

Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra ekologie



Bc. Pavlína Frolová

# **ZHODNOCENÍ EMERGENCE VYBRANÝCH DRUHŮ CHROSTÍKŮ**

Diplomová práce

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Hydrobiologie

Forma studia: Prezenční

Vedoucí práce: RNDr. Vladimír Uvíra, Dr.

Termín odevzdání: 13. 5. 2016

Olomouc 2016



**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Vladimíra Uvíry, Dr. a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci 13. května 2016

.....

Podpis:

**Poděkování:**

Touto cestou si dovoluji poděkovat RNDr. Vladimíru Uvírovi, Dr. za odborné vedení, konzultace a pomoc při zpracování této diplomové práce. Také bych chtěla poděkovat Mgr. Bronislavě Janíčkové, MBA za to, že mi byla vždy ochotná pomoci. Za konzultace ohledně statistických analýz děkuji Mgr. Vítovi Syrovátkovi, Ph.D. a Mgr. Jakubovi Vránovi. Za konzultace ohledně determinace chrostíků děkuji Bc. Lukášovi Nentvichovi. V neposlední řadě děkuji své rodině za velkou podporu při celé době studia.

## Bibliografická identifikace

**Jméno a příjmení autora:** Pavlína Frolová

**Název práce:** Zhodnocení emergence vybraných druhů chrostíků

**Typ práce:** diplomová práce

**Pracoviště:** Katedra ekologie

**Vedoucí práce:** RNDr. Vladimír Uvíra, Dr.

**Rok obhajoby:** 2016

### Abstrakt:

V předložené diplomové práci byla zhodnocena emergence vybraných druhů chrostíků, kteří byli zachyceni na toku Oberer Seebach (Lunz am See, Dolní Rakousko) ve dvou pyramidových emergenčních pastech v letech 1983-2004 v rámci projektu Ritrodat. Celkem bylo zachyceno 2113 emergujících jedinců. Dominantními druhy byly *Micrasema* sp., *Wormaldia copiosa*, *Rhyacophila vulgaris*, *Ecclisopteryx guttulata*, *Drusus biguttatus*, *Potamophylax cingulatus*, *Chaetopteryx fusca* a *Allogamus auricollis*.

U dominantních druhů byl stanoven poměr pohlaví a u *R. vulgaris*, *E. guttulata* a *D. biguttatus* byl signifikantně odlišný od 1:1. U *Micrasema* sp. byly během sledovaného období zachyceny pouze samice. Největší vliv na emergenci dominantních druhů chrostíků měla teplota vody (48,69 % z celkové variability) a sezonalita (16,42 %). Obecně chrostíci emergovali při vyšších teplotách vody a při nižší průměrné hloubce vody. Výjimkou byl *C. fusca*.

Emergenci jsem detailně popsala u *R. vulgaris* a *W. copiosa*. *R. vulgaris* je acyklický druh, jehož emergence probíhala od dubna do listopadu, měla pozvolný nástup a vrcholila na začátku října. Samci a samice tohoto druhu emergovali nesynchronně, kdy výlety samců začínali i končili dříve. *W. copiosa* emergoval od poloviny května do druhé poloviny října. Emergence měla rychlý nástup a vrcholila v červnu. Samice a samci vylétávali synchronně. U obou druhů měla teplota vody statisticky nejvýznamnější vliv na emergenci. Nejvíce jedinců druhu *R. vulgaris* emergovalo při teplotě vody do 8 °C. Nejvíce jedinců *W. copiosa* emergovalo při teplotě vody nad 8,5 °C. Výsledky této práce jsou příspěvkem ke studiu životních cyklů a ekologie chrostíků a mohou napomoci při predikci vývoje jejich společenstev a predikci vlivu klimatických změn na vodní ekosystémy.

**Klíčová slova:** emergence, chrostíci, parametry, Ritrodat, teplota vody

## **Bibliographical identification**

**Author's first name and surname:** Pavlína Frolová

**Title:** The evaluation of the emergence of the selected species of caddisflies

**Type of thesis:** master thesis

**Department:** Department of Ecology

**Supervisor:** RNDr. Vladimír Uvíra, Dr.

**The year of defense:** 2016

### **Abstract:**

In this master thesis I evaluated the emergence of selected species of caddisflies which were caught on the stream Oberer Seebach (Lunz am See, Lower Austria) using pyramid type emergence trap in the years 1983-2004 within the project Ritrodat. Total of 2113 individuals were caught. The most abundant species were *Micrasema* sp., *Wormaldia copiosa*, *Rhyacophila vulgaris*, *Ecclisopteryx guttulata*, *Drusus biguttatus*, *Potamophylax cingulatus*, *Chaetopteryx fusca* and *Allogamus auricollis*.

Sex ratio of the most abundant species was calculated. Sex ratio of *R. vulgaris*, *E. guttulata* and *D. biguttatus* was significantly different from 1:1. In *Micrasema* sp. only females were caught during examined period. Water temperature (48.69 % of the total variability) and seasonality (16.42 %) had the biggest influence on emergence of dominant species. In general, caddisflies emerged at higher water temperature and at lower average depth of water. *C. fusca* was the exception.

I described emergence of *R. vulgaris* and *W. copiosa* in detail. *R. vulgaris* is an acyclic species whose emergence period was from April to November. Emergence had slow onset and peaked in early October. In this species males and females emerged without synchronization. Males began and ended their emergence period earlier than females. *W. copiosa* emerged from mid-May to the second half of October. Emergence had fast onset and peaked in June. Females and males emerged with synchronization. In both species, the water temperature had the most significant impact on emergence. The most individuals of *R. vulgaris* emerged at the water temperature into 8 °C. The most individuals of *W. copiosa* emerged at the water temperature over 8.5 °C. The results of this study are a contribution to the study of life cycles and ecology of caddisflies. They may assist in predicting the development of their communities and predict the impact of climate change on aquatic ecosystems.

**Keywords:** emergence, caddisflies, parameters, Ritrodat, water temperature

# OBSAH

<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>i</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>1 PROBLEMATIKA</b> .....	<b>2</b>
1.1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA ŘÁDU TRICHOPTERA.....	2
1.2 ŽIVOTNÍ CYKLUS .....	3
1.2.1 Stadium vajíčka .....	3
1.2.2 Stadium larvy .....	3
1.2.3 Stadium kukly .....	3
1.2.4 Fáze emergence .....	4
1.2.5 Stadium dospělého jedince.....	5
1.2.5.1 Páření .....	6
1.3 VYBRANÉ DRUHY .....	7
1.3.1 <i>Rhyacophila vulgaris</i> (PICTET, 1834) .....	7
1.3.2 <i>Wormaldia copiosa</i> (McLACHLAN, 1868) .....	8
1.4 CÍLE PRÁCE .....	10
<b>2 METODIKA</b> .....	<b>11</b>
2.1 STUDOVANÁ OBLAST.....	11
2.2 TERÉNNÍ METODY RITRODAT .....	12
2.3 LABORATORNÍ PRÁCE.....	13
2.4 ZPRACOVÁNÍ DAT.....	15
2.4.1 Druhové složení společenstva chrostíků .....	16
2.4.2 Poměr pohlaví .....	17
2.4.3 Ovlivnění vybraných druhů vnějšími parametry.....	17
<b>3 VÝSLEDKY</b> .....	<b>18</b>
3.1 DRUHOVÉ SLOŽENÍ SPOLEČENSTVA CHROSTÍKŮ .....	19
3.2 POPIS EMERGENCE VYBRANÝCH DRUHŮ.....	23
3.2.1 <i>Rhyacophila vulgaris</i> .....	23
3.2.2 <i>Wormaldia copiosa</i> .....	25
3.3 VLIV VYBRANÝCH FAKTORŮ PROSTŘEDÍ NA EMERGENCI VYBRANÝCH DRUHŮ.....	27
3.3.1 <i>Rhyacophila vulgaris</i> .....	27
3.3.2 <i>Wormaldia copiosa</i> .....	29
<b>4 DISKUZE</b> .....	<b>32</b>
4.1 FAUNA A TAXONOMIE CHROSTÍKŮ NA POTOCE OBERER SEEBACH.....	32
4.2 EMERGENCE DOMINANTNÍCH DRUHŮ .....	33
4.2.1 <i>Rhyacophila vulgaris</i> a <i>Wormaldia copiosa</i> .....	35
4.3 VLIV VNĚJŠÍCH PARAMETRŮ NA EMERGENCI CHROSTÍKŮ .....	36
<b>5 ZÁVĚR</b> .....	<b>38</b>
<b>6 LITERATURA</b> .....	<b>39</b>
<b>7 PŘÍLOHY</b> .....	<b>46</b>



A. GRAF NAČASOVÁNÍ EMERGENCE DOMINANTNÍCH DRUHŮ CHROSTÍKŮ. ....	46
B. GRAF PRŮBĚHU TEPLoty VODY V LETECH 1983-2004. ....	47

## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka č. 1: Celkový počet chrostíků emergujících od roku 1983 do 2004.....	32
Tabulka č. 2: Poměr pohlaví u sedmi nejpočetnějších druhů.....	33

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek č. 1: Důležité determinační znaky. ....	5
Obrázek č. 2: Samčí genitálie druhu <i>Rhyacophila vulgaris</i> . ....	6
Obrázek č. 3: Mapa rozšíření druhu <i>Rhyacophila vulgaris</i> . ....	8
Obrázek č. 4: Mapa rozšíření druhu <i>Wormaldia copiosa</i> . ....	9
Obrázek č. 5: Dospělý jedinec druhu <i>Wormaldia copiosa</i> . ....	10
Obrázek č. 6: Potok Oberer Seebach .....	11
Obrázek č. 7: Emergenční past .....	12
Obrázek č. 8: Umístění vybraných pastí .....	13
Obrázek č. 9: Determinační znaky u druhu <i>Wormaldia copiosa</i> . ....	14
Obrázek č. 10: Determinace podle kopulačního orgánu. ....	15
Obrázek č. 11: Vzájemný vztah proměnných .....	18
Obrázek č. 12: Vývoj druhového složení společenstva chrostíků .....	19
Obrázek č. 13: Dominantní druhy .....	20
Obrázek č. 14: Vztah mezi dominantními druhy a proměnnými. ....	23
Obrázek č. 15: Načasování emergence druhu <i>Rhyacophila vulgaris</i> .....	24
Obrázek č. 16: Rozdíl v načasování emergence mezi samci a samicemi druhu <i>Rhyacophila vulgaris</i> .....	25
Obrázek č. 17: Načasování emergence druhu <i>Wormaldia copiosa</i> . ....	26
Obrázek č. 18: Rozdíl v načasování emergence mezi samci a samicemi druhu <i>Wormaldia copiosa</i> .....	27
Obrázek č. 19: Závislost hustoty druhu <i>Rhyacophila vulgaris</i> na teplotě vody. ....	28
Obrázek č. 20: Rozmezí teplot, při kterých druh <i>Rhyacophila vulgaris</i> emerguje. ....	29
Obrázek č. 21: Závislost hustoty druhu <i>Wormaldia copiosa</i> na teplotě vody. ....	30
Obrázek č. 22: Rozmezí teplot, při kterých druh <i>Wormaldia copiosa</i> emerguje. ....	31
Obrázek č. 23: Načasování emergence dominantních druhů .....	46
Obrázek č. 24: Průběh teploty vody v letech 1983-2004. ....	47

## ÚVOD

Chrostíci (Trichoptera) jsou jednou z nejpočetnějších skupin sladkovodního hmyzu vyskytující se téměř na všech kontinentech. Studium jejich ekologie a sezónní dynamiky je důležité nejen pro pochopení současného stavu a funkce vodních ekosystémů, ale i pro modelování vlivu klimatických změn na tyto ekosystémy.

Při změně klimatu mohou být vodní ekosystémy vystaveny rostoucímu tlaku, například v důsledku tání horských ledovců, výkyvů průtoku, zvýšené teploty a zhoršení kvality vody (HERSHKOVITZ et al. 2015). Klíčovým faktorem tekoucích vod je teplota, která určuje charakteristiku všech biologických procesů a má zásadní vliv na vodní organismy (HAIDEKKER & HERING 2008).

Tato práce navazuje na předešlou bakalářskou práci a dlouholetý výzkumný program Ritrodat, který probíhal 25 let na biologické stanici v rakouském Lunzu. Práce se zabývá emergencí vybraných druhů chrostíků a také vlivem proměnných na jejich emergenci.

## 1 PROBLEMATIKA

### 1.1 Základní charakteristika řádu Trichoptera

Chrostíci jsou jednou z nejpočetnějších a druhově nejbohatších skupin sladkovodního hmyzu. Je to řád hmyzu s proměnou dokonalou (Holometabola, Endopterygota), jenž je poměrně blízce příbuzný s řádem motýli (Lepidoptera). Na rozdíl od nich se vajíčka, larvy a kukly chrostíků obvykle vyvíjejí ve vodě nebo v její blízkosti (BOUCHARD 2004; GONZÁLEZ & VIEIRA-LANERO 2004).

Jejich druhová bohatost se odhaduje na více než 13 000 druhů a více než tisíc z nich se vyskytuje v Evropě (GRAF *et al.* 2008). Evropská fauna chrostíků zahrnuje 23 čeledí a 133 rodů (WARINGER & GRAF 2013). Konkrétně ekoregion alpských jezer a řek (dle ILLIES 1978) čítá 373 druhů, z nichž 52 druhů se zde vyskytuje endemicky, 109 druhů je stenotermních s výskytem v chladných vodách a 159 druhů se vyznačuje krátkou dobou emergence (SHMIDT-KLOIBER 2009).

Díky své početnosti, druhové bohatosti a široké potravní specializaci představují chrostíci významný článek trofických řetězců vodních ekosystémů. Mohou být využiti i pro praktické účely, jako například k bioindikaci kvality vod. Jejich larvy běžně obývají tekoucí vody a představují relativně dobře prostudované organismy s konkrétními požadavky na parametry prostředí (CHAKONA *et al.* 2009; STANIĆ-KOŠTROMAN *et al.* 2012). Jejich velká rozmanitost poskytuje širokou škálu reakcí na podmínky prostředí a jeho poškození (DOHET 2002). Dokonce i druhové složení populace dospělých jedinců je potenciálně užitečným indikátorem podmínek celkového stavu ekosystému (SYKORA *et al.* 1997). Proto chrostíci představují jednu z nejpoužívanějších skupin bezobratlých v hodnocení kvality vodních ekosystémů (PIRVU & PACIOGLU 2012). Pro monitoring tekoucích řek se často slučuje množství chrostíků společně s jepicemi (Ephemeroptera) a pošvatkami (Plecoptera) a hodnotí se jako tzv. EPT index, který udává míru kvality tekoucích i stojatých vod (DEWALT & WEBB 1998).

## 1.2 Životní cyklus

Většina chrostíků ve střední Evropě má jednu generaci do roka (jsou tzv. univoltinní) a u málo druhů se mohou vyskytovat i generace dvě (tzv. bivoltinní). Některé druhy se nazývají acyklické, což znamená, že se vyskytují po celý rok a jejich generace se překrývají. Druh *Rhyacophila vulgaris* se řadí k acyklickým druhům (REISINGER 2001), zatímco *Wormaldia copiosa* je druh s univoltinním životním cyklem (BERACKO 2012).

### 1.2.1 Stadium vajíčka

Samice kladou vajíčka do vody nebo v blízkosti vody. Samice připravené klást vajíčka, letí usilovně proti proudu, říká se tomu protiproudová migrace. Ve většině případů samice sestupují při kladení do vody a připevňují vajíčka na pevný substrát (např. kámen, vodní rostlinu). Tato strategie kladení se týká např. čeledí Rhyacophilidae a Philopotamidae. Vajíčka jsou kladena ve šňůrkách nebo jsou nahloučená v nepravidelných plátech. Jeden plát může mít pár vajíček až 800 (HICKIN 1968).

### 1.2.2 Stadium larvy

Larva na rozdíl od dospělého jedince žije ve vodním prostředí. Má výraznou hlavu (caput), hrud' (thorax) a zadeček (abdomen) (HOLZENTHAL 2007). Na spodním pysku ústního ústrojí jsou vývody snovacích žláz. Pomocí sekretu těchto žláz mohou larvy stavět přenosné schránky nebo vytvářet lapací sítě. U některých čeledí larvy schránky nestaví a žijí volně (např. Rhyacophilidae, Philopotamidae) (SEDLÁK 2005; BOUCHARD 2004). U většiny evropských chrostíků, larva prochází pěti larválními stadii a čtyřmi svlékáními. Larvální vývoj (vč. stadia kukly) trvá 7-11 měsíců (REISINGER 2001).

### 1.2.3 Stadium kukly

Larvy čeledi Philopotamidae opouštějí síť, když jsou připraveny se kuklit. Poté kolem sebe stavějí kopulovitý přístřešek, který je spodní stranou spojený s pevným substrátem, jako je velký kámen, nebo skála. Uvnitř kolem sebe larva vytváří tenký, téměř bezbarvý kokon (COWLEY 1978), zato u čeledi Rhyacophilidae se jedinci vyznačují červenohnědým

kokonem (REISINGER 2001). Kokony mohou poskytovat nejen ochranu před predátory, ale i napomáhat přívodu kyslíku, umožňují ukotvení k podkladu a chrání před mechanickým poškozením substrátem (DANKS 2007). Celé stádium kukly trvá 7-28 dní (LELLÁK 1982).

#### 1.2.4 Fáze emergence

Emergence (výlet) je fáze životního cyklu hmyzu, kdy dochází k přechodu z vodního do suchozemského prostředí a z larvy (resp. kukly) se stává dospělý jedinec. Čerstvě vylétnutí jedinci jsou důležitou potravou pro mnoho terestrických živočichů (IVKOVIĆ *et al.* 2013). U většiny druhů, emergence probíhá na jaře a na počátku léta, což představuje první období letové aktivity chrostíků. V létě nastává klidová fáze, kdy se aktivita obou pohlaví výrazně snižuje. Vaječníky samic dozrávají a na podzim jsou plně vyvinuty (WARINGER 1991). Mezi výjimky patří například druhy *Drusus biguttatus* a *Metanoea rhaetica*, které emergují pouze v letních měsících. Také druhy *Allogamus uncatius*, *Chaetopterygopsis maclachlani* a *Melampophylax melampus* emergují pouze v jednom ročním období a to v podzimním. Zato druhy *Wormaldia subnigra* a *Rhyacophila fasciata* emergují po celý rok včetně zimních měsíců (GRAF *et al.* 2008).

