledky naznačují, že svoji reprodukční úspěšnost mohou samci ovlivnit méně, než se očekávalo.

Jak už je zmíněno výše, byly pozorovány u samců *Cordulegaster boltonii* **meziroční rozdíly** v morfologických vlastnostech. U výšky křídel nebyl tento trend zkoumán, jelikož byla zaznamenána pouze ve dvou letech. U hmotnosti samců bylo zjištěno, že se meziročně nemění. Data o ploše křídel objevila signifikantní meziroční rozdíl mezi lety 2013 a 2015. Rozdíly v délce křídel byly nejmarkantnější. Signifikantní meziroční rozdíly byly nalezeny mezi roky 2013 a 2015; 2013 a 2016; 2012 a 2015. Nejvíce se lišil rok 2013. Tento rozdíl by mohl být z důvodu odlišné lokality. Teorii, že by meziroční rozdíly morfologických vlastností byly způsobeny odlišnými lokalitami, narušuje meziroční rozdíl v délce křídel mezi lety 2012 a 2015. Ten ale nebyl tak výrazný jako rozdíly s rokem 2013, nelze ale tento rozdíl odůvodnit malým množstvím vstupních dat, jelikož v roce 2012 bylo zaznamenáno 148 samců a v roce 2015 bylo označeno 67 samců. Osobně bych vliv odlišné lokality úplně nevyloučila, bude ale nejspíše existovat i další faktor ovlivňující meziroční rozdíly morfologických vlastností.

4.2 Denní doba a teplota

Během let 2015 a 2016 bylo zaznamenáno rozdílné množství samců. V roce 2015 to bylo celkem 148 jedinců, o rok později 81 jedinců. U těchto samců byla zkoumána změna frekvence průletů během dne. Bylo zjištěno, že dopoledne jsou samci aktivnější než odpoledne. Podobně jako u *Cordulegaster boltonii*, i u vážky studované na Borneu, *Libellago semiopaca*, se odehrávalo více než 80 % páření před 12:00 hodin (Orr, 2009). I u druhu *Ischnura elegans* bylo zaznamenáno nejvíce kopulací v ranních hodinách (Miller, 1987), na rozdíl od příbuzného druhu *Ischnura graellsii*, u kterého 94 % kopulací začalo mezi 13:30 a 17:30. Před 13:30 bylo u tohoto druhu zjištěno pouze 4 % všech zaznamenaných kopulací (Cordero, 1989). Více kopulací v odpoledních hodinách bylo zaznamenáno také u šidélka *Enallagma hageni*, u kterého se počet tandemů zvyšoval od 13:00 hod., přičemž nejvíce jich bylo zaznamenáno kolem 15:00 hod. Velký počet kopulací byl zaznamenán až do 17:30 hodin (Fincke, 1982). Znalost o aktivitě v průběhu dne je dobré znát při sledování vážek.

Veličinou, která má souvislost s množstvím průletů, je teplota. Porovnáním teploty s množstvím průletů v půlhodinovém intervalu byla zjištěna signifikantní závislost těchto dvou veličin. Se zvyšující se teplotou se zvyšovalo i množství průletů. Podobné výsledky byly zjištěny i u jiných druhů Odonata, např. u *Hetaerina cruentata* bylo zjištěno, že počasí ovlivňovalo počet pozorovaných jedinců a že začátek aktivity byl oddalován oblačností. Byl zjištěn i vliv denní doby, a to že aktivita končila kolem 14:00 hod. a to bez ohledu na počasí (Córdoba-Aguilar, 1995). Páčící úspěch byl ovlivňován počasím také u šidélka *Coenagrion puella* (Purse & Thompson, 2005). Námluvní úspěch samců *Mnais costalis* nesouvisí s morfologickými vlastnostmi jako je délka křídel, ale je závislý na teplotě thoraxu. Teplota thoraxu se výrazně zvyšuje s teplotou a s množstvím dopadajících slunečních paprsků, tedy samci, kteří mají teritorium na slunečném místě (mimo stín), mají větší úspěšnost při námluvách (Tsubaki et al., 2010).

Ve spojení s předchozími poznatky lze říci, že samci *Cordulegaster boltonii*, kteří se vylíhnou v období s nepříznivými teplotními podmínkami, nevyužijí větší aktivitu spojenou s věkem v takové míře, jako samci vylíhlí v optimálních teplotních podmínkách. Z tohoto důvodu bych se domnívala, že samci vylíhlí uprostřed sezóny (cca uprostřed července), budou mít větší reprodukční úspěšnost než samci vylíhlí na začátku, nebo na konci sezóny, kdy může být počasí více proměnlivé.

