

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



ZHODNOCENÍ EMERGENCE VYBRANÝCH DRUHŮ ČELEDI BRACHYCENTRIDAE
A LIMNEPHILIDAE (TRICHOPTERA)

Bc. Lenka Havranová

Diplomová práce
předložená
na Katedře ekologie a životního prostředí
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků
na získání titulu Mgr. v oboru
Hydrobiologie

Vedoucí práce: RNDr. Vladimír Uvíra Dr.

Olomouc 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Vladimíra Uvíry Dr. a že jsem použila jen citované literární zdroje.

V Olomouci dne 30.4.2015

.....
podpis

Poděkování

Poděkování patří především vedoucímu práce RNDr. Vladimíru Uvírovi Dr. za vedení práce, ochotu a trpělivost se mnou a mými otázkami a Prof. Leopoldu Fürederovi za neocenitelné rady při zpracování dat. Dále děkuji Dr. Marii Leichtfried za dlouholetou a oddanou práci na projektu Ritrodat, která mi umožnila zpracovávat odebrané vzorky a zabývat se tímto tématem. Ráda bych poděkovala Mgr. Bronislavě Janíčkové, MBA, která nikdy neodmítla pomoc, když se vyskytl sebemenší problém s diplomovou prací. Děkuji i spolužákovi Lukáši Nentvichovi, který mě zasvětil do determinace chrostíků. V neposlední řadě děkuji Ing. Milanu Velichovi za to, že se mnou při psaní diplomové práce neztratil trpělivost a mnohokrát mi pomohl, když jsem tápala se správným vyjádřením svých myšlenek. Děkuji knihovnicím v Holicích, které mi vždy ochotně pomohly dohledat a sehnat potřebné literární zdroje. A nakonec děkuji rodině a přátelům za psychickou podporu.

V Olomouci dne 30. 4. 2015

Havranová L. (2015): Zhodnocení emergence vybraných druhů čeledi Brachycentridae a Limnephilidae (Trichoptera) [Diplomová práce]. Katedra ekologie a životního prostředí PřF UP v Olomouci. Olomouc. 43 s.

Abstrakt:

Nejdůležitější fází životního cyklu vodního hmyzu je emergence, jejíž zákonitosti jsou pro mnoho druhů chrostíků doposud nedostatečně prozkoumané. Tato práce se zaměřuje na zhodnocení emergence vybraných druhů chrostíků: *Micrasema minimum* (Brachycentridae), *Ecclisopteryx guttulata* (Limnephilidae) a *Chaetopteryx fusca* (Limnephilidae). Významným faktorem, ovlivňujícím emergenci vodního hmyzu, je teplota. Průměrná teplota při nástupu emergence u druhu *M. minimum* byla 7,4°C, druh *E. guttulata* emergoval při teplotě vody 8,2°C. Pro každý druh je charakteristický časový průběh i délka trvání emergence. K emergenci druhu *M. minimum* docházelo v průběhu června a července, jen výjimečně i v květnu. Druh *E. guttulata* byl v emergenčních pastech zaznamenán pouze během června a července a druh *Ch. fusca* se vyskytoval od září do prosince. Díky těmto vlastnostem jsou druhy schopny přežít podmínky vnějšího prostředí. Krátká délka trvání emergence zvyšuje možnost nalezení partnera, dlouhá délka trvání emergence snižuje náchylnost na narušení vnějšího prostředí. Synchronizace emergence obou pohlaví zvyšuje pravděpodobnost rozmnožování. Synchronizace byla pozorována pouze u druhu *Ch. fusca*. Intenzita emergence byla hodnocena u druhu *M. minimum* jako 52 % a u druhu *E. guttulata* jako 61 %. Poměr pohlaví ovlivňuje několik faktorů, jako např. typ emergenční pasti, způsob kladení vajíček, nebo odlišné chování jedinců obou pohlaví. U žádného ze sledovaných druhů nebyl potvrzen poměr pohlaví 1:1.

Klíčová slova: životní cyklus, emergence, chrostíci, Brachycentridae, Limnephilidae

Havranová L. (2015): An evaluation of the emergence of selected species of the families Brachycentridae and Limnephilidae (Trichoptera) [Master's thesis]. Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science. Palacky University in Olomouc. 43 p.

Abstract:

Although the most important life stage of aquatic insects, emergence of many caddisfly species and its patterns still remain insufficiently examined. This thesis focuses on the emergence of selected caddisfly species: *Micrasema minimum* (Brachycentridae), *Ecclisopteryx guttulata* (Limnephilidae) and *Chaetopteryx fusca* (Limnephilidae). A crucial factor which significantly affects aquatic insect emergence is temperature. The emergence of *M. minimum* was started at a water temperature was 7,4°C, the emergence of *E. guttulata* was stimulated at a temperature was 8,2°C. Each species' emergence has its characteristic timing and length. The emergence of *M. minimum* peaked in June and July, with exceptional occurrence in May. *E. guttulata* was collected in emergence traps only in June and July, whereas the length of the emergence period of *Ch. fusca* ranged from September to November. These qualities allow the species to survive external environmental conditions. A short emergence period increases chances of attracting mates, whereas a long emergence period reduces the species' susceptibility to external conditions. Synchronised timing of emergence of both sexes thus maximises chances of mating success. Synchronisation was reported only in *Ch. fusca*. The emergence intensity of *M. minimum* was evaluated at 52 % and intensity of *E. guttulata* was 61 %. The sex ratio is affected by a number of factors, e.g. the emergence trap type, the way of laying eggs, or different behavioural patterns. In none of the studied species the expected 1:1 sex ratio was confirmed.

Keys words: life cycle, emergence, caddisfly, Brachycentridae, Limnephilidae

Obsah

SEZNAM TABULEK A GRAFŮ	IX
SEZNAM OBRÁZKŮ	XI
ÚVOD	1
1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY	2
1.1 Životní cyklus chrostíků	2
1.2 Emergence chrostíků	5
1.3 Biologie zájmových druhů	7
1.3.1 Čeleď Brachycentridae	7
1.3.2 Čeleď Limnephilidae	9
2 CÍL PRÁCE	11
3 POPIS LOKALITY	12
4 METODIKA	14
4.1 Program RITRODAT	14
4.2 Emergenční pasti	15
4.3 Zpracování vzorků	16
4.4 Determinace do čeledí	17
4.5 Determinace do druhů	18
4.6 Zpracování dat	19
5 VÝSLEDKY	21
6 DISKUZE	32
7 LITERATURA	38

Seznam tabulek a grafů

Tabulky:

Tab. 1: Přehled druhů s největší dominancí v trvale zatopené pasti A v letech 1983 – 1988.....	22
Tab. 2: Přehled druhů s největší dominancí v periodicky zaplavované pasti B v letech 1983 - 1988.....	22
Tab. 3: Intenzita emergence vybraných druhů v periodicky zaplavované pasti A v letech 1983 – 1988.....	29
Tab. 4: Poměr pohlaví vybraných druhů v letech 1983 – 1988.....	29
Tab. 5: Začátek emergence druhu <i>M. minimum</i> , teplota vody při nástupu emergence a délka trvání emergence v letech 1983 – 1988.....	30
Tab. 6: Začátek emergence druhu <i>E. guttulata</i> , teplota vody při nástupu emergence a délka trvání emergence v letech 1983 – 1988.....	30

Grafy:

Graf 1: Celkový počet jedinců jednotlivých čeledí v trvale zatopené pasti A a periodicky zaplavované pasti B v letech 1983 – 1988.....	21
Graf 2: Celkový počet jedinců čeledi Limnephilidae v trvale zatopené pasti A a periodicky zaplavované B pasti v letech 1983 – 1988.....	23
Graf 3: Výskyt a abundance samic <i>M. minimum</i> v trvale zatopené pasti A v letech 1983 – 1988.....	24
Graf 4: Výskyt a abundance samic <i>E. guttulata</i> v trvale zatopené pasti A v letech 1983 – 1988.....	24
Graf 5: Výskyt a abundance druhu <i>Ch. fusca</i> v trvale zatopené pasti A a periodicky zaplavované pasti B v letech 1983 – 1988.....	25
Graf 6: Časový průběh, délka trvání emergence a abundance samic <i>M. minimum</i> v trvale zatopené pasti A v roce 1986.....	26
Graf 7: Časový průběh, délka trvání emergence a abundance samic <i>E. guttulata</i> v trvale zatopené pasti A v roce 1988.....	27
Graf 8: Časový průběh, délka trvání emergence a abundance druhu <i>Ch. fusca</i> v trvale zatopené pasti A a periodicky zaplavované pasti B v roce 1984.....	28

Graf 9: Vztah teploty vody a emergence druhu <i>M. minimum</i> v letech 1983 – 1988.....	31
Graf 10: Vztah teploty vody a emergence druhu <i>E. guttulata</i> v letech 1983 – 1986.....	31

Seznam obrázků

Obr. 1: Životní cyklus chrostíků.....	2
Obr. 2: Dospělec druhu <i>M. minimum</i>	8
Obr. 3: Dospělec druhu <i>E. guttulata</i>	9
Obr. 4: Lokalizace potoka Oberer Seebach v Rakousku.....	13
Obr. 5: Sledovaný úsek potoka Oberer Seebach.....	13
Obr. 6: Biologická stanice v Lunz am See.....	15
Obr. 7: Emergenční past.....	16
Obr. 8: Umístění pasti A a B ve sledované části potoka Oberer Seebach.....	17
Obr. 9: Končetinový vzor 344.....	18
Obr. 10: Porovnání vyobrazení kopulačních orgánů samce <i>Ch. fusca</i>	19

Úvod

Vodní prostředí je díky nezastupitelné roli vody v živých systémech nejdůležitější složkou naší přírody. Myšlenka, že struktura prostředí je hlavním faktorem struktury biotických společenstev, se stala součástí několika modelů toku, jako je např. River Continuum Concept (Vannote et al. 1980). Je prokázáno, že faktory vodního prostředí, jako jsou např. teplota vody, rychlost proudu, hloubka, chemismus vody apod. určují složení společenstva EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), ale i ostatních organismů. Z těchto důvodů můžeme kvalitu vodního prostředí hodnotit pomocí bioindikačních vlastností vodního hmyzu, např. chrostíků.