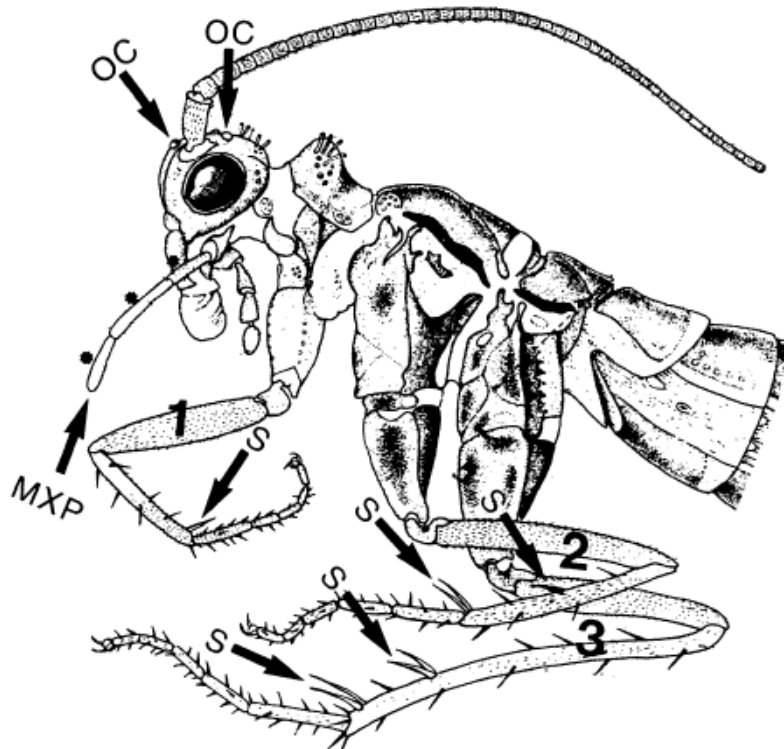
U čeledí Rhyacophilidae a Philopotamidae musí kukla rychle dosáhnout hladiny a plavat ke břehu, aby mohla svléct kuklovou kůžičku (exuvie). Kukly se při plavání ke břehu orientují podle proudění vody, plavou příčně k proudu směrem ke břehu (REISINGER 2001).

Za nejvlivnější podněty emergence jsou obecně považovány světelné záření a teplota vody. Změna teploty vody může zapříčinit dřívější spuštění emergence nebo její opoždění (IVKOVIĆ *et al.* 2013). Druhy s dlouhou periodou emergence jsou méně náchylné k odchylkám vnějších faktorů. Oproti tomu krátká doba emergence sice zvyšuje pravděpodobnost nalezení partnera k páření, ale synchronní vývoj vodních stádií dělá druhy zranitelnějšími (GRAF *et al.* 2008).

### 1.2.5 Stadium dospělého jedince

Dospělý chrostík je terestrický jedinec nejčastěji se vyskytující poblíž vodního prostředí a poletující kolem břehové vegetace (HOLZENTHAL 2007). Má dva páry blanitých křídel pokryté chloupky. Při odpočinku si je skládá střežovitě nad zadeček. Tvar křídel je proměnlivý. První pár křídel bývá delší než druhý, ačkoliv druhý pár křídel bývá širší. Jejich zbarvení je nenápadné, vyskytuje se v rozmezí od šedých do hnědých odstínů (GONZÁLEZ & VIEIRA-LANERO 2004; HOLZENTHAL 2007). U některých druhů se vyskytuje redukce křídel neboli brachypterie (HOLZENTHAL 2007). Například druh *Rhyacophila vallisclusae* se odlišuje od ostatních evropských druhů rodu *Rhyacophila* právě brachypterii, která se zdá být pozůstalým znakem z doby ledové, který napomáhal druhu přežít ve vodním prostředí (GIUDICELLI & OLIVARI 2010).

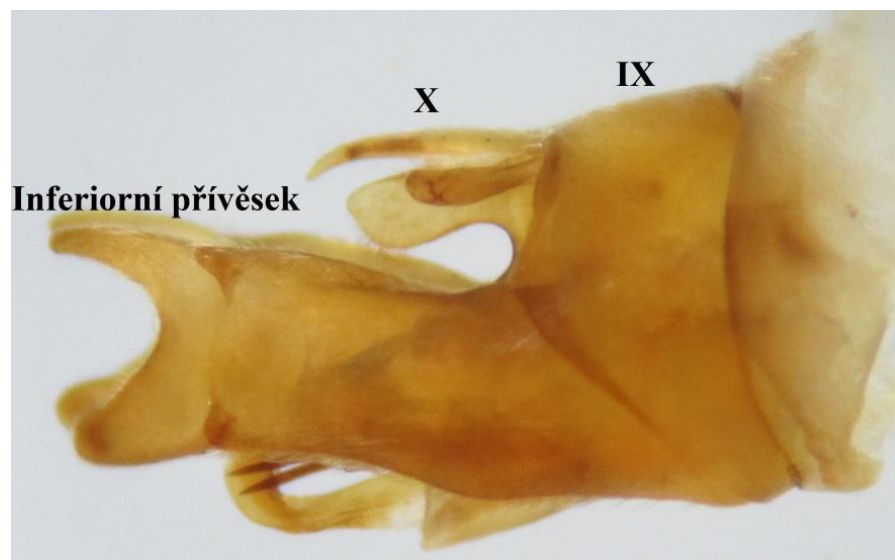
Důležitými morfologickými znaky, pomocí kterých můžeme rozpoznat jednotlivé taxony, je tvar kopulačních orgánů, počet segmentů maxilárních palp, přítomnost či absence jednoduchých oček (ocelli) a počet tibiálních ostnů (viz Obrázek č. 1). Další ukazatele mohou být barva a velikost těla. Velikost evropských chrostíků se pohybuje mezi 2 až 60 mm (REISINGER 2001).



Obrázek č. 1: Důležité determinační znaky. OC – jednoduchá očka (ocelli), MXP – maxilární palpy, S – tibiální ostny (převzato z: MALICKY 2004).



Do druhu se dospělý jedinec nejlépe determinuje podle kopulačního ústrojí. Samci mají 9. a 10. abdominální segment sklerotizován. Segment 10 je mnohem kratší a jeho tvar je variabilní (viz Obrázek č. 2). Segmenty mohou nést několik párů přívěsků (např. preanální a inferiorní). Penis (phallus) má obecně trubkovitý tvar a v rámci řádu velkou morfolozickou rozmanitost. Nachází se pod segmentem 10 a je zatažen do membránové dutiny (phallocrypt), která je vytvořena mezi posledními abdominálními segmenty. Samice postrádají pravé kladélko, ale místo toho mají koncové abdominální segmenty (segmenty 8-10 nebo 11) buď prodloužené pro umístování vajíček na podklad, nebo upravené do kratšího provedení pro formování a držení vaječné hmoty. Samičí pohlavní orgány jsou jednodušší v porovnání se samčími. Vnitřní struktura genitálií samice, která přichází do styku s vrcholkem phallusu během kopulace a přijímá samčí ejakulát je často složitá a druhově specifická (HOLZENTHAL 2007).



Obrázek č. 2: Samčí genitálie druhu *Rhyacophila vulgaris*. X-IX – číslo abdominálního segmentu (FROLOVÁ 2016).

#### **1.2.5.1 Páření**

Chrostíci jsou připraveni k rojení po klidové fázi, která může trvat až 24 hodin (REISINGER 2001). Při rojení samci v letu uchopí samice předními nohama a přistanou na vegetaci, kde v klidu probíhá kopulace (HICKIN 1968; LELLÁK 1982). Samotná kopulace trvá asi jednu minutu (HICKIN 1968).

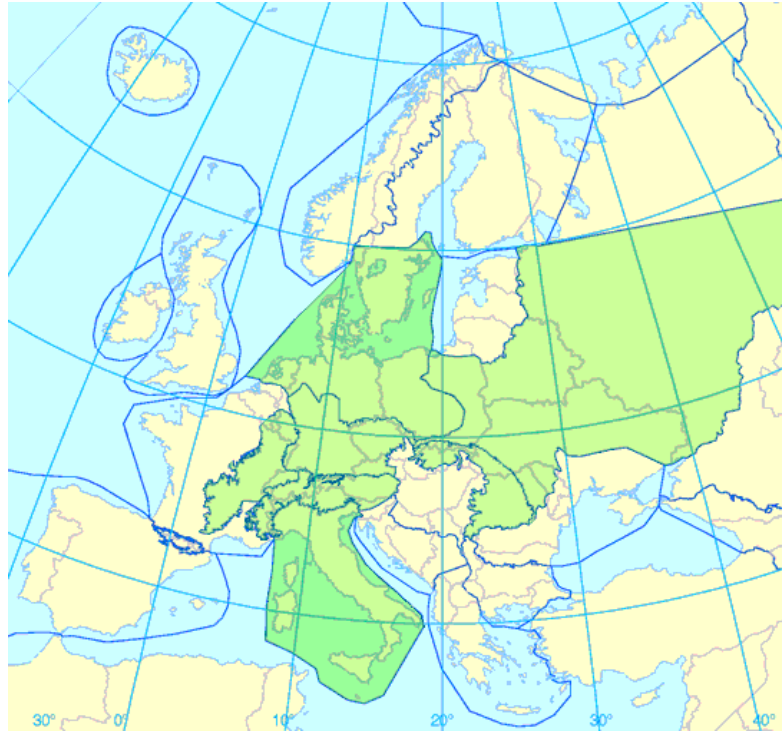
### 1.3 Vybrané druhy

Třemi nejpočetnějšími druhy v této studii byly *Micrasema* sp., *Rhyacophila vulgaris* a *Wormaldia copiosa*. Emergence druhu *Micrasema* sp. již byla popsána kolegyní Mgr. Lenkou Havranovou (Havranová 2015). Proto jsem se v této práci detailněji zaměřila na emergenci druhů *Rhyacophila vulgaris* a *Wormaldia copiosa*.

#### 1.3.1 *Rhyacophila vulgaris* (PICTET, 1834)

Rod *Rhyacophila* zahrnuje 700 druhů a tím se stává nejbohatším rodem z čeledi Rhyacophilidae (COPPA *et al.* 2012). Nejméně 26 druhů se vyskytuje v Rakousku (GRAF *et al.* 2008). Dospělí jedinci mají střední velikost a délka předních křídel se pohybuje kolem 12-13 mm (HICKIN 1968).

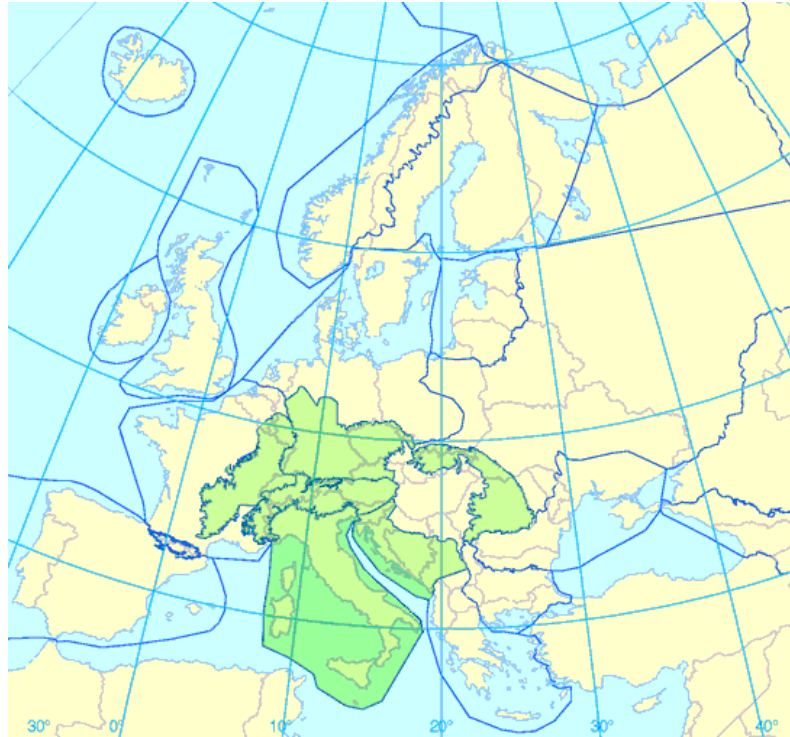
*Rhyacophila vulgaris* se objevuje celkem v sedmi ekoregionech (viz Obrázek č. 3) (GRAF *et al.* 2016). Vyskytuje se v tekoucích vodách a to hlavně v místech s vysokou rychlostí proudění vody (WARINGER 1984; GRAF *et al.* 2008). To potvrzují i parametry preference rheo-index (RIB) a rhitral-type-index (RTI). RIB popisuje afinitu taxonu k aktuální rychlosti vody. Podle něj je *Rhyacophila vulgaris* typický taxon lotického ekosystému (BANNING 1990). RTI popisuje afinitu taxonu k rhitrální oblasti řeky či pramenu. Taxonům jsou přiřazeny hodnoty od 1 do 5, kdy vysoká hodnota značí taxon typický pro tuto oblast toku. *Rhyacophila vulgaris* byla ohodnocena hodnotou 4, což značí vysokou preferenci k rhitrální zóně toku (BISS *et al.* 2002). Těžištěm výskytu druhu je horní pstruhové pásmo (epirithral), kde se maximální teplota vody pohybuje k 9 °C a průměrná letní teplota je mezi 5-10 °C (HOLZINGER *et al.* 1999, GRAF *et al.* 2008). Druh se řadí do potravně funkční skupiny predátor (10/10) (GRAF *et al.* 1995). *Rhyacophila vulgaris* preferuje jako substrát hrubý štěrk až kameny do 20 cm (GRAF *et al.* 2008). Potenciální ohrožení druhů globálním oteplováním zachycuje Climate change vulnerability score (CCVS). CCVS je numerická hodnota získaná ze šesti ekologických vlastností jednotlivých druhů a to endemický výskyt, mikroendemický výskyt, teplotní preference, preference nadmořské výšky, preference zón v toku a životní historie. Taxonům jsou přiřazeny hodnoty od 0 do 6, kdy nejvyšší hodnota značí vysokou zranitelnost vůči klimatickým změnám. Druhu *Rhyacophila vulgaris* bylo přiřazeno skóre 0, znamenající žádnou zranitelnost pod vlivem klimatických změn (HERSHKOVITZ *et al.* 2015).



Obrázek č. 3: Mapa rozšíření druhu *Rhyacophila vulgaris* (převzato z: GRAF *et al.* 2016).

### 1.3.2 *Wormaldia copiosa* (McLACHLAN, 1868)

Rod *Wormaldia* v současné době pojímá 204 druhů, z nichž 36 druhů se vyskytuje v Evropě (VITECEK *et al.* 2015). Samec *Wormaldia copiosa* má velikost předních křídel mezi 6-7 mm (MALICKY 2004). Druh se vyskytuje v šesti ekoregionech (viz Obrázek č. 4) (GRAF *et al.* 2016). *Wormaldia copiosa* (viz Obrázek č. 5) žije převážně v menších tocích horských pásem (WARINGER & GRAF 2011). Těžištěm jeho výskytu je hlavně pramenná stružka (hypokrenal), kde je maximální teplota vody pod 9 °C. V pramenech preferuje spíše pomalejší proud a místa, kde se vytváří tůň (pool) (GRAF *et al.* 2008). O tom také vypovídá hodnota RTI, která je 2, což znamená že *Wormaldia copiosa* má velmi nízký vztah k rhitrální zóně (BISS *et al.* 2002). Druh preferuje jako substrát hrubý štěrk až kameny do 20 cm (GRAF *et al.* 2008). *Wormaldia copiosa* se řadí mezi pasivní filtrátory (10/10), kdy pomocí své sítě zachytávají hlavně suspendované organické částice (POM) (GRAF *et al.* 2008). Druhu *Wormaldia copiosa* bylo přiřazeno skóre CCVS 1, znamenající velmi nízkou citlivost vůči klimatickým změnám (HERSHKOVITZ *et al.* 2015).



Obrázek č. 4: Mapa rozšíření druhu *Wormaldia copiosa* (převzato z: GRAF *et al.* 2016).



Obrázek č. 5: Dospělý jedinec druhu *Wormaldia copiosa* (FROLOVÁ 2016).

#### 1.4 Cíle práce

Diplomová práce navazuje na bakalářskou práci, která byla vypracována formou rešerše. Cílem této diplomové práce je determinace druhů chrostíků, kteří byli zachyceni emergenčními pastmi a detailní popis průběhu emergence vybraných druhů. To zahrnuje:

1. zhodnocení načasování emergence a délky jejího trvání
2. testování poměru pohlaví u dominantních druhů
3. zjištění rozdílnosti v době výletů mezi samci a samicemi vybraných druhů
4. testování vlivu různých proměnných na emergenci chrostíků

## 2 METODIKA

Diplomová práce navazuje na výzkumný program Ritrodat, který byl prováděn 25 let na biologické stanici v Lunzu v Rakousku. Základem této studie vodních ekosystémů jsou dlouhodobá pozorování (časové řady), která byla nepřetržitě zaznamenávána a jejichž analýza má posloužit k popsání funkčních vztahů a fungování ekologických procesů ve vodním toku (WAGNER & LEICHTFRIED 2003).

### 2.1 Studovaná oblast

Studie se zaměřila na neznečištěný a neregulovaný horský tok Oberer Seebach (47° 15'N, 15°04'0) v Dolním Rakousku, který je největším přítokem jezera Lunzer See (viz Obrázek č. 6). Zkoumaný 100 m úsek se nachází na vápencovém podloží v nadmořské výšce 600 m n. m. (LEICHTFRIED & WAGNER 2008). Důkladné prozkoumání úseku toku propojením dílčích studií nám pomůže lépe porozumět ekologickému fungování vodního toku (WAGNER & LEICHTFRIED 2003).