4.3 Samice

Délka křídel se u samic pohybovala mezi 45 až 50 mm s průměrnými hodnotami 47,93 mm. Průměrná výška křídel byla u samic 13,73 mm v rozmezí 12,5 až 15 mm. Plocha křídel se u samic pohybovala v rozmezí 2218,7 až 2282,6 mm², přičemž průměrná hodnota je 2252,5 mm². Hmotnost měřená celkem u 19 samic se pohybovala v rozmezí 1216 až 1680 mg, průměrná hmotnost byla 1532,42 mg. Samice *Cordulegaster boltonii* tedy byly o 68 % těžší než samci, podobně tomu bylo v populaci *Lestes disjunctus*, kde samice byly o více než 50 % těžší než samci (Anholt, 1997). Mezi jednotlivými morfologickými vlastnostmi samic nebyla nalezena signifikantní korelace. To může být způsobeno malým množstvím vstupních dat.

Pohlavní dimorfismus je z předchozích údajů zjevný. Z grafů ve stejnojmenné kapitole v sekci Výsledky je tento dimorfismus patrný, tedy že samice jsou větší než samci. Jak je patrné z předchozích dat o průměrných hodnotách, rozdíl v DK byl 4,92 mm. Průměrná VK se mezi pohlavími lišila o necelý centimetr (0,98 mm). Z těchto dat samozřejmě vyplývá, že i PK byla u samic větší a to o 6,5 cm². Hmotnost byla u samic o 622,28 mg větší, což je velký rozdíl vezmeme-li v potaz, že nejlehčí samec vážil jen nepatrně více a to 684 mg. Pohlavní dimorfismus je u druhu *Cordulegaster boltonii* tedy více než zřetelný.

Obecné pravidlo tvrdí, že teritoriální druhy mají větší samce než samice a naopak. Ve studii bylo toto pravidlo potvrzeno u 10 druhů (Wong-Muñoz et al., 2010). Další studie naopak uvádí, že pářicí systémy nemusí být dobrým indikátorem o směru pohlavního dimorfismu. V této studii je ale zarážející, že mnou zkoumaný druh *Cordulegaster boltonii* je označen jako teritoriální, což není pravdivá informace, a proto bych hodnotila výsledky této práce s opatrností. Na druhou stranu potvrzuje tato studie předchozí tvrzení u teritoriálního šídla *Anax imperator*, které má samce menší než samice. Ve studii je také upozorněno na to, že ne u každého druhu se vyskytuje pohlavní dimorfismus (Serrano-Meneses & Azpilicueta-Amorín et al., 2007). U druhu *Telebasis carmesina* z brazilské tropické savany najdeme větší samice než samce (Alves-Martins et al., 2012), naopak samce větší než samice najdeme např. u motýlice *Hetaerina americana* (Serrano-Meneses & Córdoba-Aguilar et al., 2007), nebo u *Argia reclusa* (Guillermo-Ferreira & Del-Claro, 2011).

Z předchozích dat je také zřejmé, že samců *Cordulegaster boltonii* je v populaci více než samic. Ze získaných dat za čtyři roky vycházel **poměr** 1:27. Samozřejmě lze namítnout, že samice se u potoka vyskytují méně často, a proto také mohly být méně viděny. To je pravda

ale i za těchto okolností je podle mého názoru v populaci mnohem více samců než samic. Podobně vysoký poměr byl pozorován i v populaci *Telebasis carmesina* a to 1:19 (Alves-Martins et al., 2012). V populaci šídlatky *Lestes disjunctus* bylo zjištěno přibližně 2,5krát více samců než samic (Anholt, 1997).

5 Závěr

Navzdory prvotním předpokladům, nebyla nalezena souvislost mezi aktivitou samců a jejich morfologickými vlastnostmi, kterými byly délka a výška křídel, plocha křídel a hmotnost. Mé prvotní předpoklady očekávaly, že samci s větší plochou křídel budou zvýhodněni v letové schopnosti, a proto udělají více průletů nad potokem. Podobný předpoklad jsem měla pro hmotnost jedinců, tedy že těžší samci budou zvýhodněni v letu, proto u nich zaznamenáme větší letovou aktivitu. Ani jedno z těchto tvrzení ale nebylo potvrzeno.

Signifikantní závislost byla zjištěna mezi průměrným pořadím samců a věkem, který byl v této práci určen na základě stavu křídel, resp. jejich opotřebení. Bylo zjištěno, že mladší samci jsou úspěšnější.

Byly zjištěny další proměnné, které ovlivňují počet průletů samců, a to denní doba a teplota. Bylo zjištěno, že samci *Cordulegaster boltonii* jsou aktivnější v dopoledních hodinách. Nejvíce průletů bylo zaznamenáno mezi 11:00 a 12:00 hod. Zároveň je aktivita samců ovlivněna okolní teplotou vzduchu. Při vyšších teplotách jsou samci aktivnější.