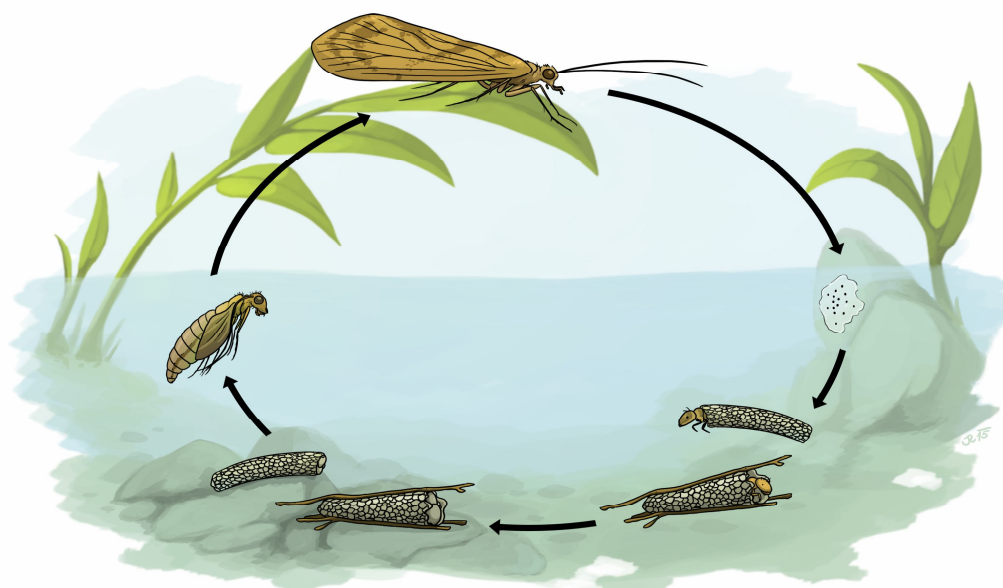
Mezi nejdůležitější fáze životního cyklu vodního hmyzu patří emergence, ke které dochází, pokud faktory vnějšího prostředí dosáhnou specifické prahové hodnoty. Pro mnoho druhů chrostíků jsou ale zákonitosti a délka emergence doposud nedostatečně prozkoumány.

Cílem této diplomové práce se proto stává objasnění poměru pohlaví, časového průběhu, synchronizace, intenzity emergence a teploty vody, během které k emergenci dochází, alespoň u některých druhů chrostíků.

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

1.1 Životní cyklus chrostíků

Chrostíci jsou řádem hmyzu s proměnou dokonalou a musí v průběhu svého životního cyklu (Obr. 1) odolávat podmínkám terestrického i vodního prostředí. Vodní fáze je méně nebezpečnou částí životního cyklu, jelikož probíhá v prostředí s menšími výkyvy abiotických faktorů. Mezi vodní stádia řádu Trichoptera patří vajíčka, larvy a kukly.



Obr. 1: Životní cyklus chrostíků (Orig.: Jana Růžičková 2015).

Vajíčka

Kladení vajíček je citlivou fází životního cyklu chrostíků, proto se vyvinuly různé mechanismy, které zajišťují jejich bezpečné uložení na vhodném místě s cílem maximalizovat šance na přežití vylíhlých larev. Některé samice jednoduše shazují svá vajíčka v blízkosti vodního břehu nebo v blízkosti vodní vegetace přímo za letu, samičky jiných druhů pak mohou klást pod vodní hladinou na emerzní vegetaci, či ponořené kameny (Ross 1944; Barnard & Ross 2008, 2012).

Samice čeledi Brachycentridae kladou vajíčka na ponořenou vegetaci či kameny. U samic čeledi Limnephilidae byl pozorován odlišný způsob kladení vajíček, kdy samice vajíčka umísťují na vegetaci poblíž vody a spoléhají na jejich uvolnění při dešti,

nebo při zvýšené vodní hladině. Vajíčka, která jsou kladena mimo vodu, jsou uložena v želatinové matrici, zabraňující jejich vysychání (Ross 1944; Barnard & Ross 2012).

Larva

Larvy jsou morfologicky i fyziologicky přizpůsobené prostředí, ve kterém žijí. Larvy jsou buď volné, nebo mohou stavět přenosná pouzdra. Schránka larev různých skupin chrostíků je tvořena z různých materiálů a na základě její specifické stavby lze rozpoznat, do které čeledi, nebo i do kterého rodu jedinec patří (Wiggins 2004). Larva prochází 5 až 7 instary než dojde k zakuklení, které probíhá téměř vždy ve vodě (Füreder et al. 2005; Waringer & Graf 2011). Nejdůležitější fází larválního vývoje je poslední instar, během kterého dochází ke zvýšení hmotnosti přibližně o 80 % (Marchant & Hehir 1999).

Kukla

Kukla je vždy ukryta a vždy přichycena na pevný substrát, jako jsou kameny atp. Jde o kuklu volnou, tzv. pupa libera, ve které jsou všechny hlavové a hrudní přívěsky ve zvláštních obalech, kukla se tak po uvolnění ze schránky může aktivně pohybovat i ve volné vodě (Holzenthal et al. 2007). Když jsou struktury dospělé plně vyvinuty, je obal kukly proražen speciálním útvarem v čelisti a chrostík je připraven k emergenci (Ross 1944; Wiggins 2004; Barnard & Ross 2008).

Dospělec

Dospělci chrostíků jsou terestričtí a právě suchozemská fáze je nejvíce ohrožující fází životního cyklu z důvodu nepříznivých podmínek vnějšího prostředí (silný vítr, extrémní chlad, rychlé výkyvy teploty apod.), kterým musí dospělci odolávat. Nově přeměněný jedinec buď rovnou vyletí z vodní hladiny, nebo nejprve vyleze na pevný substrát, kde nechá proschnout svá křídla. Kvůli redukovanému ústnímu ústrojí nejsou dospělci schopni přijímat pevnou potravu, tak jako larvy, ale u některých druhů jsou schopni přijímat vodu, nebo sát rostlinný nektar. Dospělci mnoha druhů žijí krátce, často jen několik dní, ale některé druhy čeledi Limnephilide žijí ve stádiu dospělého i několik měsíců (Barnard & Ross 2008, 2012).

Reprodukce

Brzy po emergenci dochází k páření, jelikož samice musí být schopná vyklást vajíčka dříve, než uhynie (Jackson 1988; Barnard & Ross 2008). Letové chování samců a samic je během páření často odlišné. Samci vytváří husté roje, které přitahují samice, a k samotnému páření u většiny druhů dochází poblíž vegetace. Období, ve kterém může docházet k rozmnožování, je často omezeno pouze na 2 až 3 měsíce v roce, což může životní cyklus komplikovat (Füreder et al. 2005). Úspěšnost reprodukce je ovlivněna fyzikálními podmínkami prostředí, dostatkem potencionálních partnerů, množstvím a účinností predátorů, dobou emergence, dlouhověkostí okřídlených forem, dále závisí na fyziologických a behaviorálních vlastnostech pro terestrické prostředí, kterými dospělci disponují (Jackson 1988).

Některé druhy čeledi Limnephilidae mohou v letních měsících prodělavat diapauzu, tyto druhy se objevují a páří již na jaře, přesto ale v tomto období nekladou vajíčka. Až po několika týdnech nečinnosti se opět páří a samička tentokrát již vajíčka vyklade (Barnard & Ross 2012).

Generační doba

Generační doba je důležitým parametrem životního cyklu vodního hmyzu pro schopnost přežít nepříznivé období. Dle počtu generací za rok rozlišujeme druhy semivoltinní (1 generace za 2 roky), univoltinní, či monovoltinní (1 generace/rok), bivoltinní (2 generace/rok), polyvoltinní (několik generací/rok) a případně flexibilní (počet generací/rok je různý). U druhů, které prodělávají letní diapauzu, jako např. rod *Limnephilus* sp. může být rozdělení letové doby nesprávně chápáno právě jako bivoltinní životní cyklus (Waringer & Graf 2011).

Semivoltinní a univoltinní druhy jsou náchylnější a více závislé na stabilním prostředí, zatímco polyvoltinní druhy jsou méně náchylné ke změnám faktorů prostředí (Wallace 1990; Graf et al. 2008). Rozdíly v počtu generací existují nejen mezi jednotlivými druhy, ale i v rámci jednoho druhu v závislostech na tepelných podmínkách prostředí (Wallace 1990).

1.2 Emergence chrostíků

Emergence je definována jako klíčová fáze životního cyklu, v níž dochází k přeměně kukly (případně larvy) v dospělce. Emergence je nesporně důležitým aspektem životního cyklu vodního hmyzu zejména proto, že její úspěšnost ovlivňuje úspěšnost vytvoření příští generace (Corbet 1964; Wiggins 2004).

Vliv abiotických faktorů na emergenci a životní cykly chrostíků

Emergence je v mírných zeměpisných šířkách ovlivňována několika faktory, kdy nejvýznamnějším z nich je teplota, která pravděpodobně reguluje mnoho druhů vodního hmyzu (Gledhill 1960; Masteller 1993). Zatímco v subtropických oblastech dochází k emergencím po celý rok, v chladnějších klimatických oblastech je doba emergence omezena na několik měsíců v roce (Tronstad et al. 2007). Nebeker (1971) ve své studii v laboratorních podmínkách prokázal, že při zvýšení teploty vody dochází k emergencím vodního hmyzu i o několik měsíců dříve, než je obvyklé.

Vliv teploty na dobu trvání emergence se může lišit nejen mezidruhově, ale i v rámci jednoho druhu. Bylo zjištěno, že k emergenci druhů *Agapetus fuscipes* a *A. fimbriata* na jedné lokalitě docházelo od dubna až do září, zatímco na lokalitě s odlišnou teplotou vody trvala emergence jen 6 – 8 týdnů (Wagner 2005).

Teplota neovlivňuje pouze emergenci, ale celé životní cykly vodního hmyzu. U chrostíků je např. rychlost zvyšování hmotnosti larev závislá právě na teplotě vody (Marchant & Hehir 1999; Urbanič & Toman 2007). Z důvodu významného vlivu teploty na životní cykly vodního hmyzu se uvažuje nad potencionálním ohrožením druhů vázaných zejména na chladnější oblasti pramenů (Hering et al. 2009). Nicméně o teplotních preferencích jednotlivých stádií životního cyklu je doposud jen málo informací.