Na pobřežní oblasti dané lokality převažoval během trvání studie lesní porost. Mezi hlavní zástupce patřil buk lesní (*Fagus sylvaticus*), smrk ztepilý (*Picea abies*) a modřín opadavý (*Larix decidua*) (WAGNER & LEICHTFRIED 2003).



Obrázek č. 6: Potok Oberer Seebach (FROLOVÁ 2015).

## 2.2 Terénní metody Ritrodat

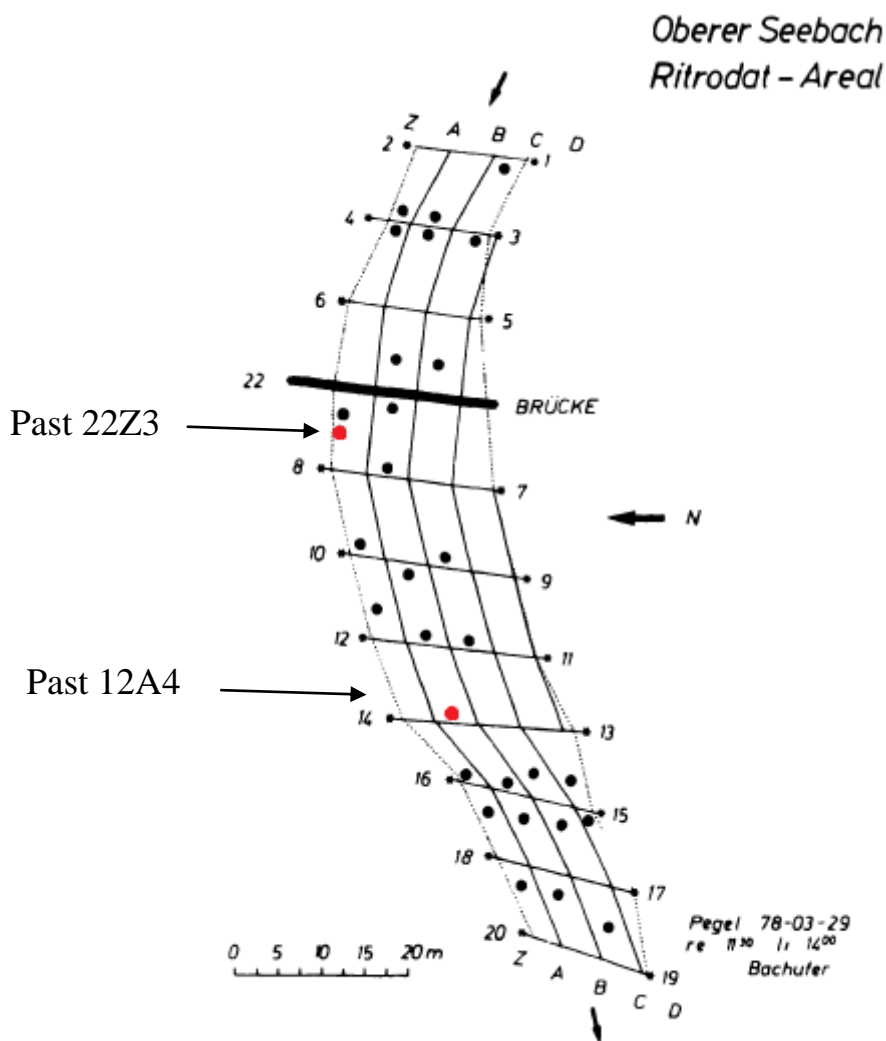
Pro účely programu Ritrodat byla výzkumná oblast pokryta sítí ocelových lan s velikostí ok 5 m<sup>2</sup>, která slouží jako polohovací systém. Tento systém umožňuje přesné stanovení míst odběru vzorků, měření a také jako hlavní zaznamenanatel morfologických změn koryta toku. Pro spolehlivou funkci systému jsou lana ve směru toku označena písmeny a příčně ke směru proudění čísly (WAGNER & LEICHTFRIED 2003).

Pro zachycení emergujícího hmyzu bylo do toku náhodně umístěno 30 pyramidových pastí označených pomocí číselného kódu ocelové sítě (WARINGER 1986) (viz Obrázek č. 7). Emergenční past má otevřený trojúhelníkový základ a boční strany jsou pokryty ocelovou síťovinou, která byla v pravidelných intervalech čištěna kartáčem k udržení stálého průtoku vody. Kvůli nestálé vodní hladině musela být past pevně upevněna do dna toku ocelovými šrouby (WAGNER & LEICHTFRIED 2003). Past nahoře uzavírá odnímatelná válcovitá nádoba z plexiskla, která je plněna konzervační kapalinou (etylenglykolem) uchovávající emergující jedince do dalšího sběru vzorků. Při každém sběru byly vzorky uskladněny a konzervovány ve skleněných zkumavkách v 70% alkoholu (WARINGER 1984). Používané pasti byly pravidelně sledovány a udržovány pracovníky biologické stanice (STUMMER 1982).



Obrázek č. 7: Emergenční past (převzato z: archiv Biologische Station, Lunz am See 2003).

Pro účely této diplomové práce byly vyhodnoceny emergence chrostíků zachycené dvěma zatopenými pastmi 22Z3 a 12A4 (viz Obrázek č. 8). Jejich sloučení nám napomůže k lepšímu popisu emergence a vlivů, jenž na ní působí.



Obrázek č. 8: Umístění vybraných pastí (STUMMER 1982).

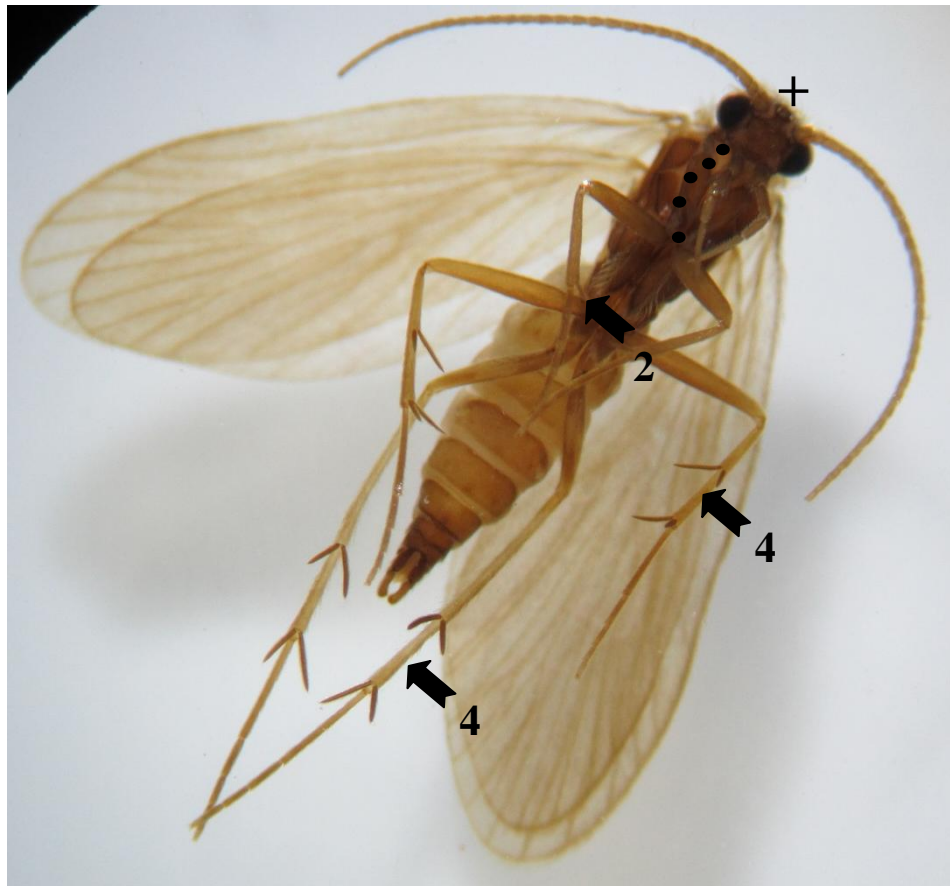
### 2.3 Laboratorní práce

Samotnému určení chrostíků do druhu předchází několik kroků. Nejprve se u dospělého jedince zaměříme na důležité determinační znaky, které po jejich vyhodnocení zařadí chrostíka do konkrétní čeledi a v některých případech až do rodu.

Jedná se zejména o počet tibiálních ostnů na končetinách, které dohromady vytvářejí vzorec (např. 244 u druhu *Wormaldia copiosa*). Následně hodnotíme přítomnost či absenci ocell vyskytujících se okolo báze tykadel a počítáme segmenty maxilárních palp (viz

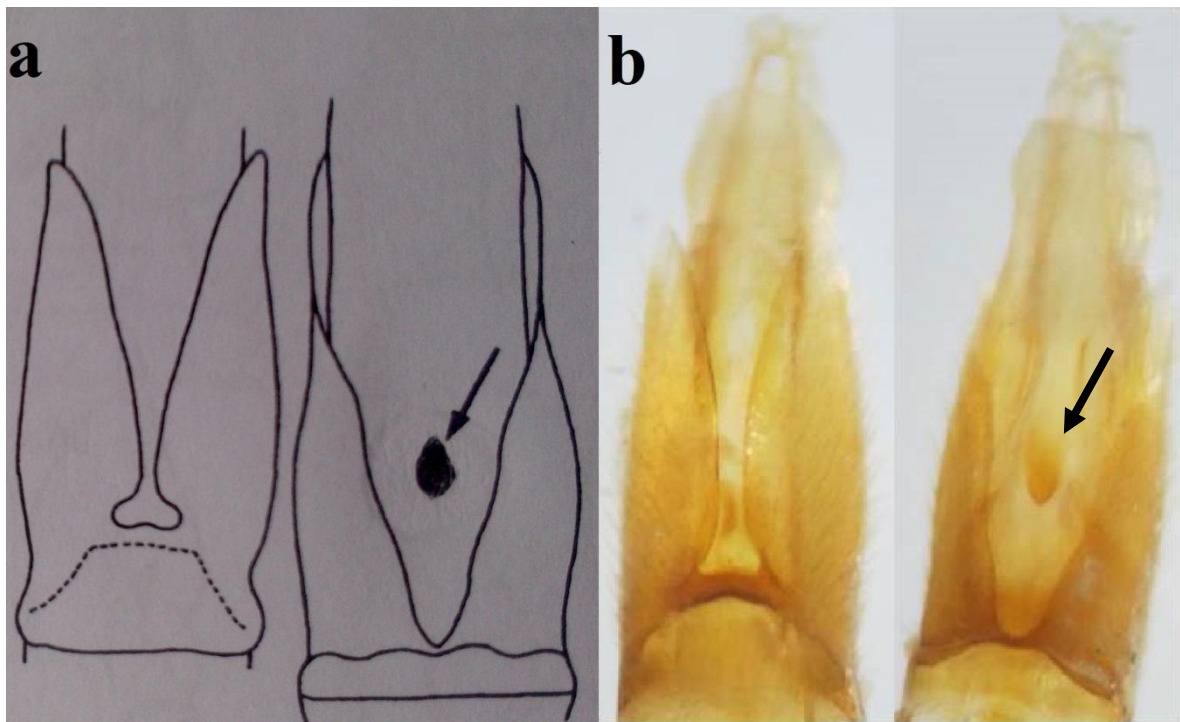


Obrázek č. 9). Počet segmentů maxilárních palp zjišťujeme pouze u samců, poněvadž samice evropských druhů chrostíků mají vždy 5 segmentů. Po zhodnocení těchto determinačních znaků se zaměříme na morfologii kopulačního orgánu chrostíka, podle něhož můžeme jedince determinovat přímo do druhu (MALICKY 2004).



Obrázek č. 9: Determinační znaky u druhu *Wormaldia copiosa* (FROLOVÁ 2016). Plus (+) - přítomnost ocell, tečky (●) – segmenty maxilárních palp (5), šipky – tibiální ostny, čísla – počet tibiálních ostnů (vzorec 244).

Nejprve odstříhneme zadní polovinu abdomenu a vyvaříme ji po dobu 10 minut ve vodném roztoku hydroxidu sodného. Poté pod lupou odstraníme zbývající pojivovou tkáň a jiné nečistoty od kopulačního orgánu (MALICKY 2004). Následně očištěný kopulační orgán porovnááme s dostupnou determinační literaturou (viz Obrázek č. 10). Kopulační orgány byly porovnávány s knižní publikací Atlas of European Trichoptera (MALICKY 2004).



Obrázek č. 10: Determinace podle kopulačního orgánu, a – kopulační orgán ve srovnávací determinační literatuře (Malický 2004), b – kopulační orgán druhu *Rhyacophila vulgaris* (samice) (FROLOVÁ 2016).

## 2.4 Zpracování dat

Z následujících důvodů musela být data před vyhodnocením upravena: 1) sběry dat neprobíhaly na obou pastech zároveň, 2) časové intervaly mezi jednotlivými sběry nejsou shodné a 3) plocha pasti je 100 cm<sup>2</sup>. Během hlavní letové sezóny (duben–říjen) se vzorky sbíraly 1-2x za týden. V březnu, listopadu a prosinci pak 1-2x měsíčně (WARINGER 1986). Častější sběr vzorků v hlavní letové sezóně by v analýzách mohl zapříčinit nadhodnocení dat z letních měsíců. Z těchto důvodů se abundance chrostíků přepočítala na stejné časové úseky, a to na 14ti-denní intervaly. Z důvodu dodržení konvence byly počty výletů přepočítány na 1 m<sup>2</sup>.

Aby proměnné mohly být porovnány s biologickými daty, musely být také přepočítány na 14ti-denní intervaly. U proměnných měření každý den, jako teplota vody a teplota vzduchu, byl spočítán průměr měřených teplot za 14 dní. Proměnné měření nepravidelně, jako hloubka vody, musely být přepočítány na každý den a poté byl opět spočítán průměr měřených hloubek za 14 dní (FEHEROVÁ 2016).

Všechna statistická vyhodnocení byla provedena ve statistickém programu R version 3.2.2. Grafy byly vytvořeny pomocí knihovny ggplot2 (WICKHAM 2009).

Pro zjištění vztahů mezi proměnnými byla použita matice grafů pomocí knihovny readxl (WICKHAM 2015). Pomocí korelačního koeficientu byla odhalena silná korelace mezi proměnnými teplota vody a teplota vzduchu, kde koeficient dosahoval téměř 1. Také se ukázala korelace teploty vody se sněhovými srážkami (0,61) a se dnem v sezóně (0,47). Pro lepší vyhodnocení analýz by měly být proměnné, které silně korelují s dalšími proměnnými vyloučeny, protože nevytvářejí jedinečný přínos pro regresi. Rozhodovala jsem se mezi vyloučením sněhových srážek a dnem v sezóně, kdy nakonec byla vyločena proměnná sněhové srážky, kvůli její silnější korelaci s teplotou vody a také u proměnné den v sezóně může množství emergujících chrostíků ovlivňovat délka dne i doba trvání slunečního záření. Nakonec byly vyloučeny a v další analýze nepoužity proměnné teplota vzduchu a sněhové srážky, kvůli jejich silné korelaci s teplotou vody.

#### 2.4.1 Druhové složení společenstva chrostíků

Pro zhodnocení vývoje druhového složení společenstva chrostíků v pozorovaném období byla použita metoda Non-metric multidimensional scaling (NMDS) implementovaná v R knihovně vegan (OKSANEN *et al.* 2015). Cílem této metody je kolaps mnohorozměrných dat, což umožňuje jejich vizualizaci ve dvourozměrném diagramu. Metoda je založena na vzdálenosti jaccard, která koordinuje data podle podobnosti (MINCHIN 1987). V některých letech byl součet chrostíků menší než 0,2 % celkového počtu. Nízký počet chrostíků by způsobil numerické problémy v některých analýzách. Proto byly tyto roky vyloučeny ze všech analýz. Pro analýzu byla data transformována na  $\log(x+1)$ , ke stabilizaci rozptylu. Metoda NMDS byla použita také pro zobrazení dominantních druhů.

Pro zjištění vztahu mezi hustotou dominantních emergujících druhů a proměnných (teplota vody, den v sezóně a průměrná hloubka) byla použita metoda Canonical correspondence analysis (CCA) implementovaná v R knihovně car (FOX & WEISBERG 2011). V této metodě jsou proměnné v podobě šipek, kdy jejich délka poukazuje na jejich významnost a úhly mezi šípkami mohou ukázat na jejich korelaci. Vzájemné postavení druhů a šipek reflektuje hlavní gradient proměnných v datech (LITTNEROVÁ 2008).

### 2.4.2 Poměr pohlaví

Poměr pohlaví u jednotlivých druhů chrostíků byl testován binomickým testem. Nejdříve jsem testovala nulovou hypotézu ( $H_0$ ) poměr pohlaví druhů chrostíků se rovná 1:1 ( $H_A$ : poměr pohlaví druhů chrostíků se nerovná 1:1). Pro testování této hypotézy jsem vybrala z testů právě binomický test, protože se používá při testování dat, které spadají do dvou kategorií, a chceme testovat, zda se pozorovaný podíl jedinců v každé kategorii odchyluje od našeho očekávání. Hladina významnosti byla stanovena na 5 % ( $\alpha = 0,05$ ).