Z porovnání dat o samcích a samicích byl potvrzen velikostní pohlavní dimorfismus u tohoto druhu a výrazný rozdíl v početnosti mezi pohlavími, tedy že samců je výrazně více než samic, a to v poměru 1:27.

Přestože mé prvotní předpoklady byly ve větší míře vyvráceny, podařilo se mi získat několik zajímavých informací o druhu *Cordulegaster boltonii* a to, že u tohoto druhu nejsou pro aktivitu samců rozhodující morfologické vlastnosti, ale věk, teplota okolního prostředí a denní doba.

Literatura

- **Alves-Martins, F., Del-Claro, K., Jacobucci, G. B. (2012).** Sexual size dimorphism, mating system and seasonality of a Neotropical damselfly, *Telebasis carmesina* (Coenagrionidae). *International Journal of Odonatology*, 15(4), 263–273.
- **Anholt, B. (1997).** Sexual size dimorphism and sex-specific survival in adults of the damselfly *Lestes disjunctus*. *Ecological Entomology*, 22(2), 127–132.
- **Carchini, G., Chiarotti, F., Di Domenico, M., Paganotti, G. (2000).** Fluctuating asymmetry, size and mating success in males of *Ischnura elegans* (Vander Linden) (Odonata: Coenagrionidae). *Animal Behaviour*, 59(1), 177–182.
- **Contreras-Garduño, J., Buzatto, B. A., Serrano-Meneses, M. A., Najera-Cordero, K., Córdoba-Aguilar, A. (2008).** The size of the red wing spot of the American rubyspot as a heightened condition-dependent ornament. *Behavioral Ecology*, 19(4), 724–732.
- **Corbet, P. S. (1999).** Dragonflies. Behaviour and Ecology of Odonata. *Colchester, England: Harley Books*
- **Cordero, A. (1989).** Reproductive behaviour of *Ischnura graellsii* (Rambur) (Zygoptera: Coenagrionidae). *Odonatologica*, 18(3), 237–244.
- **Córdoba-Aguilar, A. (1995).** Male territorial tactics in the damselfly *Hetaerina cruentata* (Rambur) (Zygoptera : Calopterygidae). *Odonatologica*, 24(4), 441–449.
- **Córdoba-Aguilar, A. (2008).** Dragonflies and damselflies: Model organisms for Ecological and Evolutionary research. *New York: Oxford University Press*.
- **De Block, M., Stoks, R. (2007).** Flight-related body morphology shapes mating success in a damselfly. *Animal Behaviour*, 74(4), 1093–1098.
- **Dolný, A., Harabiš, F., Bárta, D. (2016)** Vážky České Republiky (pp. 202-203) *Academia*
- **Fincke, O. M. (1982).** Lifetime Mating Success in a Natural Population of the Damselfly, *Enallagma hageni* (Walsh) (Odonata : Coenagrionidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 10(4), 293–302.
- **Grether, G. F. (1996).** Sexual selection and survival selection on wing coloration and body size in the rubyspot damselfly *Hetaerina americana*. *Evolution*, 50(5), 1939–1948.
- **Guillermo-Ferreira, R., Del-Claro, K. (2011).** Territoriality and male-biased sexual size dimorphism in *Argia reclusa* (Odonata: Zygoptera). *Acta Ethologica*, 15(1), 101–105.

- **Hassall, C., Thompson, D. J., Harvey, I. F. (2008).** Wings of *Coenagrion puella* vary in shape at the northern range margin (Odonata : Coenagrionidae). *International Journal of Odonatology*, 11(1), 35–41.
- **Kaiser, H. (1982).** Do Cordulegaster males defend territories? a preliminary investigation of mating strategies in *Cordulegaster boltoni* (Donovan) (Anisoptera : Cordulegasteridae). *Odonatologica*, 11(2), 139–152.
- **Koenig, W. D., Albano, S. S. (1985).** Patterns of Territoriality and Mating Success in the White-tailed Skimmer *Plathemis lydia* (Odonata : Anisoptera). *American Midland Naturalist*, 114(1), 1–12.
- **Koenig, W. D., Albano, S. S. (1987).** Lifetime reproductive success, selection, and the opportunity for selection in the white-tailed skimmer *Plathemis lydia* (Odonata: Libellulidae). *Evolution*, 41(1), 22–36.
- **Koskimäki, J., Rantala, M. J., Suhonen, J. (2009).** Wandering males are smaller than territorial males in the damselfly *Calopteryx virgo* (L.) (Zygoptera: Calopterygidae). *Odonatologica*, 38(2), 159–165.
- **Lowe, C. D., Harvey, I. F., Watts, P. C., Thompson, D. J. (2009).** Reproductive timing and patterns of development for the damselfly *Coenagrion puella* in the field. *Ecology*, 90(8), 2202–2212.
- **Marden, J. H., Fitzhugh, G. H., Wolf, M. R., Arnold, K. D., Rowan, B. (1999).** Alternative splicing, muscle calcium sensitivity, and the modulation of dragonfly flight performance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(26), 15304–15309.
- **Marden, J. H., Rowan, B. (2000).** Growth, Differential Survival, and Shifting Sex Ratio of Free-Living *Libellula pulchella* (Odonata : Libellulidae) Dragonflies During Adult Maturation. *Annals of the Entomological Society of America*, 93(3), 452–458.
- **Matsubara, K., Tojo, S., Suzuki, N. (2005).** Age-Related Changes in Flight Muscle Mass, Lipid Reserves and Flight Capacity during Adult Maturation in Males of the Territorial Damselfly *Calopteryx atrata* (Odonata: Calopterygidae). *Zoological Science*, 22(5), 587–592.
- **Merritt, R., Moore, N., Eversham, B. (1996).** Atlas of the Dragonflies of Britain and Ireland. London: Her Majesty's Stationery Office.
- **Miller, P.L., 1987.** An examination of the prolonged copulations of *Ischnura elegant* (Vander Linden) (Zygoptera: Coenagrionidae). *Odonatologica* 16: 37-56.