Mezi další faktory působící na životní cyklus vodního hmyzu patří disturbance vodního prostředí, ovlivňující zejména abundanci larev chrostíků, které mohou být např. za zvýšeného průtoku odplavené (McCabe & Gotelli 2000; Feminella & Resh 1990). Tím samozřejmě dochází ke snížení potencionální intenzity emergence jednotlivých druhů.

Dále může být emergence ovlivněna fotoperiodou, barometrickým tlakem (Gledhill 1960; Masteller 1993), nebo typem prostředí. Bartrons et al. (2013) pozorovali, že ve stojatých vodách byla relativní míra emergence vyšší (79 % hmyzu) než ve vodách tekoucích (21 % hmyzu).

Emergenční vzory

Corbet (1964) popsal čtyři typy emergenčních vzorů: kontinuální, rytmické, ojedinělé a sezónní. Davies (1984) dále rozvádí některé tyto vzory a definuje kontinuální vzor, jako vzor, který nevykazuje žádné sezónní trendy a vyskytuje se zejména v tropech. Rytmický vzor je ovlivněný měsíčním cyklem. K ojedinělému vzoru dochází v nepravidelných intervalech (Corbet 1964). Sezónní emergence je naopak běžná v mírných zeměpisných šířkách, pro které jsou typické sezónní změny prostředí (Davies 1984).

Způsob emergence

K emergenci může dojít buď na vodní hladině, nebo kukla plave ke břehu a k emergenci vyhledává pevný podklad (McCafferty 1983). Jedinci jsou během emergence velmi zranitelní (Kirk 2014), proto musí být tento krok velice rychlý, jinak se kukla stane potravou ryb, nebo jiných predátorů.

Časový průběh, délka trvání a synchronizace emergence

Pro přežití podmínek vnějšího prostředí je důležitý časový průběh emergence. Časový posun emergencí funkčně podobných skupin může mít vliv na eliminaci vzájemné konkurence (Grant & Mackay 1969). Kromě časového průběhu emergence během roku, je pro každý druh charakteristické i načasování emergence v rámci denní doby. Např. u některých druhů jepic byla zjištěna nejvyšší míra emergence mezi 13:00 a 16:00 hodinou na jaře, zatímco v létě byla emergence v rámci dne více rozložená (Harper et al. 1983).

Nejen časový průběh, ale i délka trvání emergence jsou důležitým aspektem životního cyklu chrostíků. Druhy s déletrvající dobou emergence jsou méně náchylné ke změnám životního prostředí. Naopak krátká délka emergence sice zvyšuje

pravděpodobnost nalezení partnera k páření, ale druhy se synchronizovaným rozvojem jsou obecně zranitelnější (Graf et al. 2008).

Synchronizace emergence samčího a samičího pohlaví je pravděpodobně ovlivňována zejména teplotou a fotoperiodou (Davies 1984). Intenzita emergence je procento času potřebného pro objevení 50% jedinců, tento údaj se velmi liší mezi jednotlivými druhy (Waringer 1986).

Poměr pohlaví

Na poměr pohlaví určitého druhu může mít vliv emergence samotná, ale i několik dalších faktorů, zejména typ emergenční pasti, nebo způsob kladení vajíček (Malicky 2002).

Přestože spolu emergence samců a samic úzce souvisí, často je pozorováno, že nejprve dochází k emergenci samců a až následně dochází k emergenci samic (Flannagan & Lawler 1972; Svensson 1972). V pastech se navíc mohou vyskytovat samice s různě vyspělými vaječníky. Samice s vyspělými vaječníky se páří krátce po emergenci a mají krátký život, zatímco samice s nezralými vaječníky nejprve vykazují nečinnost, během níž vaječníky dozrávají, a až následně dochází k páření. Tyto samice jsou zpravidla dlouhověké (Svensson 1972).

1.3 Biologie zájmových druhů

Diplomová práce je zaměřena na druhy čeledí Brachycentridae a Limnephilidae.

1.3.1 Čeleď Brachycentridae

Druhy čeledi Brachycentridae se vyskytují v tekoucích vodách a jejich hlavní letové období je od března do dubna (Barnard & Ross 2008).

***Micrasema minimum* (McLachlan, 1876)**

Micrasema minimum (Obr. 2) dosahuje v dospělosti velikosti 4 - 5 mm (Malicky 2004). Bylo prokázáno, že se vyskytuje na vápenitých či křemičitých geologických podložích s

velmi dobrou kvalitou vody (Bonada et al. 2004). Evropský areál toho druhu zahrnuje jižní a střední Evropu s výjimkou Španělska (Botosaneanu & Malicky 1978; Bonada et al. 2004).

Přestože se druh *M. minimum* nachází ve všech nadmořských výškách (Décamps 1968), bylo prokázáno, že obývá části toku zahrnující epirhithron, metarhithron a hyporhithron (Sedlák 1980; Valladolid et al. 2011). Z desetistupňové škály byl 1 bod přiřazen výskytu *M. minimum* v epirhithronu (1/10), tj. v horním pstruhovém pásmu s maximální teplotou vody do 9°C (včetně), dalších 8 bodů bylo přiřazeno výskytu v metarhithronu (8/10), tedy v dolním pstruhovém pásmu s teplotou vody do 13°C a 1 bod byl přiřazen výskytu v hyporhithronu (1/10), tj. lipanovému pásmu s maximální teplotou vody do 18°C (Graf et al. 1995).

Je to reobiont vázaný na oblasti s rychlým proudem (Waringer 1984), který jako substrát preferuje makrofyta, či mechy (4/10), kameny větší než 20 cm (4/10), méně často pak hrubý štěrk o velikosti 2 – 20 cm (2/10) (Graf et al. 2008). Co se týče potravních preferencí larev, literatura se značně liší. Décamps & Lafont (1974) uvádějí, že se druh živí výhradně jako spásáč, Graf et al. (1995) popisují, že se *M. minimum* živí buď jako škrabač řas, biofilmů apod.(5/10), nebo jako drtič CPOM (5/10).

Druh *M. minimum* má monovoltinní životní cyklus (Décamps & Lafont 1974; Oscoz et al. 2011).



Obr. 2: Dospělec druhu *Micrasema minimum* (Orig.: Lenka Havranová 2015).

1.3.2 Čeď Limnephilidae

Tato čeď zahrnuje druhy velikosti 6 – 25 mm, které se vyskytují ve všech typech sladkých vod (Barnard & Ross 2008). Hlavní letové období je od května do listopadu, ale někteří dospělci čeledi Limnephilidae mohou prodělavat letní diapauzu (Wiggins 1973).

***Ecclisopteryx guttulata* (Pictet 1834)**

Samci druhu *Ecclisopteryx guttulata* dosahují velikosti 11 - 13 mm, zatímco samice dosahují velikosti 11 – 15 mm (Malicky 2004). *E. guttulata* (Obr. 3) se vyskytuje spíše ve větších potocích a řekách (Wallace et al. 2003). Co se týče evropského rozšíření, jeho výskyt nebyl zaznamenán v severní Evropě a ve Španělsku (Botosaneanu & Malicky 1978; Pitsch 1993).

Tento druh žije v epirhithronu (1/10), metarhithronu (8/10), nebo hyporhithronu (1/10) (Graf et al. 1995), v nadmořské výšce do 800 m n.m. (Décamps 1968). *E. guttulata* preferuje substrát tvořený hrubým šterkem o velikosti 2 - 20 cm (3/10), nebo kameny větší než 20 cm (7/10) (Graf et al. 2008). *E. guttulata* se živí převážně jako škrabač (8/10), případně jako drtič (1/10) nebo sběrač (1/10) (Graf et al. 1995).



Obr. 3: Dospělec druhu *Ecclisopteryx guttulata* (Orig.: Lenka Havranová 2015).

***Chaetopteryx fusca* (Brauer 1857)**

Chaetopteryx fusca dosahuje velikosti 8 - 12 mm (Malicky 2004). V Evropě se vyskytuje v oblasti střední Evropy a ve státech bývalé Jugoslávie (Botosaneanu & Malicky 1978).

Ch. fusca se vyskytuje v epirhithronu (2/10), metarhithronu (3/10), hyporhithronu (2/10), ale i v litorální zóně (3/10) s variabilní teplotou (Graf et al. 1995). Jde o reolimnofila, kterého lze nalézt hlavně v tekoucích vodách, ale i ve vodách stojatých (Graf et al. 2008).

Co se týče nadmořské výšky lze jej najít v širokém rozmezí. Preferuje substráty jako středně hrubý štěrk o velikosti zrn 0,2 – 2 cm (2/10), hrubý štěrk velikosti 2 - 20 cm (2/10), kameny o velikost větší 20 cm (2/10), nebo jej můžeme nalézt na hrubé nebo jemné POM (4/10) (Graf et al. 2008). *Ch. fusca* se může živit jako škrabač (2/10), převážně jako drtič (6/10), ale také jako predátor (2/10) (Graf et al. 1995).

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je determinace druhů čeledi Limnephilidae a Brachycentridae ze vzorků z emergenčních pastí, které byly odebírány v průběhu let 1983 – 2005 (poté ještě sporadicky do roku 2009) v alpském potoce Oberer Seebach (Lunz am See, Rakousko). Dalším cílem je zhodnotit vzorky ze dvou různě umístěných pyramidových emergenčních pastí a u vybraných druhů chrostíků vyhodnotit časový průběh, intenzitu, synchronizaci emergence, poměr pohlaví a teplotu vody, během které dochází k emergenci samotné.