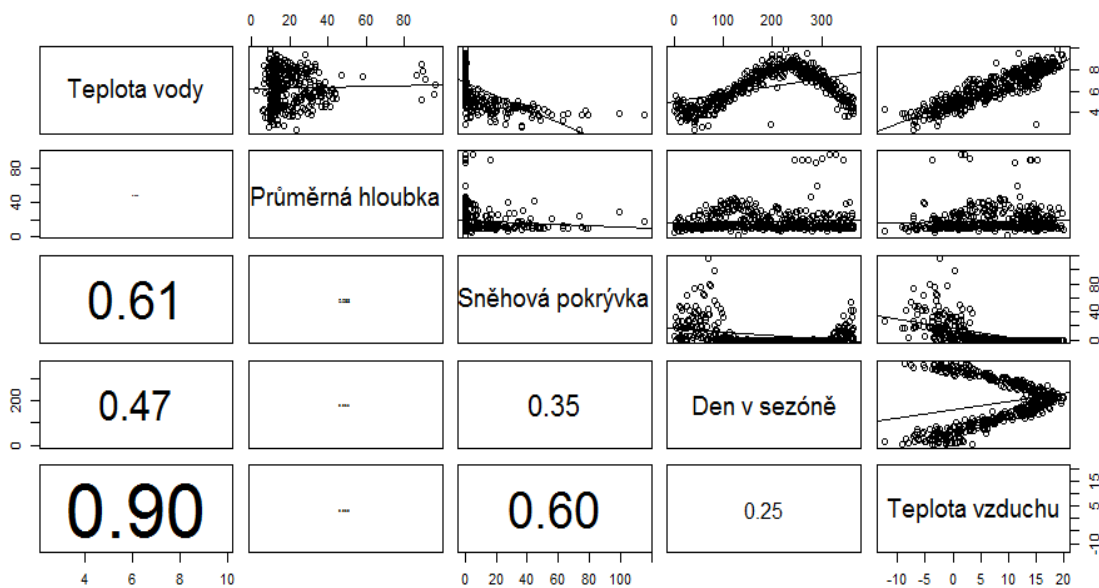
### 2.4.3 Ovlivnění vybraných druhů vnějšími parametry

Pro zjištění vlivu proměnných na hustotu konkrétních vybraných druhů byla použita mnohorozměrná regrese ANOVA pomocí knihovny car (FOX & WEISBERG 2011). Před analýzou jsem si stanovila hypotézu, že nejsilnější vliv na emergenci druhů *Rhyacophila vulgaris* a *Wormaldia copiosa* má teplota vody. K analýze byla některá data transformována, a to biotická data hustoty druhu *Rhyacophila vulgaris* na  $\log(x+0.1)$  a *Wormaldia copiosa* na  $\log(x+0.75)$  a z proměnných průměrná hloubka  $\sqrt{x}$ .

### 3 VÝSLEDKY

Ve sledovaném období (1983-2004) bylo zachyceno celkem 2113 chrostíků ve dvou zatopených pastech na toku Oberer Seebach (viz Tabulka č. 1). V pasti 12A4 bylo determinováno celkem 1211 jedinců chrostíků, kteří reprezentují 25 druhů a spadají do 12 čeledí (HAVRANOVÁ 2015). V pasti 22Z3 bylo určeno 37 druhů, kteří patří do 10 čeledí s celkovým počtem jedinců 902.

Rozsah hodnot abiotických proměnných srovnávaných s biotickými daty: teplota vody (2,39 – 9,89 °C), průměrná hloubka (6,04 – 95,89 cm), sněhové srážky (0 – 115,50 cm), den v sezóně (1 - 366), teplota vzduchu (-9,14 – 20,00 °C). Pro zjištění vzájemných vztahů mezi proměnnými byla provedena matice grafů (viz Obrázek č. 11). Po provedení matice grafů, byly pro následné analýzy vyloučeny proměnné teplota vzduchu a sněhové srážky, kvůli jejich silné korelaci s teplotou vody.

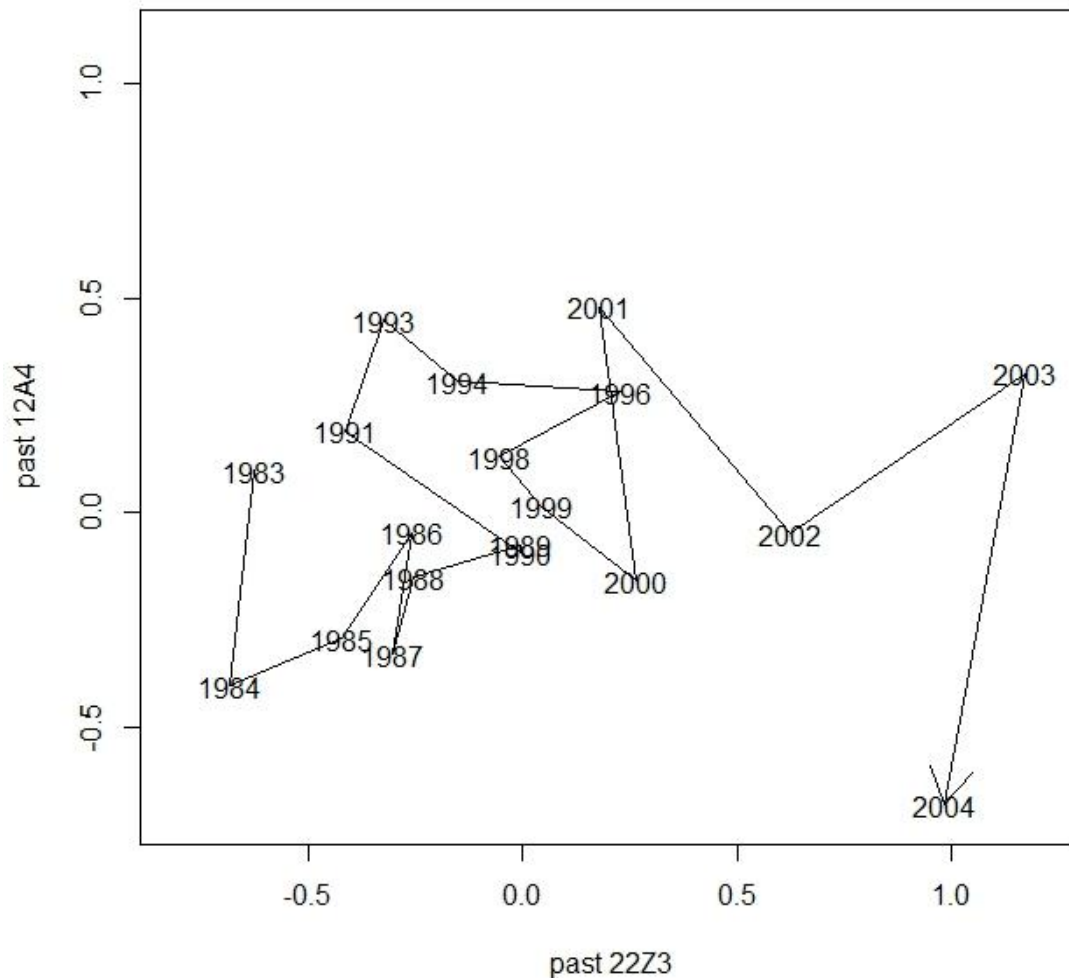


Obrázek č. 11: Matice grafů proměnných. Matice grafů je tvořena úhlopříčkou, grafy s regresní přímkou a grafy s korelačním koeficientem. Úhlopříčku představují proměnné. Pravá strana od uhlopříčky je tvořena grafy s regresní přímkou, kde se osy x a y mění podle proměnných. Levá strana od uhlopříčky je přetočená pravá strana, ale místo grafů je vybavena korelačními koeficienty, které ukazují míru korelace mezi proměnnými.

### 3.1 Druhové složení společenstva chrostíků

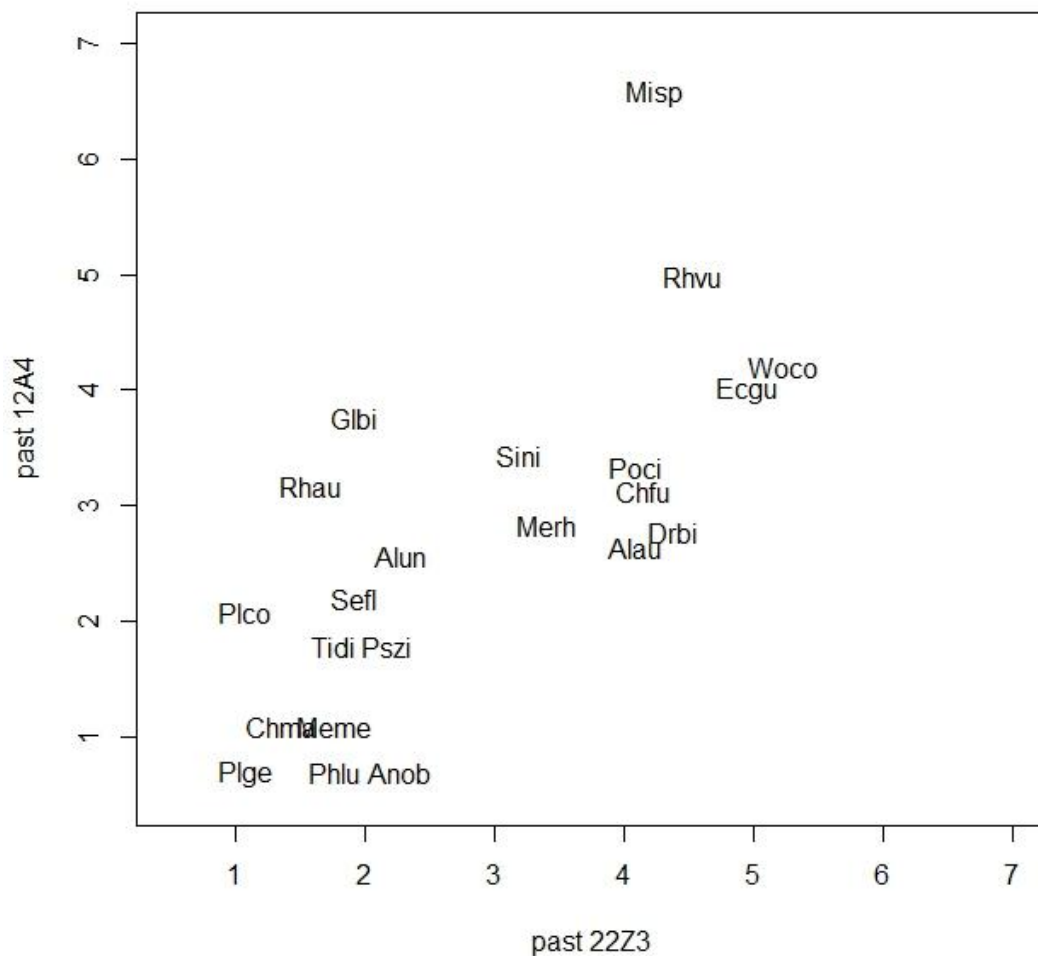
Na prvním grafu, který byl vytvořen analýzou NMDS, můžeme vidět rozprostřené roky od 1983 do 2004, kdy byl prováděn sběr dat (viz Obrázek č. 12). Čím jsou si roky blíže u sebe, tím mají podobnější druhové složení jedinců, kteří v daném roce emergovali.

Druhové složení společenstva chrostíků se v jednotlivých letech liší. Výjimkou jsou roky 1989 a 1990, které jsou si velmi podobné. Rozmístění roků se ubírá jedním směrem. To by mohlo naznačovat určitý trend ve vývoji druhového složení.



Obrázek č. 12: Metoda NMDS - vývoj druhového složení společenstva chrostíků. Letopočty v grafu představují jednotlivé roky, ve kterých probíhal projekt Ritrodat. Pod každým rokem se skrývá druhové společenstvo, které v daném roce emergovalo. Vzdálenost mezi jednotlivými roky poukazuje na podobnost druhových společenstev. Roky jsou propojeny šipkou, která naznačuje trend, kterým se druhové společenstvo ubírá.

Druhý graf, který byl také vytvořen analýzou NMDS, nám ukazuje nejpočetnější druhy za sledované období (viz Obrázek č. 13). Mezi tři nejpočetnější druhy patří *Micrasema* sp., *Rhyacophila vulgaris* a *Wormaldia copiosa*. Na grafu můžeme porovnat dominantnost druhů i u obou pastí jednotlivě. Graf je doprovázen tabulkou, kde jsou znázorněny nejpočetnější druhy s procentuálním zastoupením v celkové emergenci (viz Tabulka č. 1)



Obrázek č. 13: Dominantní druhy. Alau – *Allogamus auricollis*, Alun – *Allogamus uncatius*, Anob – *Annitella obscurata*, Chma – *Chaetopterygopsis maclachlani*, Chfu – *Chaetopteryx fusca*, Drbi – *Drusus biguttatus*, Ecgu – *Ecclisopteryx guttulata*, Glbi – *Glossosoma bifidum*, Meme – *Melampophylax melampus*, Merh – *Metanoea rhaetica*, Misp – *Micrasema* sp., Phlu – *Philopotamus ludificatus*, Plco – *Plectrocnemia conspersa*, Plge – *Plectrocnemia geniculata*, Poci – *Potamophylax cingulatus*, Pszi –

*Pseudipsilopteryx zimmeri*, Rhau – *Rhyacophila aurata*, Rhvu – *Rhyacophila vulgaris*, Tidi – *Tinodes dives*, Sefl – *Sericostoma flavicorne*, Sini – *Silo nigricornis*, Woco – *Wormaldia copiosa*.

Tabulka č. 1: Celkový počet chrostíků emergujících od roku 1983 do 2004. Zvýraznění dominantních druhů. Bra – Brachycentridae, Phi – Philopotamidae, Li – Limnephilidae, Rhy – Rhyacophilidae.

Druhy	1983 - 2004	
	N	%
<i>Micrasema</i> sp. (Bra)	715	33,84
<i>Wormaldia copiosa</i> (Phi)	258	12,21
<i>Rhyacophila vulgaris</i> (Rhy)	239	11,31
<i>Ecclisopteryx guttulata</i> (Li)	197	9,32
<i>Drusus biguttatus</i> (Li)	96	4,54
<i>Potamophylax cingulatus</i> (Li)	87	4,12
<i>Chaetopteryx fusca</i> (Li)	86	4,07
<i>Allogamus auricollis</i> (Li)	73	3,46
Zbytek druhů	362	17,13
Celkový počet	2113	
Počet druhů		39

Poměr pohlaví nejpočetnějších druhů se nachází ve druhé tabulce, kde je také znázorněno procentuální zastoupení samců (viz Tabulka č. 2). U tří druhů je poměr pohlaví signifikantně odlišný od 1:1. Jedná se o druhy *Ecclisopteryx guttulata* ( $P < 2,2 \times 10^{-16}$ ), *Rhyacophila vulgaris* ( $P < 2,2 \times 10^{-16}$ ) a *Drusus biguttatus* ( $P = 9,44^{-8}$ ), u nichž byla přítomnost samic vysoce dominantní. U ostatních druhů je velká pravděpodobnost poměru pohlaví 1:1. Patří k nim *Wormaldia copiosa* ( $P = 0,7557$ ), *Potamophylax cingulatus* ( $P = 0,6683$ ), *Chaetopteryx fusca* ( $P = 1$ ) a *Allogamus auricollis* ( $P = 0,1006$ ).

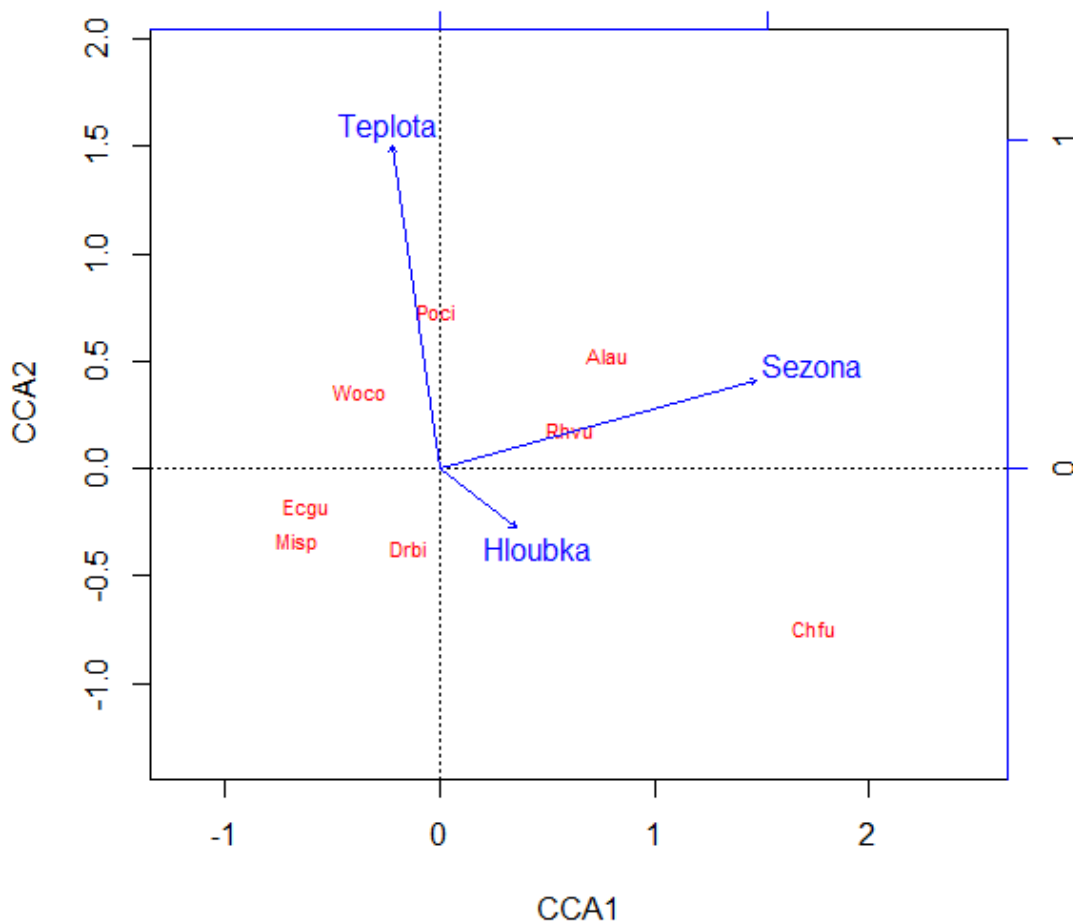


Tabulka č. 2: Poměr pohlaví (jako procentuální zastoupení samců) u sedmi nejpočetnějších druhů (\*P < 0,05).