- **Oni-Orisan, A., Kaminsky, S., Pruett Jones, S., Blankespoor, H. (2006).** Reproductive success and survivorship of damselfly *Enallagma hageni* infected with ectoparasite *Arrenurus*.
- **Orr, A. G. (2009).** Reproductive behaviour of *Libellago semiopaca* on a Bornean rainforest stream (Odonata : Chlorocyphidae). *International Journal of Odonatology*, 12(2), 157–180.
- **Outomuro, D., Johansson, F. (2011).** The effects of latitude, body size, and sexual selection on wing shape in a damselfly. *Biological Journal of the Linnean Society*, 102(2), 263–274.
- **Outomuro, D., Rodríguez-Martínez, S., Karlsson, A., Johansson, F. (2014).** Male wing shape differs between condition-dependent alternative reproductive tactics in territorial damselflies. *Animal Behaviour*, 91, 1–7.
- **Pelt, G. v. (2006).** Cordulegastridae. In K.-D. Dijkstra, Field Guide to the dragonflies of Britain and Europe (pp. 210-211). British Wildlife Publishing.
- **Plaistow, S., Siva-Jothy, M. (1999).** The ontogenetic switch between odonate life history stages: effects on fitness when time and food are limited. *Animal Behaviour*, 58(3), 659–667.
- **Purse, B., Thompson, D. (2005).** Lifetime mating success in a marginal population of a damselfly, *Coenagrion mercuriale*. *Animal Behaviour*, 69(6), 1303–1315.
- **Raihani, G., Serrano-Meneses, M., Córdoba-Aguilar, A. (2008).** Male mating tactics in the American rubyspot damselfly: territoriality, nonterritoriality and switching behaviour. *Animal Behaviour*, 75(6), 1851–1860.
- **Rantala, M. J., Hovi, M., Korkeamäki, E., Suhonen, J. (2001).** No trade-off between the size and timing of emergence in the damselfly, *Calopteryx virgo* L. *Annales Zoologici Fennici*, 38(2), 117–122.
- **Romo-Beltrán, A., Macías-Ordóñez, R., Córdoba-Aguilar, A. (2008).** Male dimorphism, territoriality and mating success in the tropical damselfly, *Paraphlebia zoe* Selys (Odonata: Megapodagrionidae). *Evolutionary Ecology*, 23(5), 699–709.
- **Serrano-Meneses, M., Córdoba-Aguilar, A., Mendez, V., Layen, S., Szekely, T. (2007).** Sexual size dimorphism in the American rubyspot: male body size predicts male competition and mating success. *Animal Behaviour*, 73(6), 987–997.

- **Serrano-Meneses, M.-A., Azpilicueta-Amorín, M., Székely, T., Córdoba-Aguilar, A. (2007).** The development of sexual differences in body size in Odonata in relation to mating systems. *European Journal of Entomology*, 104(3), 453–458.
- **Sherratt, T. N., Laird, R. A., Hassall, C., Lowe, C. D., Harvey, I. F., Watts, P. C., Cordero-Rivera, A., Thompson, D. J. (2010).** Empirical evidence of senescence in adult damselflies (Odonata: Zygoptera). *The Journal of Animal Ecology*, 79(5), 1034–44.
- **Stoks, R. (2000).** Components of lifetime mating success and body size in males of a scrambling damselfly. *Animal Behaviour*, 59(2), 339–348.
- **Tsubaki, Y., Ono, T. (1987).** Effects of age and body size on the male territorial system of the dragonfly, *Nannophya pygmaea* Rambur (Odonata : Libellulidae). *Animal Behaviour*, 35, 518–525.
- **Tsubaki, Y., Samejima, Y., Siva-Jothy, M. T. (2010).** Damselfly females prefer hot males: higher courtship success in males in sunspots. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 64(10), 1547–1554.
- **Waldhauser, M., Černý, M. (2014).** Vážky České republiky: příručka pro určování našich druhů a jejich larev. (pp. 110-111) Český svaz ochránců přírody Vlašim
- **Wong-Muñoz, J., Córdoba-Aguilar, A., Cueva del Castillo, R., Serrano-Meneses, M. A., Payne, J. (2010).** Seasonal changes in body size, sexual size dimorphism and sex ratio in relation to mating system in an adult odonate community. *Evolutionary Ecology*, 25(1), 59–75.