Diplomová práce ověřuje následující hypotézy:

- *Micrasema minimum* má monovoltinní životní cyklus
- Nejprve dochází k emergenci samců a až následně dochází k emergenci samic
- *Micrasema minimum* vykazuje odlišný poměr pohlaví než 1:1
- *Ecclisopteryx guttulata* i *Chaetopteryx fusca* vykazují odlišné poměry pohlaví než 1:1
- *Chaetopteryx fusca* má asynchronní emergenci, zatímco *Micrasema minimum* a *Ecclisopteryx guttulata* mají synchronní emergenci
- Emergence druhu *Micrasema minimum* probíhá na jaře a hlavně v létě
- *Chaetopteryx fusca* emerguje na podzim
- Zástupci čeledi Brachycentridae emergují přímo z vodní hladiny

3 Popis lokality

Oberer Seebach je potok, nacházející se v obci Lunz am See v Rakousku, která je vzdálená cca 100 km JZ od Vídně (Obr. 4). Oberer Seebach se nachází v Alpách v nadmořské výšce 600 m n.m. Nejčastěji se vyskytujícími druhy vegetace v okolí jsou smrk ztepilý (*Picea abies*), borovice lesní (*Pinus sylvestris*), buk lesní (*Fagus sylvestris*) a modřín opadavý (*Larix decidua*) (Malicky 2002; Wagner & Leichtfried 2003).

Teplota vody je, díky zdroji podzemní vody s konstantní teplotou, poměrně stabilní. Sezónní změny v teplotě vody jsou zde malé a pohybují se mezi 1 až 10°C (Wagner & Leichtfried 2003). Průměrná teplota vody je v letních měsících 12°C (červen – září), v zimních měsících 2,5°C (Malicky 2002). Režim proudění vody v Oberer Seebachu je závislý na množství srážek, tání sněhu a je ovlivněn charakterem zdejší krasové oblasti (Wagner & Leichtfried 2003).

Zkoumaným úsekem je 100 metrů dlouhá část potoka Oberer Seebach (Obr. 5), vzdálená asi 500 metrů od biologické stanice v Lunzu (Wagner & Leichtfried 2003), ve které bylo nainstalováno několik nezbytných zařízení pro výzkum funkčních vztahů v toku:

Byla vytvořena síť z ocelových lan, natažená po pokusné ploše tak, aby vznikly čtverce o stranách dlouhých 5 m. V intervalu 1 m byla lana navíc vždy označena. Po směru proudění vody byly body označeny písmeny, lana umístěná kolmo ke směru proudění vody byla označována čísly, takže vznikl systém, který umožňoval přesně měřit a odebírat vzorky (Wagner & Leichtfried 2003).

Dále bylo umístěno „rameno“, na němž byly nainstalovány měřicí přístroje pro měření teploty vody, teploty vzduchu, vlhkosti, barometrického tlaku, intenzity světla atd. (Wagner & Leichtfried 2003).

Důležitou součástí byly různé sondy a pasti na odběr hmyzu. Na odběr emergujícího hmyzu byly použity pyramidové emergenční pasti. Tato zařízení byla sice opakovaně ničena povodněmi, ale vždy byla umístěna zpět, čímž došlo k zajištění platnosti dlouhodobého sledování (Wagner & Leichtfried 2003).



Obr. 4: Lokalizace potoka Oberer Seebach v Rakousku (Orig.: archiv Biologické Station, Lunz am See 2003).



Obr. 5: Sledovaný úsek potoka Oberer Seebach (Orig.: Lenka Havranová 2014).

4 Metodika

4.1 Program RITRODAT

Tato diplomová práce zpracovává materiál odebíraný v rámci projektu RITRODAT, což je 25 let dlouhý výzkumný program Biologické stanice Lunz v Rakousku, a je tak jeho nedílnou součástí (Obr. 6). Autorem tohoto projektu byl profesor Gernot Bretschko. Program se zabýval zejména funkčními vztahy v toku a jejich popisem, přičemž byl důraz kladen v první řadě na topografii, hydrologii, sedimentologii, chemii a biologii a jejich vzájemnou interakci (Wagner & Leichtfried 2003).

Během 25ti let, které projekt trval, bylo odebráno několik tisíc vzorků emergujícího hmyzu a také byly dlouhodobě měřeny abiotické faktory, jako je teplota vzduchu, teplota vody, hloubka vody apod. Přestože takto kontinuální série vzorků pravděpodobně nikde jinde na světě neexistuje, tato data byla vyhodnocována zatím pouze částečně (Wagner & Leichtfried 2003).

Po vzájemné dohodě dlouholeté pracovnice Biologické stanice v Lunzu, Dr. Marie Leichtfried a RNDr. Vladimíra Uvíry Dr. byly vzorky emergujícího hmyzu přesunuty na Katedru zoologie PřF Univerzity Palackého v Olomouci. V posledních letech spolupracuje katedra také s Prof. Leopoldem Fürederem (University of Innsbruck, Rakousko), který má bohaté zkušenosti s výzkumem ekologie alpských toků.

V roce 2013 a 2014 byla studentům, zabývajícím se tímto tématem, umožněna návštěva a seznámení se s lokalitou v Lunzu a osobní diskuze s Dr. Marií Leichtfried a Dr. Robertem Ptacnikem (stávající vedoucí Biologické stanice).



Obr. 6: Biologická stanice v Lunz am See (Orig.: archiv Biologische Station, Lunz am See 2003).

4.2 Emergenční pasti

Pro odběr emergujícího hmyzu byly používány pyramidové emergenční pasti s pevnou konstrukcí (Obr. 7), jejíž stěny byly z propustného materiálu, aby nedocházelo k ovlivnění proudových podmínek toku. Trojúhelníková základna každé pasti měla plochu 1000 cm^2 (Waringer 1986). Princip odchyty je takový, že emergující hmyz se zachycuje v plastové nádobě na vrcholu pasti (průměr 25 mm, výška 9 cm), která zároveň obsahuje ethylenglykol (Stummer 1980).

Každá past byla v toku upevněna pomocí ocelových hřebů (Waringer 1986). Pasti byly v toku přítomné po celou dobu trvání projektu, tj. od roku 1981 do roku 2005. Malicky (2002) uvádí, že tyto emergenční pasti mají, na rozdíl od obvyklých způsobů odběru vzorků bentosu, výhody, že získávají dospělé jedince hmyzu a navíc tento způsob odběru neporušuje dno a tak ani společenstvo vodních organismů. Waringer (1986) dále doplňuje, že tyto typy pastí poskytují informace o životních cyklech a emergenčních vzorech (patterns) vodního hmyzu.

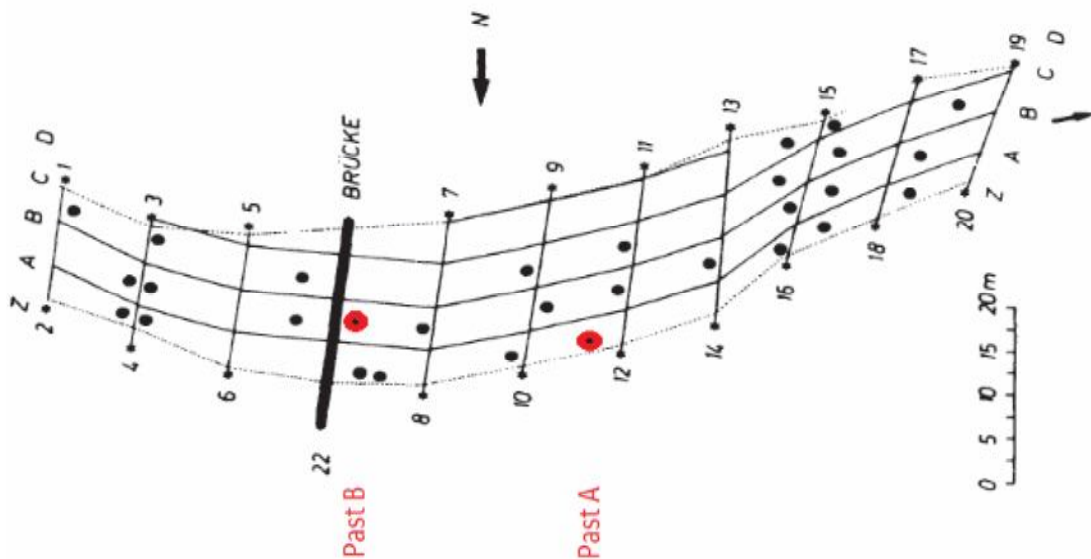
Všechny umístěné pasti byly pravidelně vybírány a jednotlivé vzorky následně uchovány v 70% alkoholu. Součástí každého odběru bylo vyhotovení protokolu s datem odběru, časem, výškou vodní hladiny v jednotlivých pastech a pečlivý popis jednotlivých vzorků.



Obr. 7: Emergenční past (Orig.: archiv Biologische Station, Lunz am See 2000).

4.3 Zpracování vzorků

Vzhledem k velkému množství odebraných vzorků byly vybrány 2 emergenční pasti. První pastí je trvale zaplavená past po celé sledované období (označována jako past A), druhou je periodicky zaplavovaná past (označována jako B) (Obr. 8). Vzorky bylo potřeba nejprve roztřídit do řádů a uložit do plastových epruvet se 70% etanolem. Každá epruveta nese popis s přesným datem odběru a kódem pasti, ze které byla odebrána.



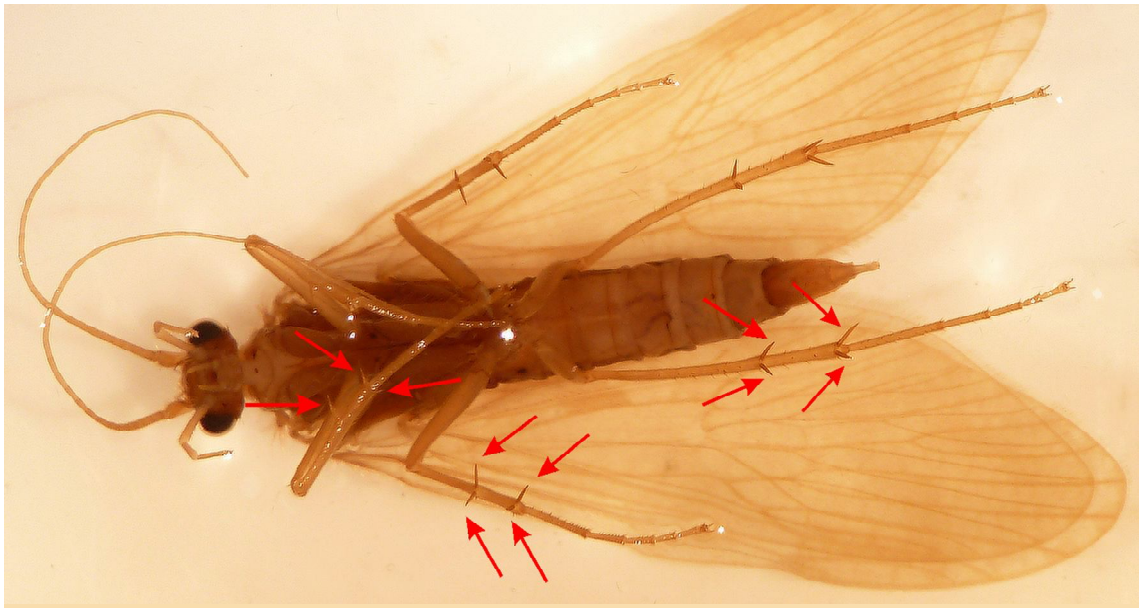
Obr. 8: Umístění pasti A a B ve sledované části potoka Oberer Seebach (Orig.: Waringer 1984, upraveno).