Druhy	1983 - 2004
<i>Ecclisopteryx guttulata</i> (Li)	8,63*
<i>Wormaldia copiosa</i> (Phi)	51,16
<i>Rhyacophila vulgaris</i> (Rhy)	12,13*
<i>Potamophylax cingulatus</i> (Li)	52,87
<i>Chaetopteryx fusca</i> (Li)	50
<i>Drusus biguttatus</i> (Li)	22,91*
<i>Allogamus auricollis</i> (Li)	39,72

Canonical correspondence analysis (CCA) byla použita k vyhodnocení vztahu dominantních druhů k proměnným (viz Obrázek č. 14). Sada proměnných, teplota vody (Teplota), den v sezóně (Sezona) a průměrná hloubka (Hloubka), vysvětlují 24 % variability u dominantních druhů chrostíků. Z celkového vlivu proměnných tvoří teplota vody, den v sezóně a průměrná hloubka 48,69%, 16,42% a 1,14%.

Podle položení druhů mezi osami proměnných, můžeme vidět následující. Podle dne v sezóně (Sezona) můžeme chrostíky rozdělit na letní (květen-srpen) a podzimní (září a říjen). Mezi chrostíky, kteří ve větším počtu emergují dříve, jsou *Micrasema* sp. (Misp), *Ecclisopteryx guttulata* (Ecgu), *Wormaldia copiosa* (Woco), *Drusus biguttatus* (Drbi). Druh *Potamophylax cingulatus* (Poci) se nachází na hranici léta a podzimu. Mezi později emergujícími chrostíky patří *Rhyacophila vulgaris* (Rhvu), *Allogamus auricollis* (Alau) a *Chaetopteryx fusca* (Chfu). Podle sezónní preference se u druhů odvíjí i teplotní optimum vody, ve kterém emergují. Druhy, které emergují na začátku léta se pohybují v nižším teplotním rozsahu, zato druhy emergující v létě se pohybují v nejvyšších teplotách vody. Podobně jako brzy emergující druhy se vyskytují v teplotním rozsahu i druhy, které emergují na podzim. Druh *Chaetopteryx fusca* (Chfu) emerguje v největším počtu nejpozději ze všech dominantních druhů a snáší nejnižší teplotní stupnici. Na druhou stranu u druhu *Potamophylax cingulatus* (Poci) byla zjištěna nejvýraznější pozitivní korelace s teplotou vody.



Obrázek č. 14: Metoda CCA – vztah mezi dominantními druhy a proměnnými. Proměnné – teplota vody (Teplota), den v sezóně (Sezona) a průměrná hloubka (Hloubka). Druhy – *Micrasema* sp. (Misp), *Ecclisopteryx guttulata* (Ecgu), *Drusus biguttatus* (Drbi), *Wormaldia copiosa* (Woco), *Potamophylax cingulatus* (Poci), *Rhyacophila vulgaris* (Rhvu), *Allogamus auricollis* (Alau) a *Chaetopteryx fusca* (Chfu).

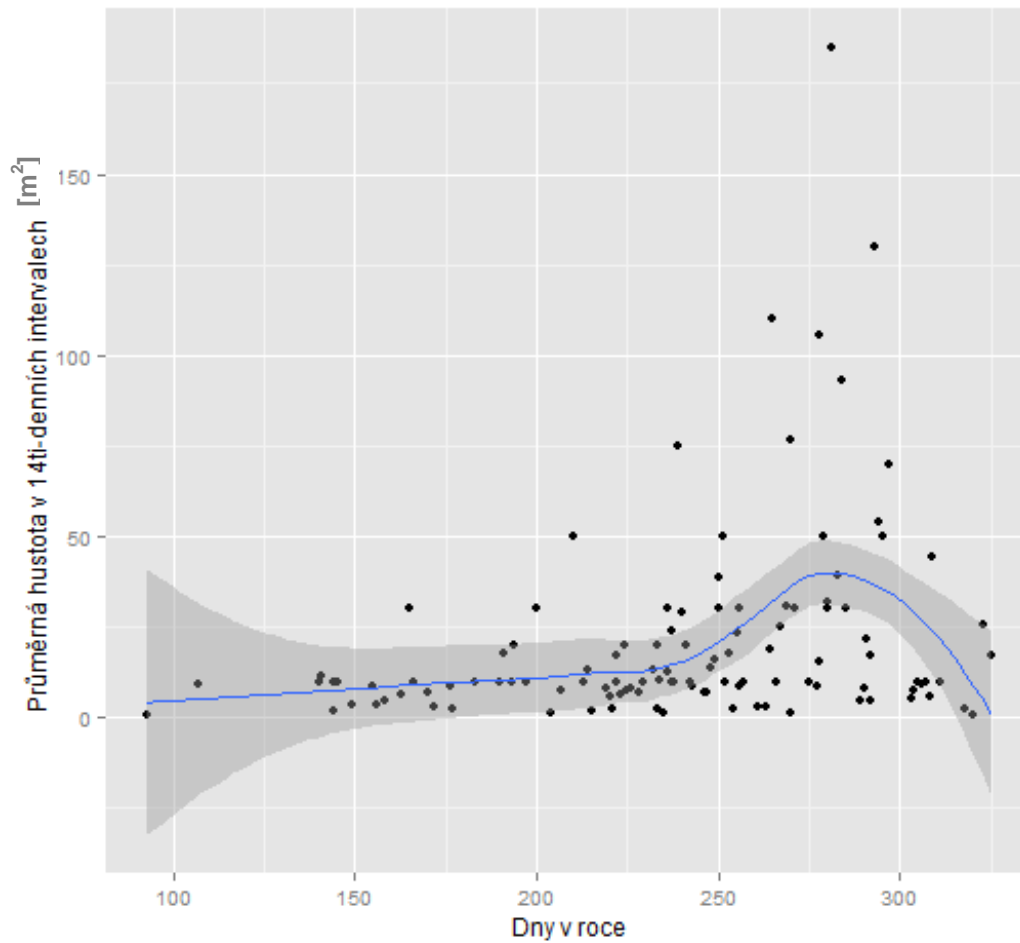
## 3.2 Popis emergence vybraných druhů

### 3.2.1 *Rhyacophila vulgaris*

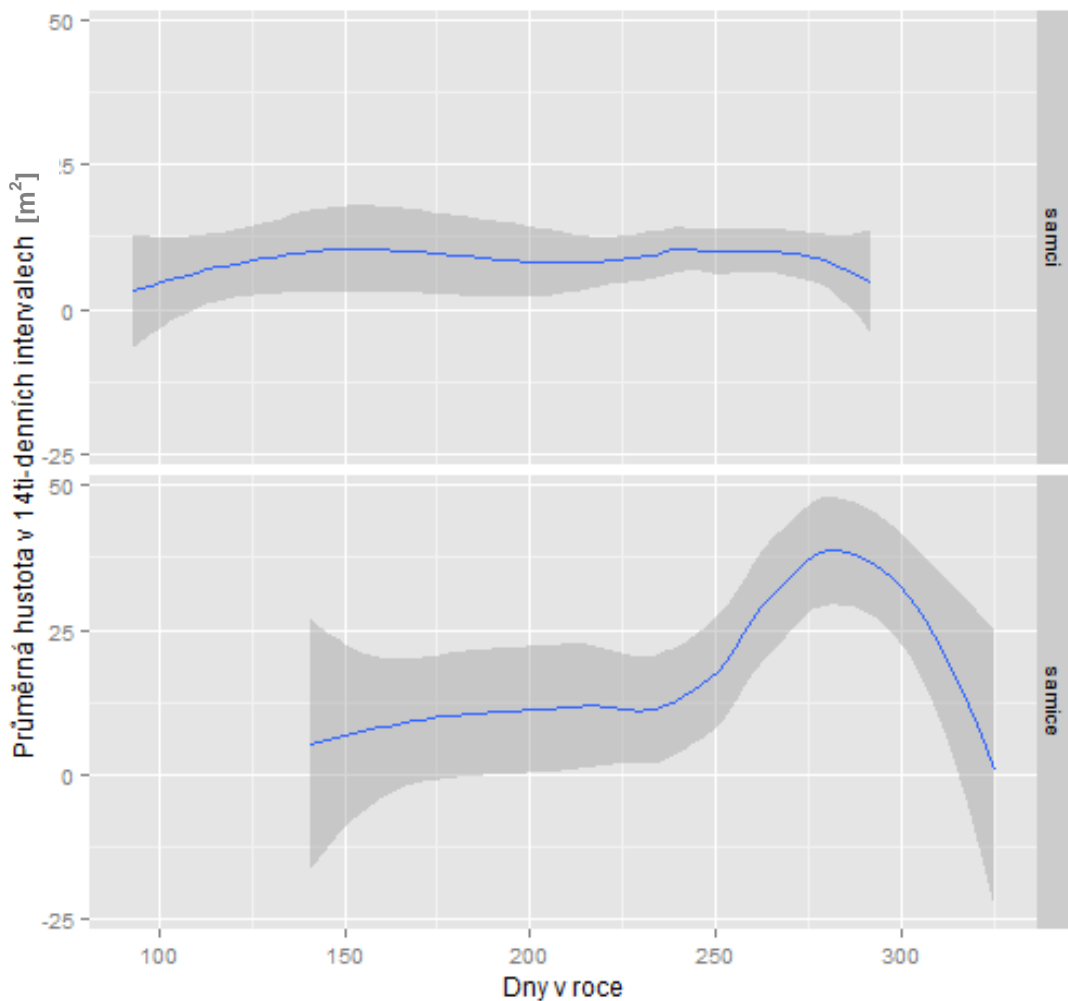
Druh *Rhyacophila vulgaris* začíná emergenci na začátku dubna a poslední jedinci vylétávají na konci listopadu. Jeho emergence je pozvolná a trvá osm měsíců. Úplným vrcholem emergence se jeví začátek října (viz Obrázek č. 15).

Samci a samice druhu *Rhyacophila vulgaris* emergují nesynchronně. Samci emergují před samicemi a taky u nich emergence dříve ustupuje. Samci emergují od začátku dubna do druhé poloviny října. Zato samice emergují od začátku května do druhé

poloviny listopadu. Vrchol emergence u samic je začátek října, ale u samců není žádný vrchol viditelný (viz Obrázek č. 16).



Obrázek č. 15: Načasování emergence druhu *Rhyacophila vulgaris*.

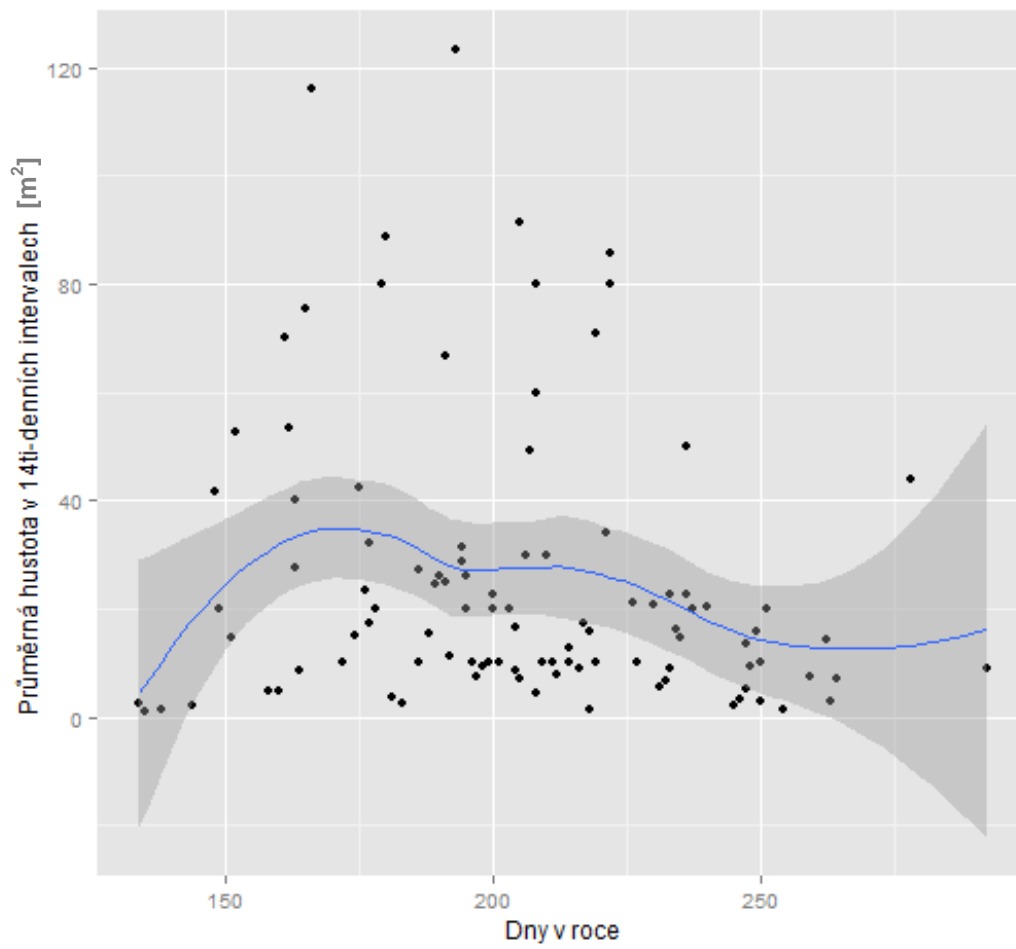


Obrázek č. 16: Rozdíl v načasování emergence mezi samci a samicemi druhu *Rhyacophila vulgaris*.

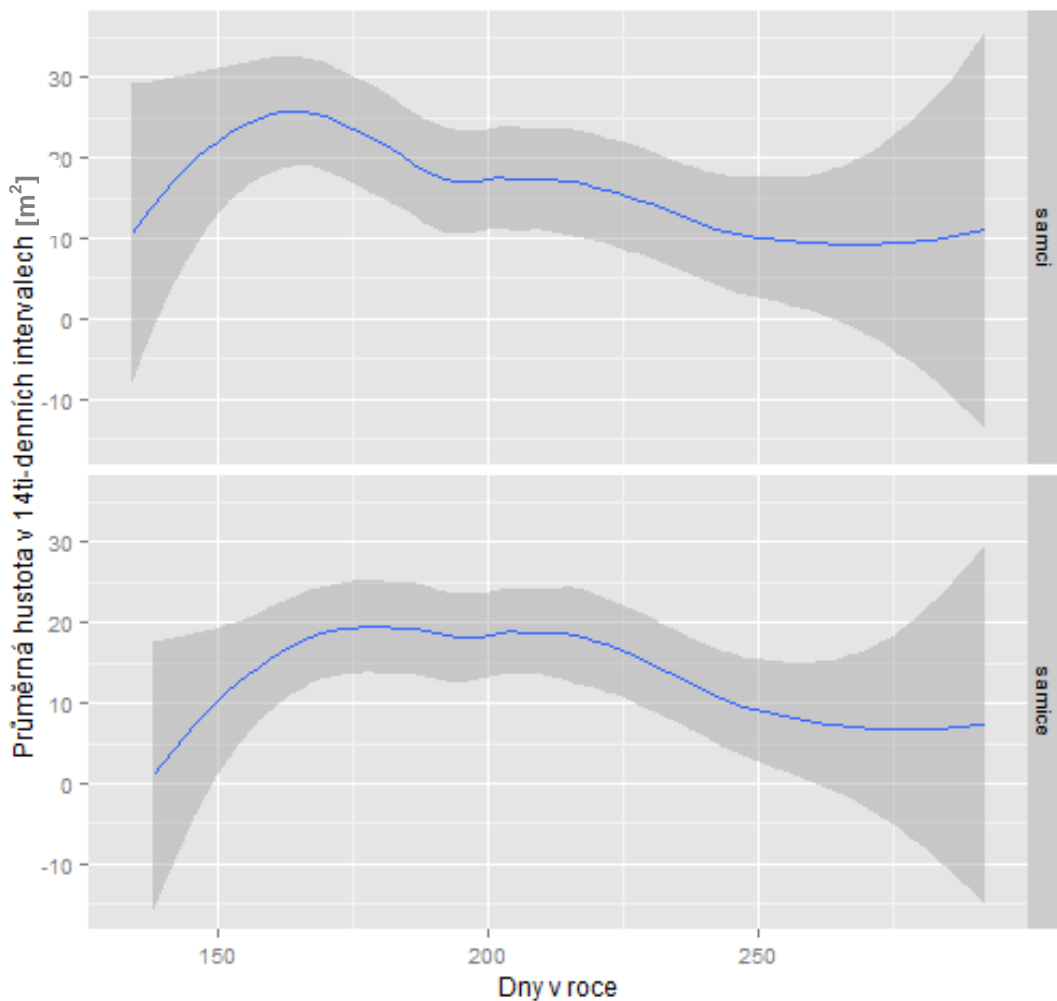
### 3.2.2 *Wormaldia copiosa*

Druh *Wormaldia copiosa* začíná emergenci od poloviny května do začátku druhé poloviny října. Emergence má rychlý nástup a trvá zhruba 5 měsíců. Jedinci v první polovině emergence dosahují největšího vrcholu, který se objevuje na začátku druhé poloviny června, poté dosahují druhého vrcholu emergence na začátku srpna (viz Obrázek č. 17).

Samci a samice druhu *Wormaldia copiosa* vylétávají synchronně, obě pohlaví začínají emergenci v polovině května a končí na začátku druhé poloviny října. Samci akorát zahajují emergenci o tři dny dříve. U samic jsou oba vrcholy emergence vyrovnané, zato u samců je první vrchol vyšší než druhý (viz Obrázek č. 18).



Obrázek č. 17: Načasování emergence druhu *Wormaldia copiosa*.