Zdroje obrázků

- **Dolný, A., Harabiš, F., Bárta, D. (2016)** Vážky České Republiky. *Academia*
- **Dijkstra, K.B., Lewington, R. (2006)** Field Guide to the Dragonflies of Britain and Europe. *British Wildlife Publishing Ltd*

Příloha

Příloha 1 Změna hmotnosti během sezóny. Prvotní hmotnost získaná při prvním odchytu jedince, druhá na konci pozorovacího období. Z rozdílu mezi těmito hodnotami je patrné, že samci rovnoměrně přibírají a ztrácí váhu. Změna je ale vcelku malá a není prokázána změna hmotnosti během sezóny.

Označení	H – prvotní odchyt (mg)	H – opětovný odchyt (mg)	H – rozdíl (mg)
A023	875	899	-24
A030	872	902	-30
A035	1000	1003	-3
A037	834	853	-19
A040	865	918	-53
A042	864	889	-25
A043	921	887	34
A046	965	928	37
A051	968	928	40
A052	950	900	50
A054	946	902	44
A072	784	822	-38
A077	935	919	16
A079	898	863	35
A082	925	985	-60
B009	885	920	-35
B042	945	945	0

Příloha 2 Souhrnné tabulky zaznamenávající množství průletů samců v jednotlivých dnech. Tabulky obsahuje množství dní, kolikrát byl jedinec viděn a souhrnné množství průletů. Tabulka je doplněna o morfologické vlastnosti jedinců (DK, VK, H, PK), zahrnuje také věk jedinců, který je odvozen z opotřebení křídel. Žlutě jsou vyznačeni nejúspěšnější samci v jednotlivých dnech. Tabulka A obsahuje data z roku 2015, tabulka B data z roku 2016.

Tabulka A – Rok 2015

Označení	11.7.	12.7.	15.7.	16.7.	17.7.	18.7.	Dny	Přelety	DK (mm)	VK (mm)	H (mg)	PK (mm ²)	Věk
A023	32	31	11	20	0	19	5	113	43	12,5	899	1607,11	0
A026	5	0	2	67	0	0	3	74	43	12,5	858	1607,11	0
A031	0	0	22	0	0	0	1	22	43	12	871	1607,11	1
A033	0	1	0	1	0	0	2	2	44	11,5	894	1654,4	2
A035	0	0	0	1	0	0	1	1	44	13,5	1003	1654,4	1
A037	11	2	0	0	0	39	3	52	43,5	12	853	1630,86	1
A039	6	1	27	0	0	0	3	34	44,5	13	930	1677,73	1
A040	0	19	7	3	1	0	4	30	43	12,5	918	1607,11	0
A042	1	4	0	12	0	0	3	17	41	12	889	1510,33	1
A043	12	6	17	30	7	0	5	72	43,5	13	887	1630,86	1
A046	2	0	0	13	13	7	4	35	45	13	928	1700,84	0
A048	1	0	5	12	0	0	3	18	45	12,5	992	1700,84	1
A050	0	0	1	0	0	0	1	1	43	13	941	1607,11	1
A051	0	10	0	0	0	3	2	13	45	13,5	928	1700,84	0
A052	1	13	39	29	19	49	6	150	44	13	900	1654,4	0
A054	0	9	0	45	37	27	4	118	43	13	902	1607,11	1
A055	3	2	0	0	0	0	2	5	43	13	916	1607,11	3
A057	0	20	0	0	0	0	1	20	42,5	11,5	886	1583,17	0
A058	5	5	2	4	0	0	4	16	43,5	13	837	1630,86	1
A062	0	0	13	2	0	1	3	16	43,5	13	1000	1630,86	1
A066	0	0	14	31	0	7	3	52	44,5	13	968	1677,73	1
A070	0	0	0	2	0	8	2	10	42,5	13	843	1583,17	1
A072	0	0	0	0	0	4	1	4	40,4	12	822	1480,8	0
A075	0	0	0	41	25	0	2	66	44	14	899	1654,4	0
A077	0	0	0	0	0	1	1	1	43,5	13	919	1630,86	1
A078	0	0	0	0	0	4	1	4	44	13	939	1654,4	1
A079	0	0	0	0	0	2	1	2	42	12,5	863	1559,06	1
B002	0	0	1	0	0	0	1	1	45	13	1022	1700,84	0
B009	3	6	12	4	36	18	6	79	45	14	920	1700,84	0
B028	8	1	0	0	0	0	2	9	43	12,5	837	1607,11	0
B042	0	0	0	0	0	13	1	13	43	13	945	1607,11	0
Přelety celkem:	90	130	173	317	138	202		1050					
Počet jedinců:	13	15	14	17	7	15		31					