4.4 Determinace do čeledí

Determinace chrostíků do čeledí je možná na základě důležitých určovacích znaků. Jedním z nich je končetinový vzor vytvořený na základě počtu trnů na jednotlivých nohách. Při spočítání těchto trnů vznikne např. vzorec 344, který říká, že tento jedinec má na přední noze 3 trny, na prostřední noze 4 trny a na zadní noze také 4 trny (Obr. 9). Při počítání trnů platí několik důležitých pravidel: nikdy není na prostředních nohou přítomno víc trnů než na zadních, počet trnů na přední noze se pohybuje od 0 do 3 a na středních a zadních nohách od 2 do 4 trnů. (Milne 1938; Barnard & Ross 2008, 2012). Končetinový vzor čeledi Brachycentridae může být 222, 223, nebo 233 (Malicky 2004; Barnard & Ross 2012), zatímco končetinový vzor čeledi Limnephilidae se může u jednotlivých druhů velmi lišit (Malicky 2004; Barnard & Ross 2008, 2012).

Dále je důležitá přítomnost a případně počet ocel, a také počet segmentů maxilárních palp (Barnard & Ross 2008). U samic mají maxilární palpy vždy 5 segmentů, u samců je počet různý. U samců čeledi Limnephilidae a Brachycentridae jsou maxilární palpy složeny ze 3 segmentů (Barnard & Ross 2012).

Obecně je ale determinace dle těchto znaků, zejména u čeledi Limnephilidae, poměrně obtížná (Wallace et al. 2003).



Obr. 9: Končetinový vzor 344 (Orig.: Lenka Havranová 2015).

4.5 Determinace do druhů

Pro správné určení jednotlivých druhů chrostíků je nezbytné bližší prozkoumání kopulačních orgánů. Samičí genitálie jsou na povrchu jednodušší než genitálie samců, přesto je diverzita u jednotlivých druhů vysoká. U samic nese osmý sternit centrální „vulvar scale“, která může být rozdělena do 3 laloků. Významný je také desátý článek, často nesoucí přívěsky (Barnard & Ross 2012).

Samčí genitálie mohou nést mnoho různých struktur. Pojmenování všech struktur samčích genitálií není jednotné. Osmý segment abdomenu není nikdy modifikovaný, zatímco ventrální sternit a dorsální tergít devátého článku je vždy více či méně splynutý v kruh, který nese pár „claspers“, které jsou často dvoučlánkaté a slouží k uchycení samice při kopulaci. Desátý článek nese další přívěsky „appendages“. Nejdůležitějším orgánem, jímž vychází spermie je phallus (Barnard & Ross 2012).

Při zkoumání kopulačních orgánů musíme nejprve danému jedinci ustříhnout zadní část abdomenu, která nese kopulační orgán. Kopulační orgán je nutné vyvařit s přidaným hydroxidem sodným, kvůli zvýraznění determinačních znaků a možnosti odstranit přebytečnou tkáň. Vzorek se vyvařuje po dobu 10 minut. Po vyvaření se kopulační orgán vyjme z varné zkumavky a pod lupou či mikroskopem determinuje

(Obr. 10). Pro determinaci chrostíků byla použita publikace: Atlas of European Trichoptera (Malicky 2004).



Obr. č. 10: Porovnání vyobrazení kopulačních orgánů samce *Ch. fusca* (Orig.: vlevo: Malicky 2004, vpravo: Lenka Havranová 2015).

4.6 Zpracování dat

Z důvodu velkého množství získaných vzorků je zhodnocení emergence vybraných druhů zaměřeno pouze na časové období let 1983 – 1988.

Zpracování získaných dat bylo diskutováno s prof. Leopoldem Fürederem, který doporučil následující zhodnocení.

Veškerá získaná data z determinace, tj. počet nalezených čeledí, druhů, jedinců, pohlaví jedinců atd. byla zanesena do tabulky v LibreOffice Calc. Grafy byly vytvořeny v programu STATISTICA 12.

Absolutní počet jedinců získaných z každého odběru byl přepočten na abundanci (n/m^2). Základna každé pasti má plochu 1000 cm^2 , pro převedení na 1 m^2 byla veškerá data násobena 10 x.

Pro vyhodnocení synchronizace, intenzity a poměru pohlaví u jednotlivých druhů byla použita metodika dle Waringera (1986).

Intenzita je vyjádřena jako procento času, za který emerguje 50 % jedinců daného druhu. Hodnota blízká 0 % pak znamená, že k emergenci poloviny jedinců dochází na počátku celkové doby emergence, naopak hodnota blízká 100 % vyjadřuje, že polovina jedinců emergovala až na konci celkového času emergence.

Pro zhodnocení časového průběhu, doby trvání a synchronizace emergence jednotlivých druhů byl vždy zvolen ten rok, ve kterém byla nejvyšší abundance vybraného druhu. Délka trvání emergence je vyjádřena jako časové období, během kterého docházelo k emergenci vybraného druhu, tj. počet dní od počátku do konce emergence. U každého druhu je dopočítána průměrná délka trvání emergence za celé sledované období.

Dominance jednotlivých druhů byla vypočtena dle vzorce, který uvádí Losos (1992):

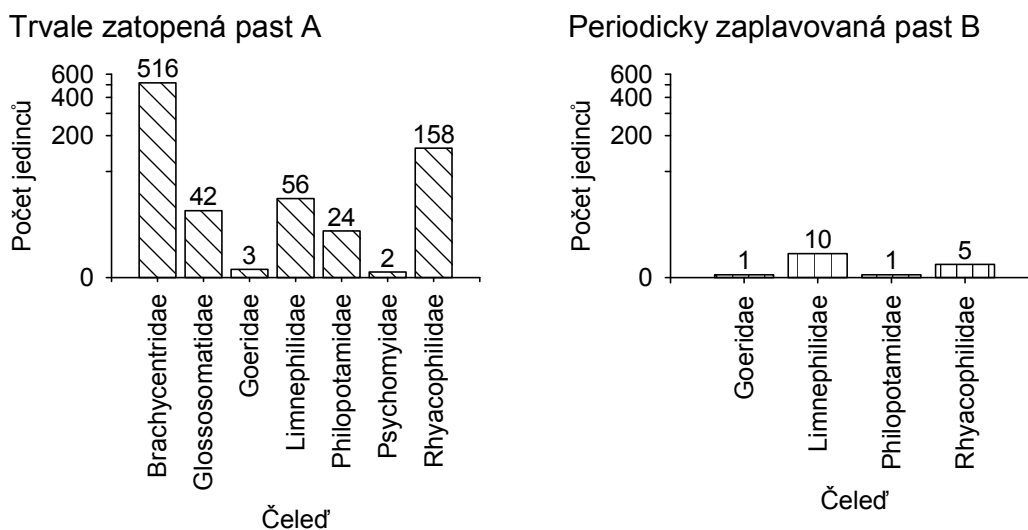
$$D_i = \frac{n_i}{N} \cdot 100 \text{ [%]},$$

D_i - dominance, n_i - počet jedinců taxonu, N - celkový počet jedinců

5 Výsledky

Porovnání trvale zatopené pasti A a periodicky zaplavované pasti B

Během sledovaného období (1983 – 1988) bylo v trvale zatopené pasti A a periodicky zaplavované pasti B odchyceno celkem 818 jedinců chrostíků patřících do 7 čeledí a 16 druhů. V trvale zatopené pasti A bylo nalezeno 7 čeledí a 14 druhů chrostíků (celkem 801 jedinců), zatímco v periodicky zaplavované pasti B se vyskytovaly pouze 4 čeledi a 8 druhů chrostíků (celkem 17 jedinců). Celkové počty jedinců jednotlivých čeledí, zachycených do srovnávaných pastí za celé sledované období, jsou znázorněny v Grafu 1.



Graf 1: Celkový počet jedinců jednotlivých čeledí v trvale zatopené pasti A a periodicky zaplavované pasti B v letech 1983 – 1988.

Dominance druhů

Přehled druhů chrostíků s největší dominancí ve sledovaném období v pasti A a pasti B je uvedena v Tab. 1. a Tab. 2.

Tab. 1: Přehled druhů s největší dominancí v trvale zatopené pasti A v letech 1983 - 1988, (B.) - Brachycentridae, (R.) - Rhyacophilidae, (L.) – Limnephilidae, (G.) - Glossosomatidae, (P.) - Philopotamidae.

	Dominance druhu [%]						
	Průměr	1983	1984	1985	1986	1987	1988
<i>Micrasema minimum</i> (B.)	48	69	4	40	88	37	51
<i>Rhyacophila vulgaris</i> (R.)	32	18	61	49	5	47	9
<i>Ecclisopteryx guttulata</i> (L.)	5	5	7	0	4	0	11
<i>Rhyacophila aurata</i> (R.)	5	3	7	6	1	10	2
<i>Wormaldia copiosa</i> (P.)	3	3	4	1	1	4	6
<i>Glossosoma bifidum</i> (G.)	2	0	4	0	0	0	19

Tab. 2.: Přehled druhů s největší dominancí v periodicky zaplavované pasti B v letech 1983 – 1988, (R.) – Rhyacophilidae, (L.) – Limnephilidae.