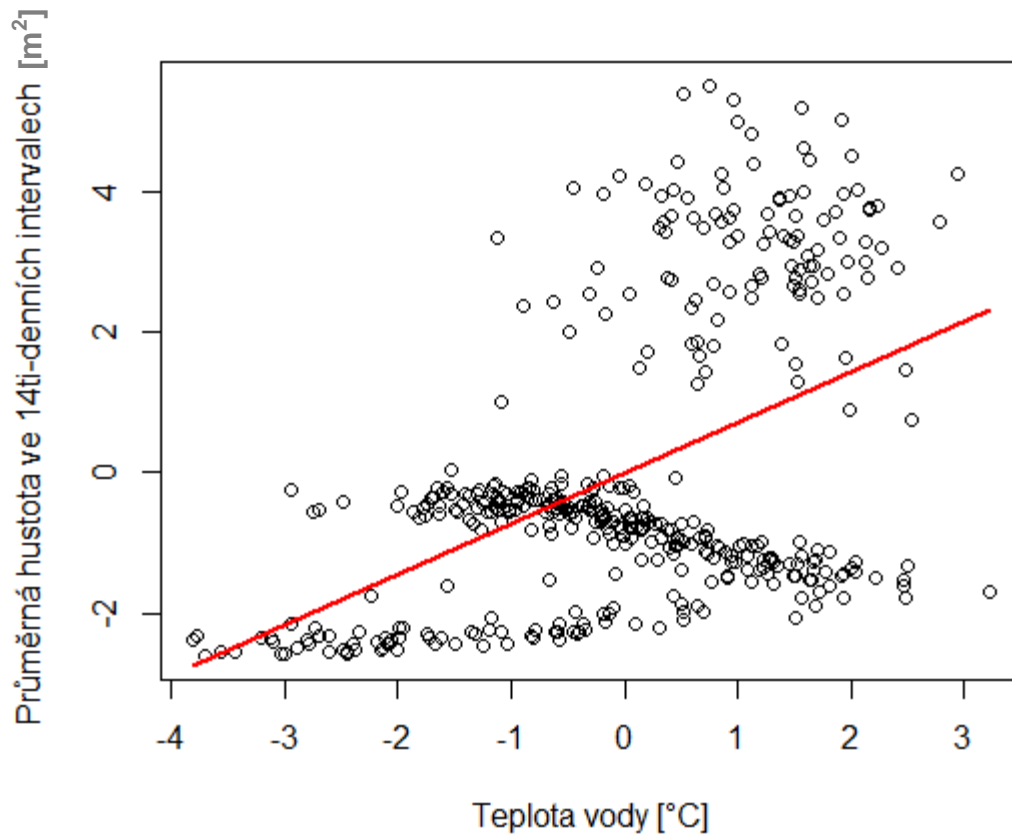
Obrázek č. 18: Rozdíl v načasování emergence mezi pohlavími druhu *Wormaldia copiosa*.

### 3.3 Vliv vybraných faktorů prostředí na emergenci vybraných druhů

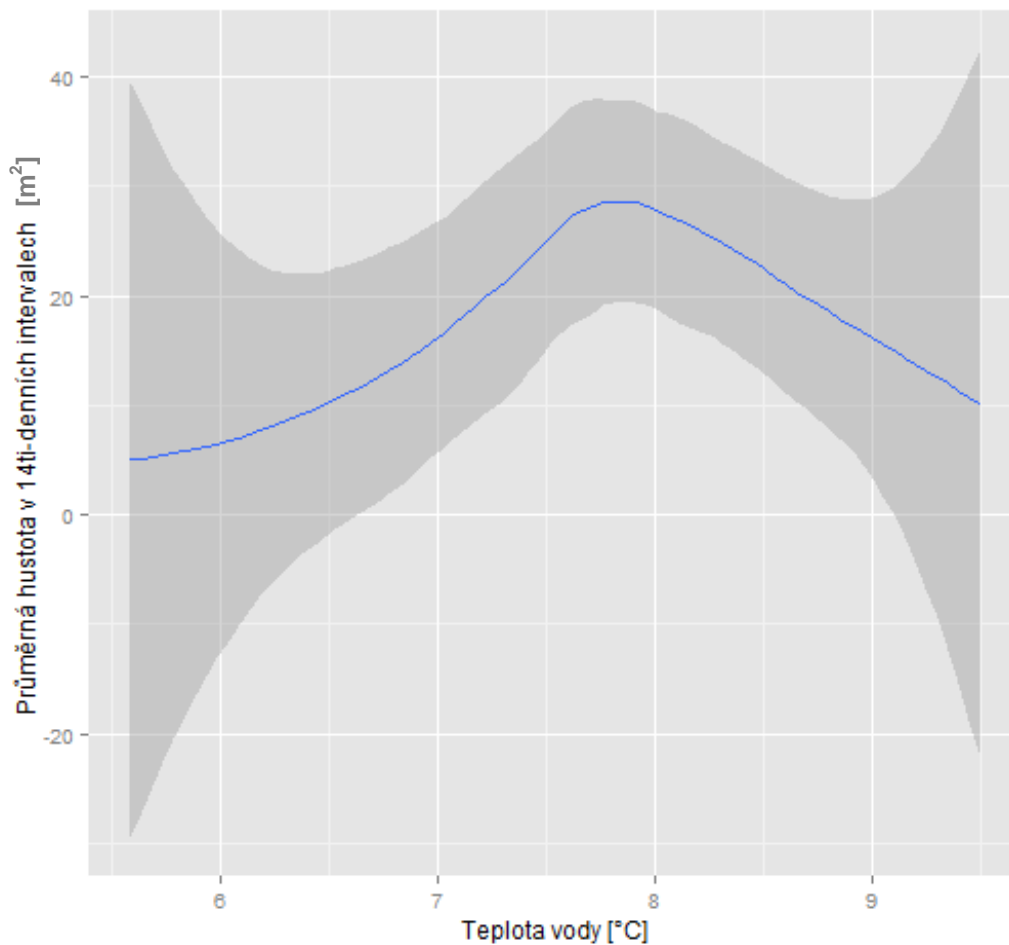
#### 3.3.1 *Rhyacophila vulgaris*

Vliv proměnných na početnost druhu *Rhyacophila vulgaris* byl zjištěn pomocí vícenásobné regrese ANOVA. Teplota vody se ukázala jako statisticky významná pro vliv na početnost druhu ( $P < 2 \times 10^{-16}$ ), na rozdíl od průměrné hloubky ( $P = 0,1382$ ) a dnu v sezóně ( $P = 0,0988$ ), které se ukázaly jako statisticky nevýznamné. Sada proměnných vysvětluje 31,53% variabilitu druhu *Rhyacophila vulgaris*. Z analýzy vychází graf, na kterém můžeme vidět závislost hustoty druhu na teplotě vody, kde je jasně viditelný trend vzrůstající hustoty se zvyšující se teplotou vody (viz Obrázek č. 19). *Rhyacophila vulgaris*

emerguje v rozpětí teplot vody od 5,5 do 9,5 °C. Teplota vody, při které druh nejvíce vylétává, se pohybuje mezi 7,5–8 °C (viz Obrázek č. 20).



Obrázek č. 19: Závislost hustoty druhu *Rhyacophila vulgaris* na teplotě vody.

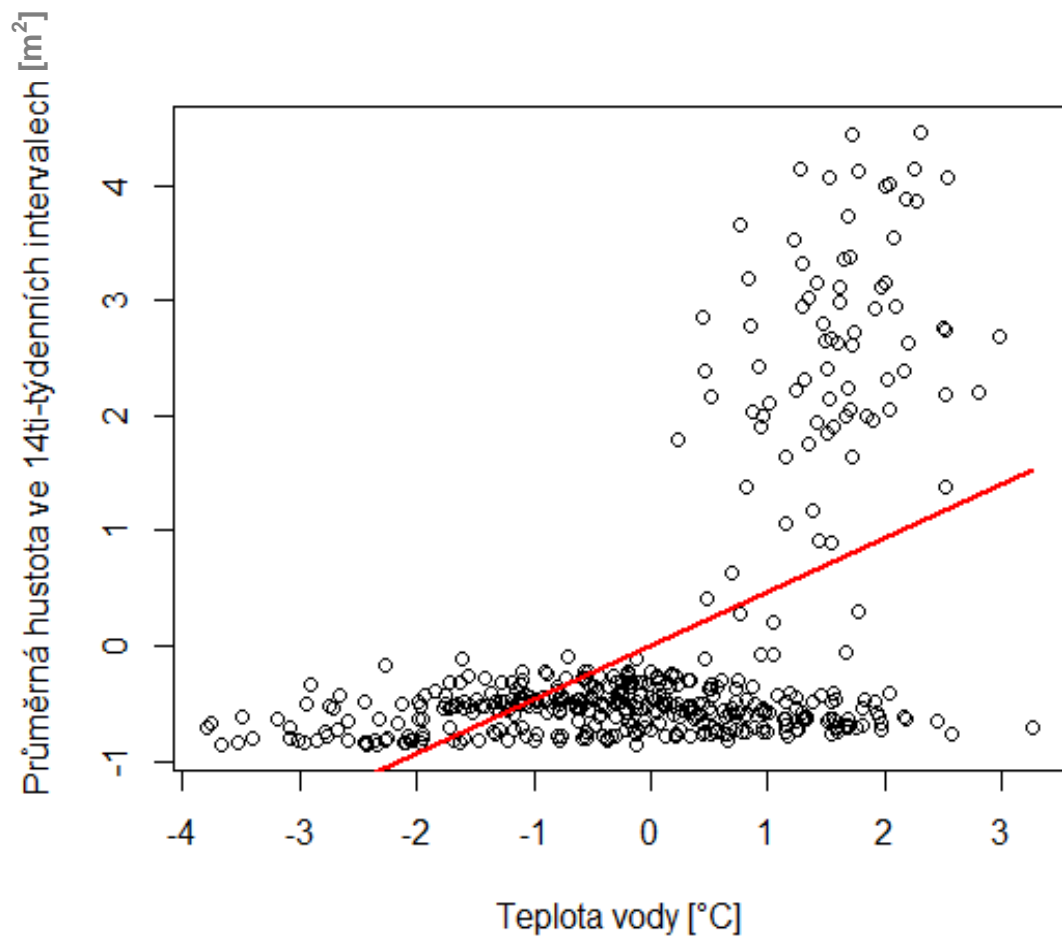


Obrázek č. 20: Rozmezí teplot, při kterých druh *Rhyacophila vulgaris* emerguje.

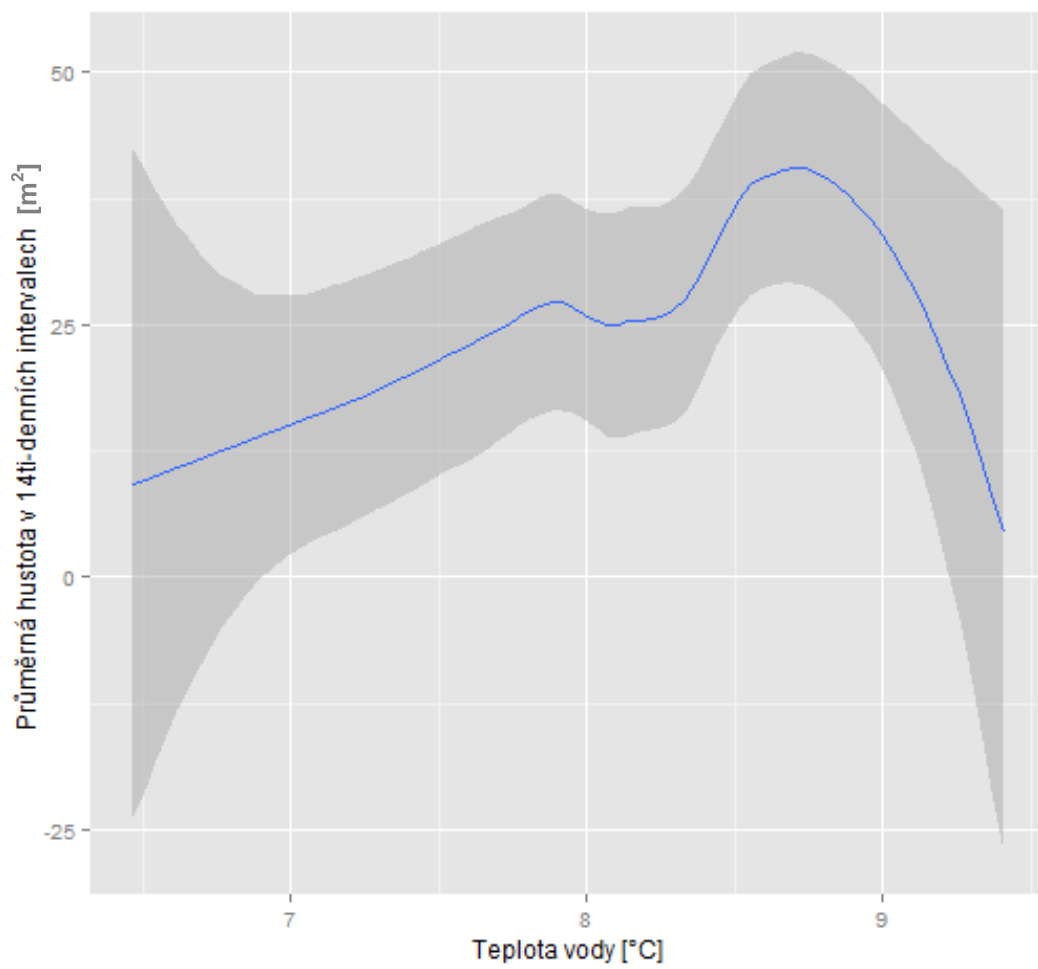
### 3.3.2 *Wormaldia copiosa*

Vliv proměnných na početnost druhu *Wormaldia copiosa* byl zjištěn pomocí vícenásobné regrese ANOVA. Teplota vody se ukázala jako nejvíce statisticky významná pro vliv na početnost druhu ( $P < 2.2 \times 10^{-16}$ ), dále se jako statisticky významný prokázal den v sezóně ( $P = 7,309 \times 10^{-05}$ ) a průměrná hloubka ( $P = 0,01201$ ). Sada proměnných vysvětluje 28,19% variabilitu druhu *Wormaldia copiosa*. Z analýzy vychází graf, na kterém můžeme vidět závislost hustoty druhu na teplotě vody, kde je jasně viditelný trend vzrůstající hustoty se zvyšující se teplotou vody (viz Obrázek č. 21). *Wormaldia copiosa* emerguje, když se teplota vody pohybuje od 6,5 do skoro 9,5 °C. Nejvíce jedinců vylétává, když voda dosahuje teploty mírně nad 8,5 °C (viz Obrázek č. 22).





Obrázek č. 21: Závislost hustoty druhu *Wormaldia copiosa* na teplotě vody.



Obrázek č. 22: Rozmezí teplot, při kterých druh *Wormaldia copiosa* emerguje.

## 4 DISKUZE

Diplomová práce nese název „Zhodnocení emergence vybraných druhů chrostíků“ a popisuje emergenci druhů a vliv vnějších faktorů na emergenci samotnou. Diplomová práce navazuje na dlouholetý projekt Ritrodat.

Pro zachycení emergujících chrostíků v rámci projektu byly použity emergenční pasti pyramidového tvaru. Tento typ byl vybrán kvůli přínosným vlastnostem, které tyto pasti mají: 1) zachycují dospělé jedince, u kterých by nemělo docházet k velkým problémům s determinací, jak je tomu u larev, 2) umožňují přesnou lokalizaci místa emergence, 3) poskytují informace o životním cyklu chrostíků a 4) mají skvělý předpoklad pro využití ve faunistickém průzkumu (ILLIES 1983; WARINGER 1986). Studie využívající tyto pasti mohou trvat delší dobu, protože ztráta biomasy (kvůli zachycení) je nahrazena driftujícími jedinci z vyšších částí toku (WARINGER 1996). TOCKNER & WARINGER (1997) poznamenali ve své studii zaměřené na drift, která probíhala také na toku Oberer Seebach, že největší podíl driftujících chrostíků tvoří právě čeledi Limnephilidae, Rhyacophilidae a Philopotamidae, do nichž spadají studované druhy.

K popisu emergence chrostíků byly vybrány dvě trvale zatopené pasti (22Z3 a 12A4). Data z odběrů byla pro vyhodnocení sloučena. Sloučení dat bylo adekvátní vzhledem ke srovnatelnému umístění pastí v toku. V obou pastech bylo zachyceno podobné množství jedinců i počet čeledí chrostíků, což rovněž potvrzuje podobnost obou pastí.

### 4.1 Fauna a taxonomie chrostíků na potoce Oberer Seebach

Během let 1983-2004 bylo zachyceno 2113 jedinců chrostíků, kteří patří do 13 čeledí a 39 druhů. Výsledek metody NMDS nám ukazuje vývoj struktury chrostíků v jednotlivých letech v podobě šipky, která naznačuje trend, kterým se druhové složení ubírá. Po sobě následující roky v rozmezí 1983-2000 jsou si poměrně podobné a rozdíly mezi nimi lze považovat za přirozenou variabilitu vzorků populace. Od roku 2000 však dochází k velkým skokům mezi jednotlivými po sobě jdoucími roky. Ty mohou být způsobeny buď skutečnými změnami druhového složení společenstva chrostíků, nebo nepravidelnými odběry. Celkově se dle dostupných dat zdá, že se společenstvo chrostíků mění.

Mezi dominantní druhy patří v sestupném pořadí *Micrasema* sp., *Wormaldia copiosa*, *Rhyacophila vulgaris*, *Ecclisopteryx guttulata*, *Drusus biguttatus*, *Potamophylax cingulatus*, *Chaetopteryx fusca* a *Allogamus auricollis*. WARINGER (1986) zachytil všech osm druhů na stejné lokalitě Oberer Seebach během let 1980 až 1982 a rovněž představovali dominantní druhy emergujících chrostíků (WARINGER 1986). Tyto nejpočetnější druhy jsou charakterizovány tím, že preferují buď rychlý proud vody (*Rhyacophila vulgaris*, *Micrasema* sp., *Allogamus auricollis* a *Drusus biguttatus*), anebo pomalejší tekoucí vodu s klidnějšími stojatými zónami (*Chaetopteryx fusca*, *Potamophylax cingulatus* a *Wormaldia copiosa*) (GRAF *et al.* 2008). Moje dvě pasti se nacházejí v částech toku, kde voda proudí relativně rychle (WARINGER 1991), čemuž odpovídá i dominance druhů s preferencí rychle proudící vody jako *Rhyacophila vulgaris* a *Micrasema* sp.