Tabulka B – Rok 2016

Označení	7.7.	8.7.	9.7.	10.7.	11.7.	12.7.	13.7.	17.7.	18.7.	19.7.	Dny	Přelety	DK (mm)	VK (mm)	H (mg)	PK (mm ²)	Věk
1	0	0	0	1	1	0	5	0	0	0	3	7	42	12,5	851	1559,06	0
6	7	33	20	10	6	5	0	12	24	28	9	145	43	13	920	1607,11	0
13	4	7	14	0	17	18	0	0	0	0	5	60	42	13	897	1559,06	1
15	17	44	27	1	18	19	0	9	23	10	9	168	43,5	13	893	1630,86	0
16	24	19	13	8	19	12	0	4	17	16	9	132	45	13	961	1700,84	0
19	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	43	13	856	1607,11	0
25	0	63	20	41	50	20	27	0	0	0	6	221	42	14	900	1559,06	0
28	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	44	13	925	1654,4	0
31	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	2	4	42,5	13	932	1583,17	0
33	0	0	0	0	3	6	0	0	0	0	2	9	44	12	919	1654,4	2
34	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1	2	17	43,5	14	895	1630,86	0
35	0	0	0	5	0	4	2	7	19	1	6	38	42,5	13	903	1583,17	0
39	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	2	43,5	12	962	1630,86	0
41	0	0	0	0	0	18	1	0	3	6	4	28	43	12,5	869	1607,11	0
43	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	1	24	42	13	942	1559,06	0
44	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	2	42	13	863	1559,06	0
45	0	0	0	2	0	0	0	0	14	20	3	36	43	13	958	1607,11	0
49	0	0	0	0	0	8	1	0	0	0	2	9	42,5	12	827	1583,17	0
51	0	0	0	1	20	0	0	0	0	0	2	21	42	12	893	1559,06	0
55	0	0	0	0	2	11	6	0	11	17	5	47	43	12,5	904	1607,11	0
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1	8	41	12	791	1510,33	0
73	0	0	0	0	0	0	0	0	25	24	2	49	45	12	903	1700,84	1
79	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	43,5	12,5	906	1630,86	1
81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	43	12	908	1607,11	1
82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	1	12	44,5	12	988	1677,73	2
Přelety celkem:	52	172	94	69	137	150	44	32	153	145		1048					
Počet jedinců:	4	7	5	8	10	13	7	4	10	13		25					

Příloha 3 Úspěšnost jedinců na základě průměrného pořadí v jednotlivé pozorovací dny a indexu vzniklého odečtením počtu, kolikrát byl jedinec viděn, od počtu, kolikrát mohl být daný jedinec viděn a přičtení 1 k výslednému číslu kvůli zamezení nulového výsledku.

Tabulka C obsahuje data z roku 2015, tabulka D data z roku 2016.

Tabulka C – Rok 2015

Označení	11.7.	12.7.	15.7.	16.7.	17.7.	18.7.	Průměr	Kolikrát mohl být viděn	Kolikrát byl viděn	Index	Úspěšnost
A052	11	4	1	6	4	1	4,5	6	6	1	4,5
A075	x	x	x	3	3	x	3	3	2	2	6
B009	8	7	7	11	2	5	6,67	6	6	1	6,67
A023	1	1	8	7	x	4	4,2	6	5	2	8,4
A054	x	6	x	2	1	3	3	6	4	3	9
A043	2	7	4	5	6	x	4,8	6	5	2	9,6
A078	x	x	x	x	x	10	10	1	1	1	10
A066	x	x	5	4	x	8	5,67	4	3	2	11,34
A057	x	2	x	x	x	x	2	6	1	6	12
A079	x	x	x	x	x	13	13	1	1	1	13
A031	x	x	3	x	x	x	3	6	1	6	18
A070	x	x	x	14	x	7	10,5	3	2	2	21
A037	3	11	x	x	x	2	5,33	6	3	4	21,32
A046	10	x	x	8	5	8	7,75	6	4	3	23,25
A026	6	x	11	1	x	x	6	6	3	4	24
A040	x	3	9	13	7	x	8	6	4	3	24
A039	5	13	2	x	x	x	6,67	6	3	4	26,68
A058	6	9	11	11	x	x	9,25	6	4	3	27,75
A077	x	x	x	x	x	14	14	2	1	2	28
A072	x	x	x	x	x	10	10	3	1	3	30
A062	x	x	6	14	x	14	11,33	5	3	3	33,99
B042	x	x	x	x	x	6	6	6	1	6	36
A042	11	10	x	9	x	x	10	6	3	4	40
A048	11	x	10	10	x	x	10,33	6	3	4	41,32
A051	x	5	x	x	x	12	8,5	6	2	5	42,5
B028	4	13	x	x	x	x	8,5	6	2	5	42,5
A055	8	11	x	x	x	x	9,5	6	2	5	47,5
A033	x	13	x	16	x	x	14,5	6	2	5	72,5
A050	x	x	13	x	x	x	13	6	1	6	78
B002	x	x	13	x	x	x	13	6	1	6	78
A035	x	x	x	16	x	x	16	6	1	6	96