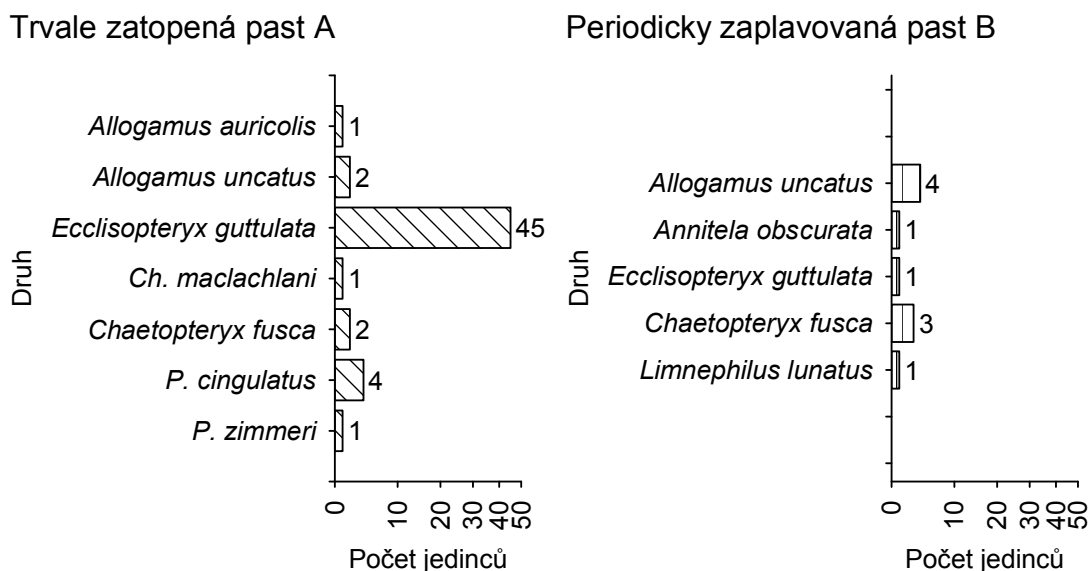
	Dominance druhu [%]						
	Průměr	1983	1984	1985	1986	1987	1988
<i>Rhyacophila vulgaris</i> (R.)	29	100	22	50	0	0	0
<i>Allogamus uncatius</i> (L.)	12	0	22	50	0	0	0
<i>Chaetopteryx fusca</i> (L.)	6	0	33	0	0	0	0

Čeď Brachycentridae a Limnephilidae

Z čeledi Brachycentridae byl ve vzorcích nalezen pouze druh *Micrasema minimum*. V trvale zatopené pasti A bylo za celé sledované období (1983 – 1988) odchyceno 516 jedinců, zatímco v periodicky zaplavované pasti B se ve sledovaném období tento druh nevyskytoval.

Z čeledi Limnephilidae bylo v pasti A a v pasti B zachyceno v letech 1983 – 1988 celkem 9 druhů chrostíků (*Allogamus auricollis*, *Allogamus uncatius*, *Annitella obscurata*, *Ecclisopteryx guttulata*, *Chaetopterygopsis maclachlani*, *Chaetopteryx fusca*, *Limnephilus lunatus*, *Potamophylax cingulatus*, *Pseudopsilopteryx zimmeri*). Za celé sledované období (1983 – 1988) bylo odchyceno celkem 56 jedinců čeledi

Limnephilidae v trvale zatopené pasti A a pouze 10 jedinců čeledi Limnephilidae v periodicky zaplavované pasti B.



Graf 2: Celkový počet jedinců čeledi Limnephilidae v trvale zatopené pasti A a periodicky zaplavované B pasti v letech 1983 – 1988.

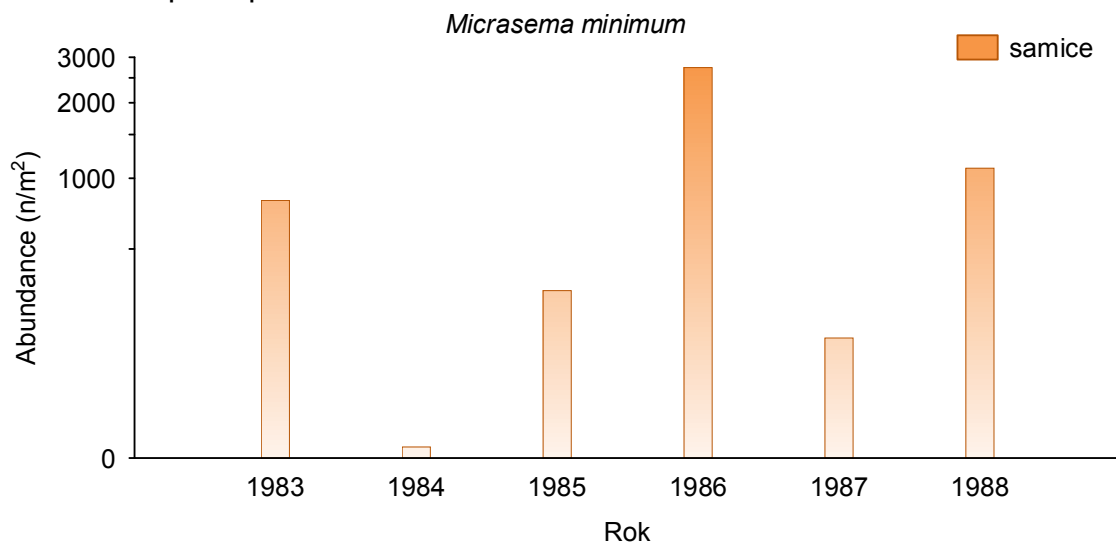
Výskyt vybraných druhů za sledované období (1983 - 1988)

Micrasema minimum

V trvale zatopené pasti A byl druh *M. minimum* zaznamenán ve všech letech sledovaného období (1983 – 1988) v celkovém počtu 516 jedinců. Abundance druhu se v jednotlivých letech během sledovaného období výrazně měnila (Graf 3). Průměrná abundance za sledované období je 860 jedinců/m². Všichni nalezení jedinci byli samičího pohlaví.

V periodicky zaplavované pasti B nebyl druh *Micrasema minimum* v období let 1983 – 1988 zaznamenán.

Trvale zatopená past A

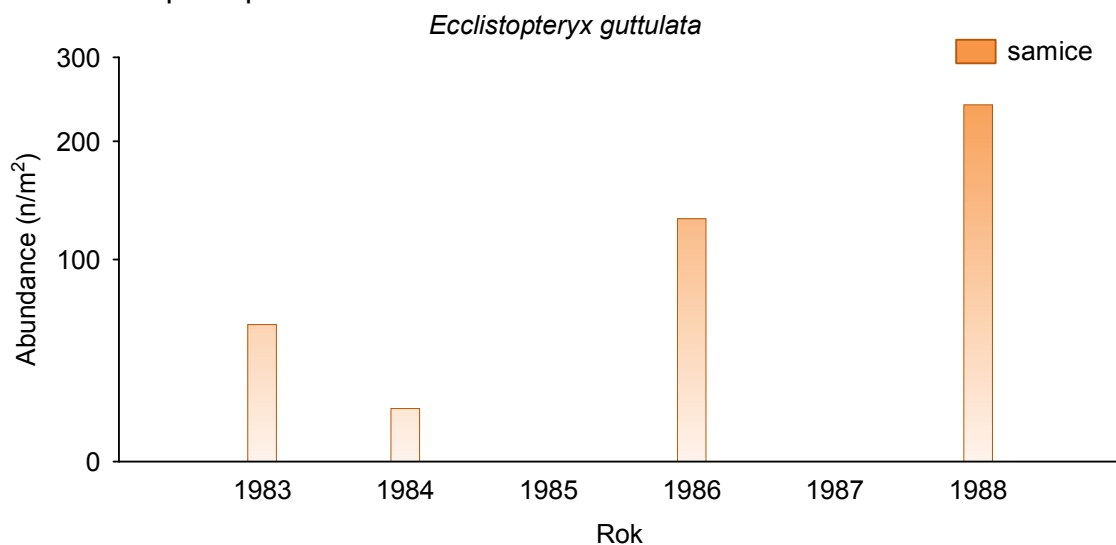


Graf 3: Výskyt a abundance samic *M. minimum* v trvale zatopené pasti A v letech 1983 – 1988.

Ecclisoteryx guttulata

V trvale zatopené pasti A byl druh *E. guttulata* zaznamenán v letech 1983, 1984, 1986 a 1988 v celkovém počtu 45 jedinců. V periodicky zaplavované pasti B se druh vůbec nevyskytoval. Průměrná abundance druhu za celé sledované období je 75 jedinců/m² (Graf 4). Všichni nalezení jedinci byli samičího pohlaví.

Trvale zatopená past A

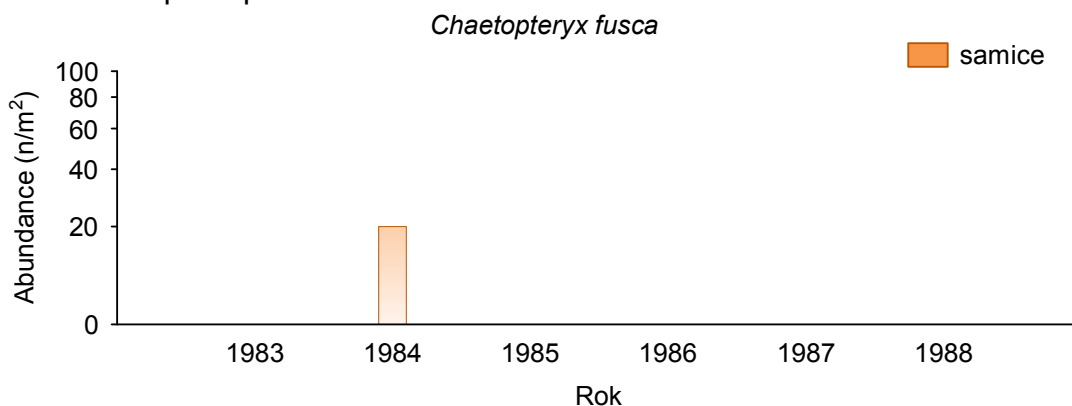


Graf 4: Výskyt a abundance samic druhu *E. guttulata* v trvale zatopené pasti A v letech 1983 – 1988.