## 4.2 Emergence dominantních druhů

Dominantní druhy chrostíků emergovaly od února do prosince a jejich emergence má dva vrcholy (viz Obrázek č. 23). Vyšší vrchol je tvořen druhy emergujícími v létě. Nejpočetnějším z těchto druhů je *Micrasema* sp. Druhý, menší vrchol je tvořen hlavně podzimními druhy, jako *Rhyacophila vulgaris*, *Allogamus auricollis* a *Chaetopteryx fusca*. Tento výsledek je ve shodě s WARINGER (1991), který navíc nejvyšší emergenci druhů *Drusus biguttatus* a *Potamophylax cingulatus* zaznamenal v podzimním vrcholu. Já jsem zjistila nejvyšší emergenci těchto druhů spíše v létě. Co se týče celkového časového rozmezí emergence, PETERSEN *et al.* (1999) ve své studii na potoce Broadstone v UK zaznamenal emergenci druhu *Potamophylax cingulatus* od začátku srpna do konce října. Na druhou stranu WARINGER (1986) zaregistroval výlety tohoto druhu už od začátku června, tak jak je to i v této práci. Odlišná délka emergence je nejspíše způsobena odlišnými klimatickými podmínkami, které na jedince působí na daných lokalitách (tj. Britské ostrovy a rakouské Alpy).

Metoda CCA nám ukázala vliv parametrů (den v sezóně, teplota vody a hloubka) na emergenci dominantních druhů. Vrcholy emergence jednotlivých dominantních druhů jsou v souvislosti s parametrem „den v sezóně“ v chronologickém pořadí *Micrasema* sp., *Ecclisopteryx guttulata*, *Wormaldia copiosa*, *Drusus biguttatus*, *Potamophylax cingulatus*, *Rhyacophila vulgaris*, *Allogamus auricollis* a *Chaetopteryx fusca*. WARINGER (1986)

zaznamenal v letech 1980-1982 na stejné lokalitě téměř stejné vrcholy emergence. Jednou výjimkou je vrchol emergence druhu *Potamophylax cingulatus*, který předcházal vrcholu druhu *Drusus biguttatus*. To může být způsobeno tím, že se jedná o druhy emergující na pomezí letního a podzimního období, jak bylo zmíněno výše. Také ve své pozdější studii WARINGER (1996) potvrdil, že u *Chaetopteryx fusca* se jedná zásadně o druh emergující na podzim. Poměr emergujících samců a samic nebyl u dominantních druhů vždy vyrovnaný.

Poměr pohlaví byl zjištěn u sedmi dominantních druhů. Z důvodu zachycení pouze samic druhu *Micrasema* sp. nebyl poměr pohlaví zjišťován. Tato extrémní nerovnováha byla u rodu *Micrasema* zaznamenána i v letech 1980-1982, kdy byl poměr samic a samců 422:3 (WARINGER 1986). Také u druhů *Ecclisopteryx guttulata*, *Rhyacophila vulagris* a *Drusus biguttatus* byl zaznamenán velký nadbytek samic. Nadbytek samic u druhů *Ecclisopteryx guttulata* a *Rhyacophila vulgaris* se vyskytl i v letech 1980-1982 (WARINGER 1986). Podle zjištěných výsledků můžeme zamítnout nulovou hypotézu, že poměr pohlaví u chrostíků se rovná 1:1, protože u druhů *Ecclisopteryx guttulata*, *Rhyacophila vulgaris* a *Drusus biguttatus* je poměr pohlaví signifikantně odlišný od 1:1.

V ostatních studiích byl také zaregistrován nepoměr pohlaví u chrostíků. Například ANDERSEN (1978) a ANDERSEN *et al.* (1978) popsali nerovnoměrný poměr pohlaví u chrostíků zachycených na světelných pastích, kde docházelo k vyššímu nadbytku samců a samice tvořili v průměru jen 24,4 % ze vzorku. Na druhou stranu PETERSEN *et al.* (1999) zachytil v Malaiseho pastích celkově více samic než samců a zachytil-li WARINGER (1986, 1991 a 1996) nepoměr pohlaví, pak vždy ve prospěch samic.

Existuje několik domněnek, proč u některých druhů při emergenci převládají samci nebo samice. Odlišné chování samců a samic u jednotlivých druhů může zkreslit poměry pohlaví (FINN & POFF 2008). Například u pastí, které se nacházejí na souši (světelné pasti, Malaiseho pasti aj.), popsal NOWINSZKY *et al.* (2014), že samice mají pomalejší let, kvůli vajíčkům, zato samci mají let více aktivní a také se pouštějí do větších vzdáleností od toku. Samice se spíše zdržují blíže k toku, kvůli kladení vajíček do vody nebo její blízkosti (PETERSEN *et al.* 1999). Dokonce u druhu *Chaetopteryx villosa* bylo pozorováno, že samice nelétá, zůstává na zemi a čeká na samce (WARINGER 1996). U emergenčních pastí MALICKY (2002) a WARINGER (1984 a 1996) popsali, že vyšší počet zachycených samic, může být způsoben tím, že past využívají jako substrát pro kladení vajíček a jsou spláchnuty do odběrné nádoby. WARINGER (1984 a 1996) také

zmínil možnost fakultativní partenogeneze, která byla pozorována u rodu *Apatania*. Rovněž uvedl, že nižší počet samců by mohl být zapříčiněn velikostí ok pasti, kterými se mohli menší druhy dostat z emergenční pasti ven (WARINGER 1984, 1996). Podle PIANKA (1978), citovaného NOWINSZKYM *et al.* (2014), může být vyšší počet samic strategií, která umožňuje samcům pářit se s více samicemi. Také může docházet k vyšší úmrtnosti samců nebo samic v dřívějších instarech (WARINGER 1991).

#### 4.2.1 *Rhyacophila vulgaris* a *Wormaldia copiosa*

Dle mých dat emergoval druh *Rhyacophila vulgaris* na toku Oberer Seebach v rozmezí let 1983-2004 od dubna do listopadu. Celkem emergence trvala 230 dní. Jeho emergence nastupuje pozvolna a vrcholí na začátku října, kdy emerguje nejvíce jedinců tohoto druhu. GRAF *et al.* (2008) potvrdili, že *Rhyacophila vulgaris* emerguje v největších počtech na podzim. WEINZIERL (1992) zaznamenal emergenci druhu v německých Alpách od května do září. Zkrácení doby trvání emergence může být způsobeno působením jinými podmínkami německého toku, který pramení v 1300 m n. m. a ústí v 700 m n. m. V letech 1980-1982 emergoval druh *Rhyacophila vulgaris* po dobu 210 dní a nástup emergence byl velmi pomalý (WARINGER 1986), jak se ukázalo i v této práci. Relativně dlouhé období emergence bylo popsáno i u jiných druhů rodu *Rhyacophila*, konkrétně u druhů *R. balanica* a *R. fasciata*, které vyletovali 7 až 8 měsíců (STANIĆ-KOŠTROMAN *et al.* 2012). Druh *Rhyacophila vulgaris* emerguje déle než půl roku, a proto je označován za acyklický (WARINGER 1984).

Samci a samice druhu *Rhyacophila vulgaris* mají rozdílné načasování emergence. Ukázalo se, že samci vylétávají dříve než samice a emergence také dříve ustupuje. Konkrétně samci emergují od dubna do října a jejich emergence trvá zhruba 195 dní. Zato samice emergují od května přibližně 188 dní. Po posledním emergujícím samci emergují samice ještě měsíc. Takový způsob emergence samců a samic druhu *Rhyacophila vulgaris* popsal i WARINGER (1984, 1986). Podle něj, samci vylétávají 12 dní před emergencí samic, které vylétávají ještě dva měsíce po posledním samci. Podzimní vrchol obou pohlaví probíhá současně. V této práci se ukázal vrchol emergence samic na podzim, ale u samců nebyl žádný vrchol emergence zaznamenán. To zřejmě zapříčinilo zachycení malého množství samců. Emergence samic probíhající ještě měsíc po posledním samci by mohla naznačovat, že se jedná o fakultativně partenogenetický druh. Dokonce NOWINSZKY *et al.* (2016) diskutuje o možné protogynii (tj. samice se během života mění

v samce). Toto vysvětlení však pokládám za nepravděpodobné a přikláním se k partenogenezi, která byla popsána u více druhů chrostíků (ANDERSEN & WIBERGLASRSSEN 1987; WARINGER 1996; BOTOSANEANU & GIUDICELLI 2004). Podle zjištěných výsledků, můžeme označit emergenci samců a samic druhu *Rhyacophila vulgaris* za nesynchronní.

Druh *Wormaldia copiosa* na toku Oberer Seebach emergoval v rozmezí let 1983-2004 od poloviny května do začátku druhé poloviny října. Jeho emergence trvala 153 dní. Emergence má rychlý nástup a vrcholí v červnu, kdy emerguje nejvíce jedinců tohoto druhu. Stejně jako u předešlého druhu *R. vulgaris* byla v německých alpách na toku pramenícím v 1300 m n. m. zaznamenána kratší délka emergence, kdy začala o dva měsíce později, tj. v červenci (WEINZIERL 1992). To potvrzuje, že chladnější podmínky ve vyšších nadmořských výškách zapříčiňují kratší emergenci chrostíků. Také v letech 1980-1982 emergoval druh *Wormaldia copiosa* na toku Oberer Seebach od května do září a je definován jako druh s délkou emergenčního období kolem 4 měsíců (WARINGER 1984).

Samci a samice druhu *Wormaldia copiosa* měli stejné načasování emergence. Ukázalo se, že samci vylétávali pouze o pár dní dříve než samice. Celkově se z výsledků dá ustanovit, že samice a samci druhu *Wormaldia copiosa* vylétávají synchronně.

### 4.3 Vliv vnějších parametrů na emergenci chrostíků

Obecně se emergencí vybraných druhů (tj. *R. vulgaris* a *W. copiosa*) dosud zabývalo jen několik studií. Proto výsledky práce srovnám i s jinými druhy a rody chrostíků. Výsledky této studie ukazují, že teplota vody má největší vliv na emergenci dominantních druhů chrostíků. Zato průměrná hloubka má z měřených parametrů vliv na emergenci nejmenší. Podle výsledků můžeme říct, že s teplotou vody pozitivně korelovaly druhy *Potamophylax cingulatus* a *Wormaldia copiosa* a negativně koreloval druh *Chaetopteryx fusca*. S průměrnou hloubkou vody spíše druhy negativně korelovali, kromě druhu *Chaetopteryx fusca*. U vybraných druhů *Rhyacophila vulgaris* a *Wormaldia copiosa*, se teplota vody prokázala jako statisticky nejvýznamnější parametr ovlivňující jejich emergenci. Počet emergujících jedinců druhu *Rhyacophila vulgaris* klesal po dosáhnutí teploty vody 8 °C a počet emergujících jedinců *Wormaldia copiosa* klesal před dosáhnutím teploty vody 9 °C. Tento výsledek je ve shodě s GRAF *et al.* (2008). U jiného zástupce rodu *Rhyacophila*,

*R. nubila*, je počet emergujících jedinců negativně korelován s hloubkou vody (FJELLHEIM 1996). Druh *Allogamus auricollis* nemá specifické preference na teplotu vody a vyskytuje se v širokém rozpětí teplot (GRAF *et al.* 2008). Ani z výsledků této práce, nemůže být jasně vyhodnocena korelace počtu jedinců tohoto druhu s teplotou. U jiného zástupce rodu *Potamophylax*, *Potamophylax rotundipennis* byla zaznamenána preference pro malý rozsah vyšších teplot. Konkrétně se vyskytuje i k teplotám 18 °C (GRAF *et al.* 2008). U dalšího zástupce rodu *Chaetopteryx*, *C. villosa*, bylo zjištěno, že druh je vysoce závislý na teplotě. V létě podstupuje v larválním stádiu klidovou fázi, aby přečkal vysoké teploty. Tento druh je v negativní korelaci s teplotou vody (HAIDEKKER & HERING 2008).

Vybrané parametry vysvětlili 24 % variability dat u dominantních druhů a až 31 % u vybraných druhů. Velká část variability dat zůstává nevysvětlená, což ukazuje na vliv dalších faktorů. FEIO *et al.* (2005) označili za nevlivnější parametry proud vody, kvalitu podkladu, nadmořskou výšku a alkalitu vody. Také CÉRÉGHINO *et al.* (2002) zdůraznil vliv proudu toku a označil ho za hlavní ekologický faktor. Proto pro další studii by bylo lepší změřit i rychlost proudění v toku. Dalším parametrem může být vítr, jehož vliv na emergenci chrostíků byl ale zpochybněn (WARINGER 1991). Z celkových výsledků této práce můžeme vyhodnotit teplotu jako nejvlivnější parametr na emergenci chrostíků. Teplota vody je obecně považována za důležitý faktor určující charakteristiku životních cyklů (vč. emergence) a metabolismu bezobratlých (ROTVIT & JACOBSEN 2013). V dnešní době se teplotní režim mění kvůli antropogennímu vlivu a klimatickým změnám (HAIDEKKER & HERING 2008). Během programu Ritrodat v rozmezí let 1983-2004 se teplota vody zvýšila o půl stupně. Jsou-li druhy významně ovlivňovány teplotou vody, pak její další zvyšování může mít vliv na jejich existenci. SWEENEY (1993) zdůraznil, že i malá změna teplot (2-5 °C) může ovlivnit životní pochody bezobratlých jako např. růst, velikost dospělých jedinců, plodnost a načasování reprodukce. Bude-li oteplování vody pokračovat stejným tempem, jako mezi lety 1983-2004, pak dojde k navýšení o 2 °C (viz výše) během následujících 60 let. Lze však očekávat, že rychlost oteplování se bude zvyšovat a možné fatální oteplení o 2 a více °C nastane dříve.



## 5 ZÁVĚR

Během sledovaného období (1983-2004) chrostíci nejvíce emergovali v létě a na podzim. Emergence probíhala u jednotlivých druhů specificky. Lišila se v načasování i poměru pohlaví vyletujících jedinců. Na emergenci chrostíků nejvíce působila teplota vody a s ní úzce spjatá sezonalita (tj. den v sezóně). Hloubka vody měla na emergenci menší vliv. Chrostíci obecně emergovali spíše při vyšších teplotách a menší hloubce vody. Výjimkou byl druh *Chaetopteryx fusca*, který nejvíce vylétal při nižších teplotách vody a při vyšší hloubce a emergoval na podzim.

Pro další práci bych navrhovala další sledování lokality, aby se zjistilo, zda se teplota vody stále zvyšuje a mění společenstvo chrostíků. Pro zpřesnění zjištěných výsledků by se mělo rozebrat více pastí, kterých v rámci projektu Ritrodat bylo v toce umístěno 30. Také bych navrhovala zhodnocení vhodnosti pyramidových emergenčních pastí pro studium chrostíků. MALICKY (2002) zjistil, že různé typy emergenčních pastí mají odlišnou úspěšnost při zachycování emergujících jedinců různých řádů semiakvatického hmyzu, což je patrně způsobeno odlišným charakterem emergence těchto řádů.

V rámci této diplomové práce jsem:

- 1) zhodnotila načasování a délku emergence u dominantních druhů chrostíků
- 2) testovala poměr pohlaví u dominantních druhů
- 3) zjistila rozdíly v době výletů mezi samci a samicemi druhů *Rhyacophila vulgaris* a *Wormaldia copiosa*
- 4) testovala vliv vybraných parametrů na emergenci

Cíle této diplomové práce považuji za splněné.