Tabulka D – Rok 2016

Označení	7.7.	8.7.	9.7.	10.7.	11.7.	12.7.	13.7.	17.7.	18.7.	19.7.	Průměr	kolikrát mohl být viděn	kolikrát byl viděn	Index	Úspěšnost
73	x	x	x	x	x	x	x	x	1	2	1,5	5	2	4	6
25	x	1	2	1	1	2	1	x	x	x	1,33	10	6	5	6,65
6	3	3	2	2	6	10	x	1	2	1	3,33	10	9	2	6,66
15	2	2	1	6	4	3	x	2	3	7	3,33	10	9	2	6,66
16	1	4	5	3	3	6	x	4	5	5	4	10	9	2	8
43	x	x	x	x	x	1	x	x	x	x	1	8	1	8	8
55	x	x	x	x	8	7	2	x	8	4	5,8	6	5	2	11,6
82	x	x	x	x	x	x	x	x	x	6	6	2	1	2	12
81	x	x	x	x	x	x	x	x	x	10	10	2	1	2	20
84	x	x	x	x	x	x	x	x	x	11	11	2	1	2	22
51	x	x	x	6	2	x	x	x	x	x	4	7	2	6	24
35	x	x	x	4	x	11	4	3	4	11	6,17	9	6	4	24,68
13	4	5	4	x	5	4	x	x	x	x	4,4	10	5	6	26,4
45	x	x	x	5	x	x	x	x	7	3	5	8	3	6	30
39	x	x	x	x	x	x	4	x	x	x	4	8	1	8	32
41	x	x	x	x	x	4	6	x	9	9	7	8	4	5	35
71	x	x	x	x	x	x	x	x	x	8	8	5	1	5	40
79	x	x	x	x	x	x	x	x	10	x	10	4	1	4	40
49	x	x	x	x	x	8	6	x	x	x	7	7	2	6	42
1	x	x	x	6	9	x	3	x	x	x	6	10	3	8	48
19	x	6	x	x	x	x	x	x	x	x	6	10	1	10	60
28	x	7	x	x	x	x	x	x	x	x	7	10	2	9	63
33	x	x	x	x	7	9	x	x	x	x	8	9	2	8	64
34	x	x	x	x	x	x	x	x	6	11	8,5	9	2	8	68
31	x	x	x	x	9	12	x	x	x	x	10,5	9	2	8	84
44	x	x	x	x	x	13	x	x	x	x	13	8	1	8	104

Příloha 4 Tabulky ukazující množství průletů v jednotlivé dny v půlhodinových intervalech.

Tabulka E obsahuje data z roku 2015, tabulka F data z roku 2016.

Tabulka E – Rok 2015

Čas	11.7.	12.7.	15.7.	16.7.	17.7.	18.7.	Průměr v čase
9:30 - 10:00	x	x	x	10	x	34	22
10:00 - 10:30	x	12	1	25	19	25	16,4
10:30 - 11:00	x	15	6	16	19	37	18,6
11:00 - 11:30	16	25	5	38	13	35	22
11:30 - 12:00	5	19	16	28	40	45	25,5
12:00 - 12:30	9	13	20	24	17	x	16,6
12:30 - 13:00	2	2	21	26	12	x	12,6
13:00 - 13:30	4	11	26	29	8	x	15,6
13:30 - 14:00	3	15	19	13	10	x	12
14:00 - 14:30	4	6	25	17	x	x	13
14:30 - 15:00	9	8	30	34	x	x	20,3
15:00 - 15:30	13	x	1	28	x	x	14
15:30 - 16:00	9	x	3	29	x	x	13,7
Počet přeletů za den	74	126	173	317	138	176	