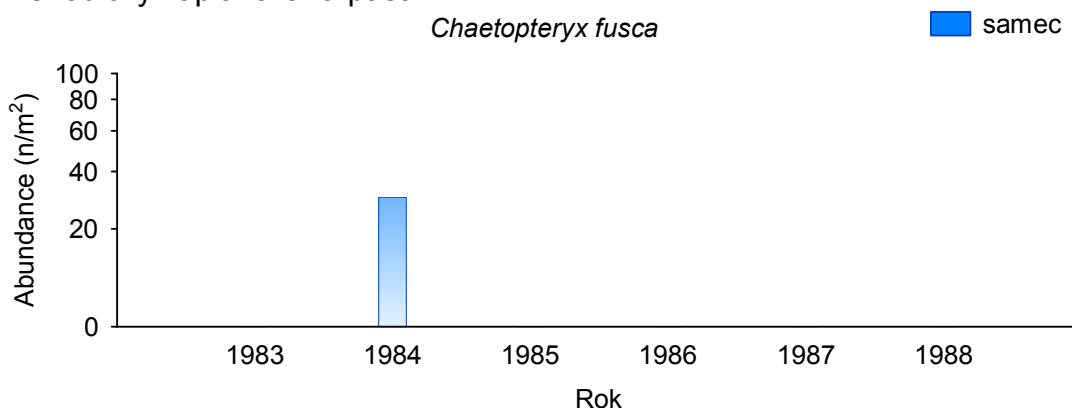
Chaetopteryx fusca

V obou emergenčních pastech (A i B) se druh *Ch. fusca* vyskytoval pouze v roce 1984. V pasti A byly nalezeny pouze 2 samice, v pasti B pouze 3 samci tohoto druhu (Graf 5).

Trvale zatopená past A



Periodicky zaplavovaná past B



Graf č. 5: Výskyt a abundance druhu *Ch. fusca* v trvale zatopené pasti A a periodicky zaplavované pasti B v letech 1983 – 1988.

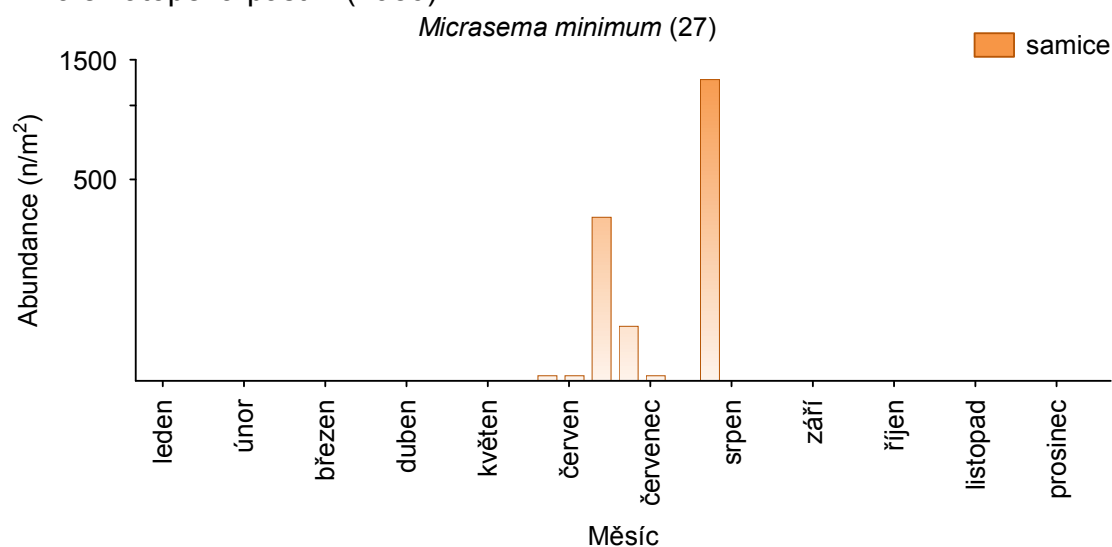
Časový průběh, délka trvání a synchronizace emergence

Micrasema minimum

Druh *M. minimum* se nejhojněji vyskytoval v trvale zatopené pasti v roce 1986, kdy bylo celkem nalezeno 274 jedinců (tj. 2740 jedinců/m²). Časový průběh a délka trvání emergence v roce 1986 je patrná v Grafu 6. Během let 1983 - 1988 docházelo k emergenci druhu *M. minimum* zejména v červnu a červenci, jen v roce 1986 byl nalezen i v květnu. Průměrná délka trvání emergence za období 1983 – 1988 je 27 dní.

Synchronizace emergence samčího a samičího pohlaví nemohla být zhodnocena, protože nebyl nalezen žádný jedinec samčího pohlaví.

Trvale zatopená past A (1986)

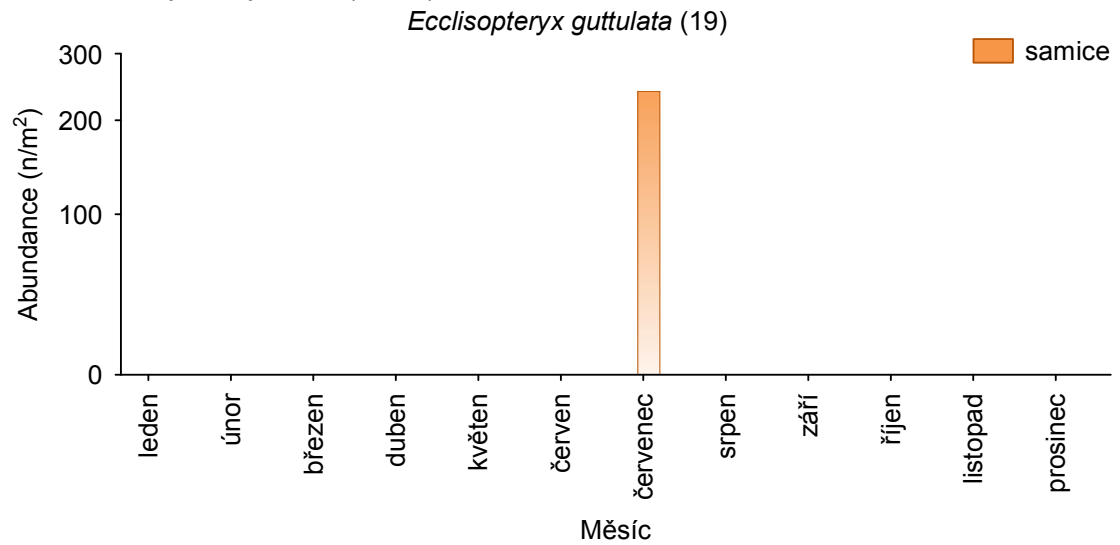


Graf 6: Časový průběh, délka trvání emergence a abundance samic *M. minimum* v trvale zatopené pasti A v roce 1986. Průměrná délka trvání emergence (dny) v letech 1983 – 1988 je uvedena v závorce.

Ecclisopteryx guttulata

Druh *E. guttulata* se nejhojněji vyskytoval v trvale zatopené pasti v roce 1988, kdy bylo celkem nalezeno 24 jedinců (tj. 240 jedinců/m²). Časový průběh a délka trvání emergence v roce 1988 je patrná v Grafu 7, nicméně k výletu všech jedinců došlo během jediného odběrového intervalu. Během let 1983 - 1988 docházelo k emergenci druhu *E. guttulata* pouze v červnu a červenci. Průměrná hodnota délky trvání emergence za období 1983 – 1988 byla vypočtena na 19 dní. Synchronizace emergence samčího a samičího pohlaví nemohla být zhodnocena, protože v roce 1988 nebyl nalezen žádný jedinec samčího pohlaví.

Trvale zatopená past A (1988)

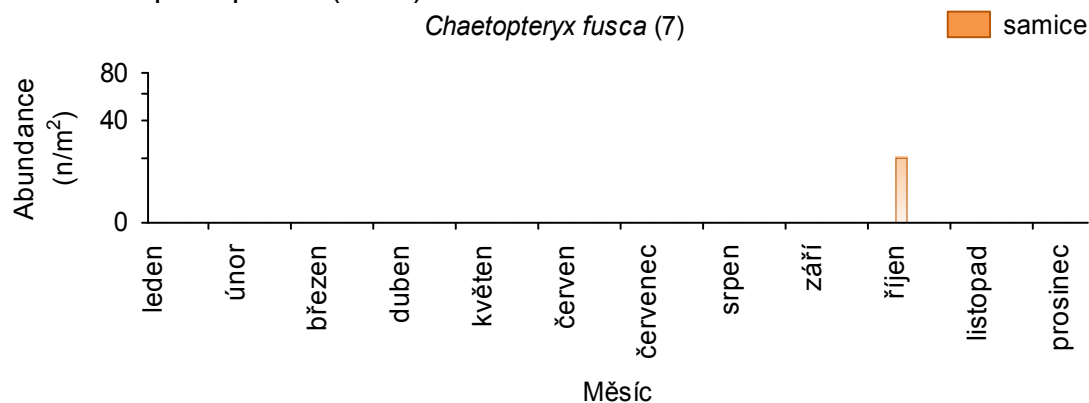


Graf 7: Časový průběh, délka trvání emergence a abundance samic *E. guttulata* v trvale zatopené pasti v roce 1988. Průměrná hodnota délky trvání emergence (dny) v letech 1983 – 1988 je uvedena v závorce.