## 6 LITERATURA

- ANDERSEN, T. & WIBERG-LARSEN, P. (1987): Revised check-list of NW European Trichoptera. – *Entomologica Scandinavica* 18: 165-184.
- ANDERSEN, T. (1978): Influence of temperature on the sex ratio of Trichoptera in light-trap catches in western Norway. *Norwegian Journal of Entomology* 25: 149-151.
- ANDERSEN, T., FJELLHEIM, A., LARSEN, R. & OLTO, C. (1978): Relative abundance and flight periods of Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera in a regulated West Norwegian river. – *Norwegian Journal of Entomology* 25: 139-144.
- BANNING, M. (1990): Der Rheo-Index - eine Möglichkeit zur Berechnung der Auswirkungen des Flußstaus auf die benthische Lebensgemeinschaft. *Erweiterte Zusammenfassung der Jahrestagung der DGL in Essen*: 186-190.
- BERACKO, P., LUKÁŠ, J. & CHVOJKA, P. (2012): Časopriestorové zmeny spoločenstva potočnickov (Trichoptera) toku Demänovka. – *Folia faunistica Slovaca* 17 (1): 11-20.
- BISS, R., KÜBLER, P., PINTER, I. & BRAUKMANN, U. (2002): Leitbildbezogenes biozönotisches Bewertungsverfahren für Fließgewässer (aquatischer Bereich) in der Bundesrepublik Deutschland. Ein erster Beitrag zur integrierten ökologischen Fließgewässerbewertung. *Umweltbundesamt Texte* 62/02.
- BOTOSANEANU, L. & GIUDICELLI, J. (2004): Discovery in the Alps of Provence (France) of a new taxon in the entirely parthenogenetic superspecies *Apatania muliebris* (Trichoptera: Apataniidae). – *Revue suisse de Zoologie* 111(4): 707-713.
- BOUCHARD, R. W. (2004): Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest. – *Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul*: 208 pp.
- CÉRÉGHINO, R., CUGNY, P. & LAVANDIER, P. (2002): Influence of Intermittent Hydropeak on the Longitudinal Zonation Patterns of Benthic Invertebrates in a Mountain Stream. – *International Review of Hydrobiology* 87(1): 47-60.
- COPPA, G., GRAF, W. & TACHET, H. (2012): A revised description of the larvae of three species of the *Rhyacophila tristis* group: *Rhyacophila aquitanica*,

- Rhyacophila pubescens* and *Rhyacophila tristis* (Trichoptera: Rhyacophilidae). – *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 48: 215-223.
- COWLEY, D. R. (1978): Studies on the larvae of New Zealand Trichoptera. – *New Zealand Journal of Zoology* 5: 639-750.
  - DANKS, H. V. (2007): How aquatic insects live in cold climates. – *Entomological Society of Canada* 139(4): 443-471.
  - DEWALT, R. D. & WEBB, D. W. (1998): Summer Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera (EPT) species richness and hilsenhoff biotic index at eight stream segments in the lower Illinois River basin. – *Illinois Natural History Survey Center for Biodiversity* 9: 31 pp.
  - DOHET, A. (2002): Are caddisflies an ideal group for the biological assessment of water quality in stream? – *Nova Supplementa Entomologica* 15: 507-520.
  - FEHÉROVÁ, J. (2015): Zhodnocení emergence vybraných druhů čeledi Leuctridae (Plecoptera) [magisterská práce]. – Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.
  - FEIO, M. J., VIEIRA-LANERO, R., FERREIRA, V. & GRAÇA (2005): The role of the environment in the distribution and composition of Trichoptera assemblages in streams. – *Archiv für Hydrobiologie* 164(4): 493-512.
  - FINN, D. S. & POFF, N. LR. (2008): Emergence and Flight Activity of Alpine Stream Insects in Two Years with Contrasting Winter Snowpack. - *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 40(4): 638-646.
  - FJELLHEIM, A. (1996): Distribution of benthic invertebrates in relation to stream flow characteristics in a Norwegian river. – *Regulated rivers: Research & Management* 12: 263-271.
  - FOX, J. & WEISBERG, S. (2011): *An {R} Companion to Applied Regression*. 2nd ed. – Thousand Oaks CA: Sage. Dostupné z: <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>.
  - GIUDICELLI, J. & OLIVARI, G. (2010): Les cours d'eau mediterraneens a regime de soutien karstique Specificites ecologiques et hydrobiologiques. - *Ecologia Mediterranea* 36 (1): 25-44.
  - GONZÁLEZ, M. A. & VIEIRA-LANERO, R. (2004): Tricópteros. In: BARRIENTOS, J. A., *Curso práctico de entomología*. – Univ. Autónoma de Barcelona, Barcelona, 947 pp.

- GRAF, W., GRASSER, U. & WARINGER, J. (1995): Trichoptera. In: MOOG, O., Fauna Aquatica Austriaca. - Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- GRAF, W., MURPHY, J., DAHL, J., ZAMORA-MUÑOZ & LÓPEZ-RODRÍGUEZ, M. J. (2008): Distribution and Ecological Preferences of European Freshwater Organisms. - Volume 1. Trichoptera, edited by Schmidt-Kloiber, A. & Hering, D., Pensoft Publishers (Sofia-Moscow), Bulgaria, 388pp.
- GRAF, W., MURPHY, J., DAHL, J., ZAMORA-MUÑOZ, C., LÓPEZ-RODRÍGUEZ, M. J., & SCHMIDT-KLOIBER, A. (2016): Dataset "Trichoptera". Dostupné z: [www.freshwaterecology.info](http://www.freshwaterecology.info) – the taxa and autecology database for freshwater organisms, version 6.0 (accessed on 30.01.2016).
- HAIDEKKER, A. & HERING, D. (2008): Relationship between benthic insects (Ephemeroptera, Plecoptera, Coleoptera, Trichoptera) and temperature in small and medium-sized streams in Germany: A multivariate study. – *Aquatic Ecology* 42: 463-481.
- HAVRANOVÁ, L. (2015): Zhodnocení emergence vybraných druhů čeledí Brachycentridae a Limnephilidae (Trichoptera) [magisterská práce]. – Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.
- HERING, D., SCHMIDT-KLOIBER, A., MURPHY, J., LÜCKE, S., ZAMORA-MUÑOZ, LÓPEZ-RODRÍGUEZ, M. J., HUBER, T. & GRAF, W. (2009): Potential impact of climate change on aquatic insects: A sensitivity analysis for European caddisflies (Trichoptera) based on distribution patterns and ecological preferences. – *Aquatic Science* 71: 3-14.
- HERSHKOVITZ, Y., DAHM, V., LORENZ, A. W. & HERING, D. (2015): A multi-trait approach for the identification and protection of European freshwater species that are potentially vulnerable to the impacts of climate change. – *Ecological Indicators* 50: 150-160.
- HICKIN, N. E. (1968): Caddis Larvae: Larvae of the British Trichoptera. – Associated University Presses, New Jersey, 479 pp.
- HOLZENTHAL, R. W., BLAHNIK, R. J., PRATHER, A. L. & KJER, K. M. (2007): Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), Caddisflies. – *Zootaxa* 1668: 639-698.

- HOLZINGER, W. E., MILDNER, P., ROTTENBURG, T. & WIESER, C. (1999): Rote Listen gefährdeter Tiere Kärntens. - *Naturschutz in Kärnten* 15: 201 – 212.
- CHAKONA, A., PHIRI, C. & DAY, J. A. (2009): Potential for Trichoptera communities as biological indicators of morphological degradation in riverine systems. – *Hydrobiologia* 621: 155-167.
- ILLIES, J. (1978): *Limnofauna Europaea*. – Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 532 pp.
- ILLIES, J. (1983): Changing concepts in biogeography. – *Annual Review of Entomology* 28: 391-406.
- IVKOVIĆ, M., MILIŠA, M., PREVIŠIĆ, A., POPIJAČ, A. & MIHALJEVIĆ, Z. (2013): Environmental control of emergence patterns: Case study of changes in hourly and daily emergence of aquatic insects at constant and variable water temperatures. – *International Review of Hydrobiology* 98: 104-115.
- LEICHTFRIED, M. & WAGNER, F. H. (2008): Das RITRODAT -Lunz Konzept der Biologischen Station Lunz 1977–2003: Struktur und funktionelle Zusammenhänge im Ökosystem Bach. - *Schriften Verein zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse* 142: 133–161.
- LELLÁK, J., KOŘÍNEK, V., FOTT, J., KOŘÍNKOVÁ, J. & PUNČOCHÁŘ, P. (1982): *Biologie vodních živočichů*. – Karlova univerzita, Praha, 220 pp.
- LITTNEROVÁ, S. (2008): *Mnohorozměrné statistické metody v hodnocení interakcí biologických společenstev a prostředí [bakalářská práce]*. – Masarykova univerzita, Brno.
- MALICKY, H. (2002): A quantitative field comparison of different types of emergence traps in a stream: general, Trichoptera, Díptera (Limoniidae and Empididae). – *Annales de Limnologie* 38 (2): 133-149.
- MALICKY, H. (2004): *Atlas of European Trichoptera*. – Springer, 359 pp.
- MINCHIN, P. R. (1987): An evaluation of relative robustness of techniques for ecological ordinations. - *Vegetatio* 69, 89–107.
- NOWINSZKY, L., KISS, O. & PUSKÁS, J. (2014): Swarming patterns of light trapped individuals of caddisfly species (Trichoptera) in Central Europe. – *Central European Journal of Biology* 9(4): 417-430.

- NOWINSZKY, L., PUSKÁS, J. & KISS, O. (2016): Protandry and protogyny in swarmings of caddisflies (Trichoptera) species in Hungary (Central Europe). - *International Journal of Research in Zoology* 6(1): 1-5.
- OKSANEN, J., BLANCHET, F. G., KINDT, R., LEGENDRE, P., MINCHIN, P. R., O'HARA, R. B., SIMPSON, G. L., SOLYMOS, P., STEVENS, M. H. H. & WAGNER, H. (2015): *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.3-1. Dostupné z: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- PETERSEN, I., FRIBERG, N. & HILDREW, A. G. (1999): Emergence and lateral dispersal of adult Plecoptera and Trichoptera from Broadstone Stream, UK. - *Freshwater Biology* 42: 401-416.
- PIANKA, E. R. (1978): *Evolutionary Ecology*. 2nd ed. - Harper and Row Publishers, New York, 397 pp.
- PIRVU, M. & PACIOGLU, O. (2012): The ecological requirements of caddisflies larvae (Insecta: Trichoptera) and their usefulness in water quality assessment of a river in south-west Romania. - *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 407(3): 13 pp.
- REISINGER, W., BAUERNFEID, E. & LOIDL, E. (2001): *Entomologie pro muškaře od přírodního vzoru k napodobenině*. - Fraus, Plzeň, 282 pp.
- ROTVIT, L. & JACOBSEN, D. (2013): Temperature increase and respiratory performance of macroinvertebrates with different tolerance to organic pollution. - *Limnologica* 43: 510-515.
- SEDLÁK, E. (2005): *Zoologie bezobratlých*. 2. vyd. - Masarykova univerzita, Brno, 337 pp.
- STANIĆ-KOŠTROMAN, S., KUČINIĆ, M., KOLOBARA, A., ŠKOBIĆ, D., KNEZOVIĆ, L. & DURBEŠIĆ, P. (2012): Light-trapped caddisflies (insecta: Trichoptera) as indicators of the ecological integrity of the Lištica river, Bosnia and Herzegovina. - *Entomologia Croatia* 16:21-36.
- STUMMER, CH. (1982): Emergenzuntersuchungen im Ritrodat - areal. - *Jahresbericht Biologische Station Lunz* 5: 77-97.
- SWEENEY, B. W. (1993): Effects of Streamside Vegetation on Macroinvertebrate Communities of White Clay Creek in Eastern North America. - *Proceedings of The Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 144: 291-340.

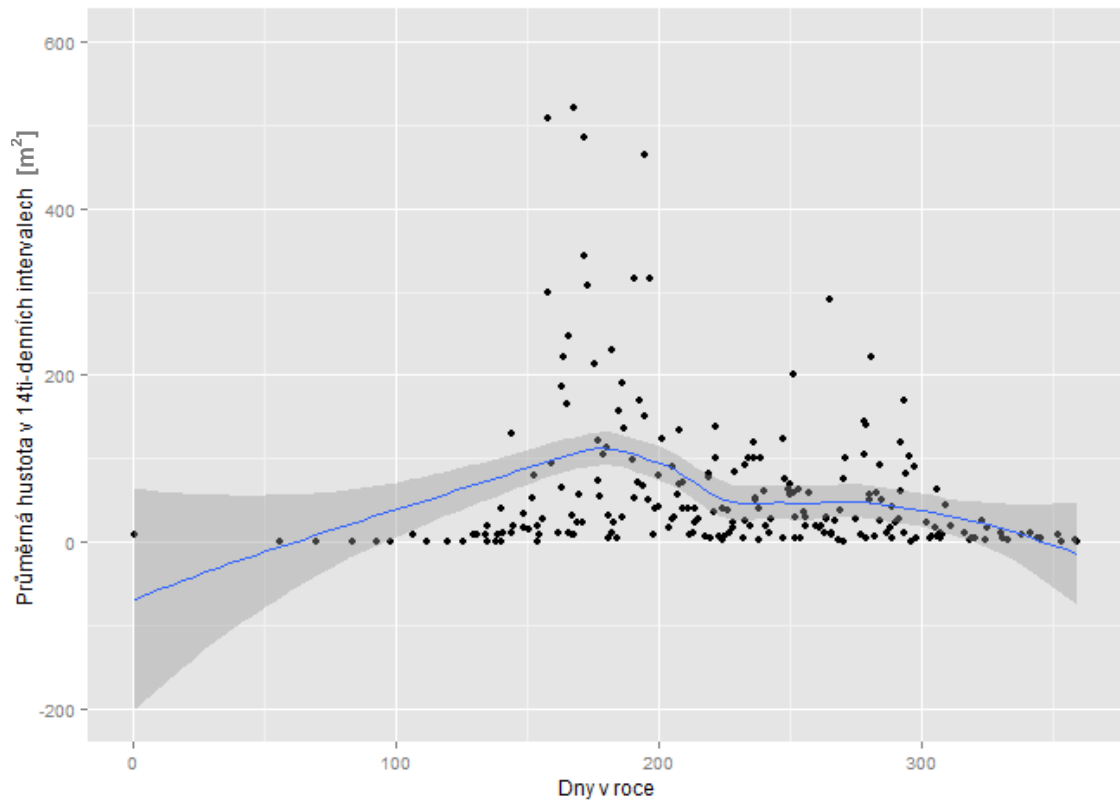
- SYKORA, J. L., KORYAK, M. & FOWLES, J. M. (1997): Adult Trichoptera as indicators of water quality in the Upper Ohio River Drainage Basin. – Proceedings of the International Symposium on Trichoptera 8: 441-444.
- TOCKNER, K. & WARINGER, J. A. (1997): Measuring Drift during a Receding Flood, Results from an Austrian Mountain Brook (Ritrodat – Lunz). - Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie 82(1): 1-13.
- VITECEK, S., PREVIŠIĆ, A., KUČINIĆ, M., BÁLINT, M., KERESZTES, L., WARINGER, J., PAULS, S. U., MALICKY, H. & GRAF, W. (2015): Description of a new species of *Wormaldia* from Sardinia and a new *Drusus* species from the Western Balkans (Trichoptera, Philopotamidae, Limnephilidae). – ZooKeys 496: 85-103.
- WAGNER, F. H. & LEICHTFRIED, M. (2003): Endbericht des Langzeit – Forschungsprogramms RITRODAT. – Austrian Academy of Science, Mondsee, 132pp.
- WARINGER, J. A. (1984): Vorläufige ergebnisse einer untersuchung zur trichopterenemrgenz im “Ritrodat-areal“ des Lunzer Seebaches (N.Ö.). – Jahresbericht Biologische Station Lunz 7: 83-106.
- WARINGER, J. A. (1986): The abundance and distribution of caddisflies (Insecta: Trichoptera) caught by emergence traps in the “Ritrodat research” area of the Lunzer Seebach (Lower Austria) from 1980 to 1982. – Freshwater Biology 16: 49-59.
- WARINGER, J. A. (1991): Phenology and the influence of meteorological parameters on the catching success of light-trapping for Trichoptera. – Freshwater Biology 25: 307-319.
- WARINGER, J. A. (1996): Phenology and Abundance of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera Caught by Emergence Traps at the Weidlingbach near Vienna, Austria. - Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie 81: 63-77.
- WARINGER, J. & GRAF, W. (2011): Atlas of Central European Trichoptera Larvae. – Erik Mauch Verlag, Bobingen, 468 pp.
- WARINGER, J. & GRAF, W. (2013): Key and bibliography of the genera of European Trichoptera larvae. – Zootaxa 3640: 101-151.

- 
- WEINZIERL, A. (1992): Steinfliegen (Plecoptera) und Köcherfliegen (Trichoptera) der Tharau, Chiemgauer Alpen (Bayern). – *Lauterbornia* Heft 10: 61-71.
  - WICKHAM, H. (2009): *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. – Springer, New York.
  - WICKHAM, H. (2015): *readxl: Read Excel Files*.R package version 0.1.0. Dostupné z: <http://CRAN.R-project.org/package=readxl>.

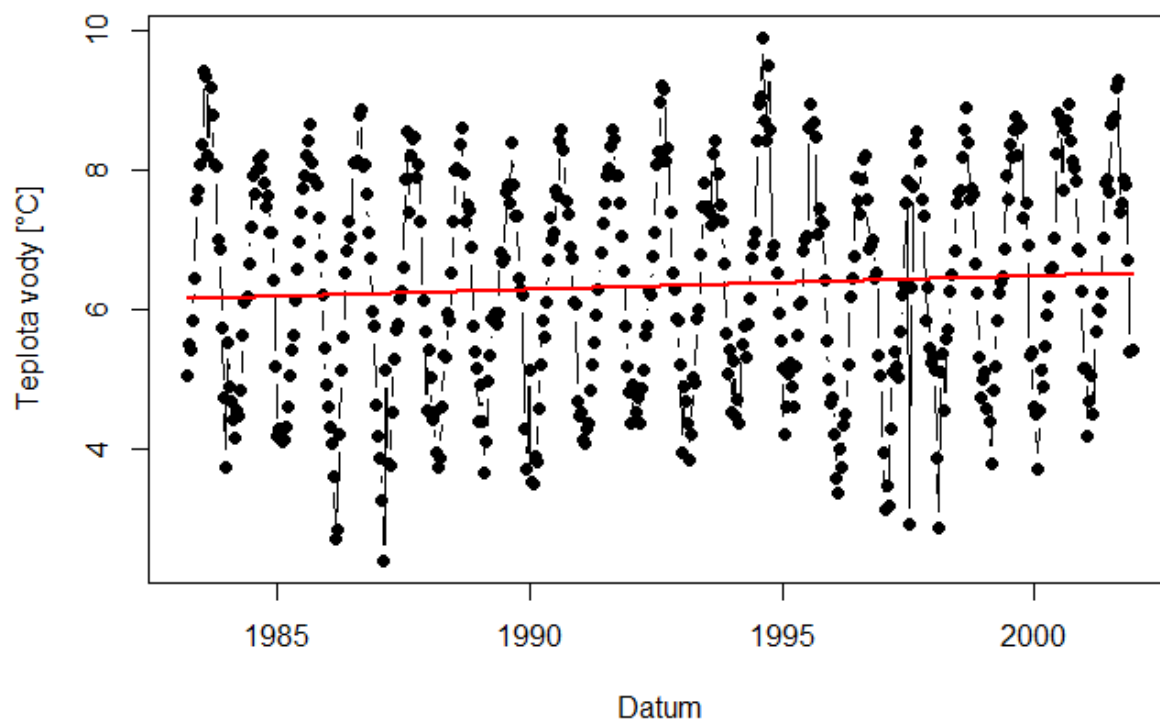


## 7 PŘÍLOHY

### A. Graf načasování emergence dominantních druhů chrostíků.



Obrázek č. 23: : Načasování emergence dominantních druhů.

**B. Graf průběhu teploty vody v letech 1983-2004.**

Obrázek č. 24: Průběh teploty vody v letech 1983-2004.