Tabulka F – Rok 2016

	7.7.	8.7.	9.7.	10.7.	11.7.	12.7.	13.7.	17.7.	18.7.	19.7.	Průměr v čase
9:30 - 10:00	x	20	x	x	x	x	x	X	17	3	13,3
10:00 - 10:30	x	8	x	5	x	x	x	9	5	1	5,6
10:30 - 11:00	3	18	22	6	8	x	x	10	11	11	11,1
11:00 - 11:30	3	7	11	10	18	14	x	11	7	12	10,3
11:30 - 12:00	2	9	12	12	12	4	9	X	8	31	11
12:00 - 12:30	4	8	13	10	3	7	7	X	14	31	10,8
12:30 - 13:00	5	8	5	7	9	33	6	X	24	24	13,4
13:00 - 13:30	2	12	16	5	13	19	0	X	17	18	11,3
13:30 - 14:00	13	15	8	3	4	27	6	X	17	X	11,6
14:00 - 14:30	12	17	3	0	12	13	13	X	5	X	9,4
14:30 - 15:00	0	26	x	0	3	10	x	X	13	X	8,7
15:00 - 15:30	5	13	x	0	19	18	x	X	X	X	11
15:30 - 16:00	x	7	x	7	25	0	x	X	X	X	9,8
Počet přeletů za den	49	168	90	65	126	145	41	30	138	131	

Příloha 5 Teplota [°C] v jednotlivých dnech v půlhodinových intervalech. Data jsou získána z meteorologické stanice ČHMÚ v Počátkách. Tato data byla v desetiminutovém intervalu, pro porovnání s daty v příloze 4 byla shrnuta do půlhodinových intervalů. Tabulka G zobrazuje data z roku 2015, tabulka H data z roku 2016.

Tabulka G – Rok 2015

	11.7.	12.7.	15.7.	16.7.	17.7.	18.7.
9:30 - 10:00	17,63	23,35	18,00	24,18	27,98	27,55
10:00 - 10:30	18,20	24,10	18,13	24,80	28,63	28,63
10:30 - 11:00	18,73	24,70	18,33	24,75	28,98	29,20
11:00 - 11:30	19,10	24,83	20,05	25,23	29,38	30,10
11:30 - 12:00	19,48	24,70	20,00	25,40	29,93	30,85
12:00 - 12:30	20,30	24,98	19,88	26,08	30,25	31,10
12:30 - 13:00	20,90	25,15	20,25	25,95	30,70	30,83
13:00 - 13:30	21,2	25,6	20,7	26,8	31,0	31,4
13:30 - 14:00	21,0	25,3	20,8	26,8	31,4	32,4
14:00 - 14:30	21,4	25,4	21,0	27,5	31,4	31,3
14:30 - 15:00	21,3	25,3	21,0	28,0	31,1	26,1
15:00 - 15:30	22,0	25,2	21,3	28,2	31,5	23,4
15:30 - 16:00	22,2	24,8	21,5	28,3	31,0	23,8

Tabulka H – Rok 2016

	7.7.	8.7.	9.7.	10.7.	11.7.	12.7.	13.7.	17.7.	18.7.	19.7.
9:30 - 10:00	27,1	19,5	16,9	13,5	17,6	23,4	17,3	28,0	27,6	25,1
10:00 - 10:30	27,2	18,6	17,2	14,3	18,2	24,1	17,4	28,6	28,6	26,9
10:30 - 11:00	27,5	18,8	17,8	14,9	18,7	24,7	17,4	29,0	29,2	28,1
11:00 - 11:30	28,4	19,0	17,7	15,8	19,1	24,8	17,9	29,4	30,1	29,3
11:30 - 12:00	28,9	18,9	17,3	16,2	19,5	24,7	18,0	29,9	30,9	30,1
12:00 - 12:30	29,6	19,0	17,8	16,6	20,3	25,0	18,5	30,3	31,1	30,4
12:30 - 13:00	30,1	18,3	17,9	17,0	20,9	25,2	18,8	30,7	30,8	30,9
13:00 - 13:30	30,2	17,3	14,6	17,2	21,2	25,6	18,9	31,0	31,4	29,4
13:30 - 14:00	30,9	16,6	14,5	17,7	21,0	25,3	19,0	31,4	32,4	30,4
14:00 - 14:30	31,4	16,4	13,4	17,9	21,4	25,4	19,4	31,4	31,3	30,9
14:30 - 15:00	31,8	16,3	11,4	18,2	21,3	25,3	19,3	31,1	26,1	31,4
15:00 - 15:30	32,2	16,0	10,8	18,6	22,0	25,2	18,7	31,5	23,4	31,4
15:30 - 16:00	32,3	16,0	12,3	18,9	22,2	24,8	18,5	31,0	23,8	30,2