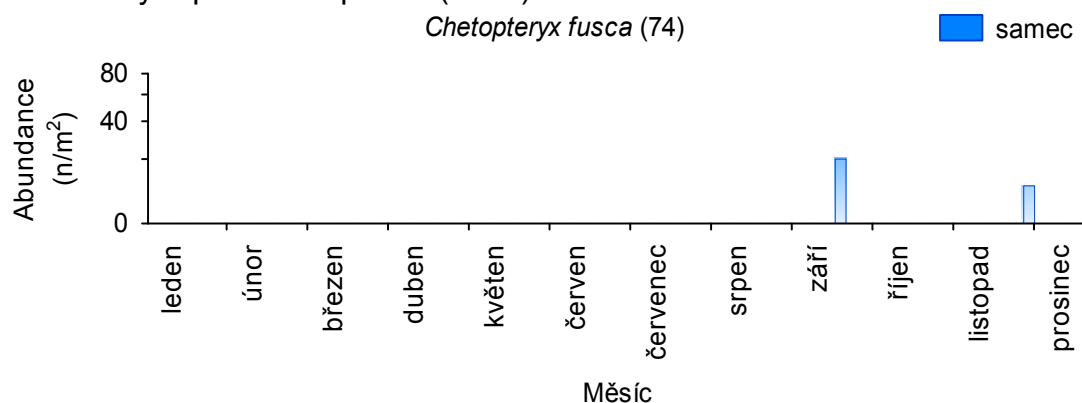
Chaetopteryx fusca

Druh *Ch. fusca* byl v pasti A i pasti B nalezen pouze v roce 1984 (Graf 8). K emergenci *Ch. fusca* docházelo během měsíců září, říjen a prosinec. Časový průběh a délka emergence v roce 1984 je patrná v Grafu 8. Průměrná hodnota délky trvání emergence v trvale zatopené pasti A byla pouze 7 dní, zatímco délka trvání emergence v periodicky zaplavované pasti B byla 74 dní. Emergence samců a samic se zdá být synchronizována.

Trvale zatopená past A (1984)



Periodicky zaplavovaná past B (1984)



Graf č. 8: Časový průběh, délka trvání emergence a abundance druhu *Ch. fusca* v trvale zatopené pasti A a periodicky zaplavované pasti B v roce 1984. Průměrná hodnota délky trvání emergence (dny) je uvedena v závorce.

Intenzita emergence

Intenzita emergence byla měřena pouze u druhu *M. minimum* a *E. guttulata* (Tab. 3). Druh *Ch. fusca* byl z důvodu malého množství nalezených jedinců z výpočtu vyřazen. Intenzita emergence v jednotlivých letech značně kolísá. Průměrná hodnota intenzity emergence za období 1983 – 1988 pro druh *M. minimum* byla 52 %, pro druh *E. guttulata* 61 %.

Tab. 3: Intenzita emergence vybraných druhů v trvale zatopené pasti A v letech 1983 – 1988 (- druh se ve vzorcích nevyskytoval, * intenzitu nebylo možné vyhodnotit z důvodu malého počtu dat).

Druh	Intenzita emergence [%]						
	Průměr	1983	1984	1985	1986	1987	1988
<i>M. minimum</i>	52	46	*	19	90	71	33
<i>E. guttulata</i>	61	82	*	-	39	-	*

Poměr pohlaví

Poměr pohlaví vybraných druhů chrostíku ve sledovaném období je znázorněn v Tab. 4. U druhů *M. minimum* a *E. guttulata* byli nalezeni pouze jedinci samičího pohlaví.

Tab. 4: Poměr pohlaví vybraných druhů v letech 1983 – 1988.

	<i>n</i> (samci/samice)					
	1983	1984	1985	1986	1987	1988
<i>Micrasema minimum</i>	0/81	0/1	0/32	0/274	0/18	0/110
<i>Ecclisopteryx guttulata</i>	0/6	0/2	-	0/13	-	0/24
<i>Chaetopteryx fusca</i>	-	3/2	-	-	-	-

Vztah teploty vody a emergence vybraných druhů chrostíků

Vztah teploty vody a emergence byl sledován pouze u druhu *Micrasema minimum* a *Ecclisopteryx guttulata*. Druh *Chaetopteryx fusca* nebyl z důvodu malého počtu nalezených jedinců hodnocen.

Micrasema minimum

Datum začátku emergence, teplota vody při nástupu emergence a délka trvání emergence v jednotlivých letech pro druh *M. minimum* je uvedena v Tab. 5. Průměrná

teplota vody při nástupu emergence za sledované období je 7,4°C. K emergenci druhu *M. minimum* v letech 1983 – 1988 docházelo v rozmezí teploty vody 7,0 – 8,9°C (Graf 9).

Tab. 5: Začátek emergence druhu *M. minimum*, teplota vody při nástupu emergence a délka trvání emergence v letech 1983 - 1988.

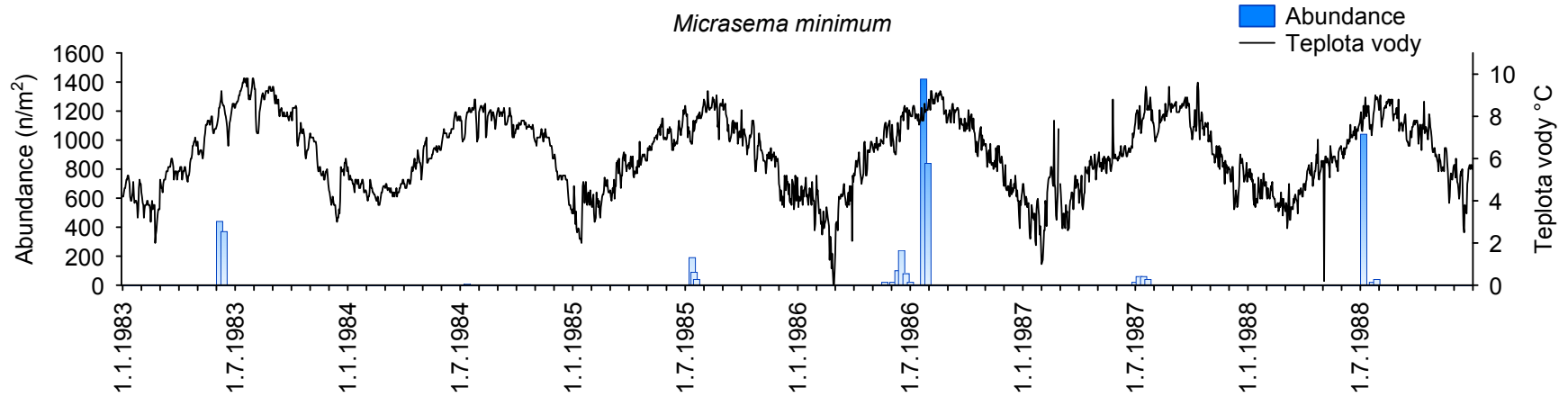
Rok	Začátek emergence	T vody (°C)	Délka trvání (dny)
1983	1.6.	8,0	13
1984	8.7.	8,0	3
1985	9.7.	6,8	21
1986	14.5.	7,0	77
1987	24.6.	7,0	28
1988	30.6.	7,8	21

Ecclisoteryx guttulata

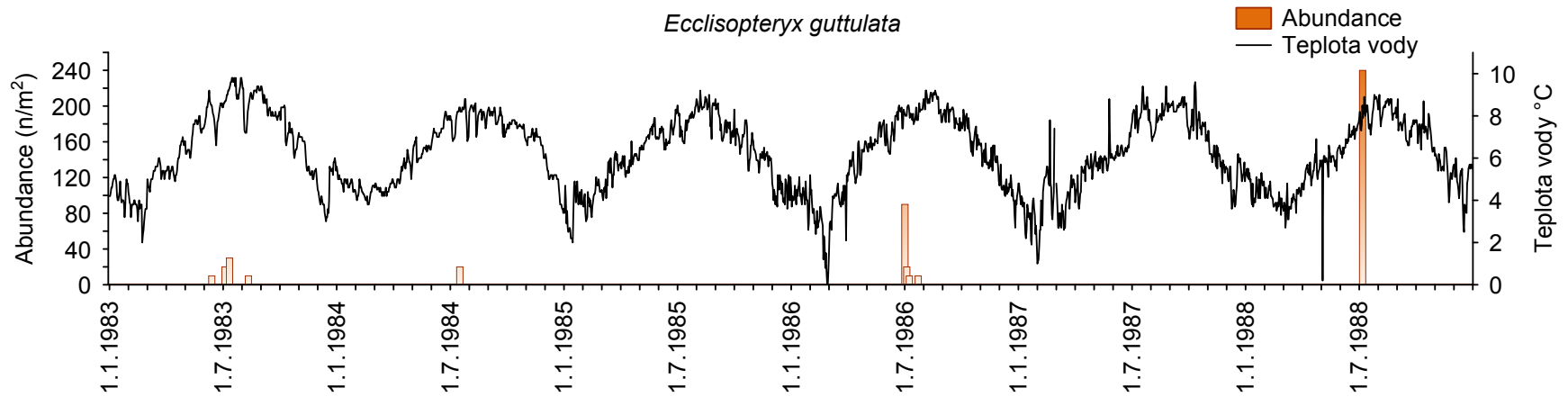
Datum začátku emergence, teplota vody při nástupu emergence a délka trvání emergence v jednotlivých letech pro druh *E. guttulata* je uvedena v Tab. 6. Průměrná teplota vody při nástupu emergence za sledované období je 8,2°C. K emergenci druhu *E. guttulata* docházelo v letech 1983 – 1988 v rozmezí teploty 7,3 – 9,3°C (Graf 10).

Tab. 6: Začátek emergence druhu *E.guttulata*, teplota vody při nástupu emergence a délka trvání emergence v letech 1983 - 1988.

Rok	Začátek emergence	T vody (°C)	Délka trvání (dny)
1983	7.6.	8,7	35
1984	13.7.	8,3	4
1985	-	-	-
1986	25.6.	8,0	28
1987	-	-	-
1988	30.6.	7,8	7



Graf 9: Vztah teploty vody a emergence druhu *M. minimum* v letech 1983 – 1986.



Graf 10: Vztah teploty vody a emergence druhu *E. guttulata* v letech 1983 – 1986.

6 Diskuze

Porovnání trvale zatopené pasti A a periodicky zaplavované pasti B

Přestože Waringer (1984) uvádí, že dočasné vysušení pasti nevykazuje žádný vliv na prostorové rozložení druhů, během sledovaného období bylo v trvale zatopené pasti A odchyceno 801 jedinců chrostíku a v periodicky zaplavované pasti B pouze 17 jedinců chrostíků. Malé množství jedinců v periodicky zaplavované pasti B mohlo být ovlivněno mnoha faktory vnějšího prostředí. Může jít o rozdílné preference substrátu, hloubky vody apod. (Flannagan & Lawler 1972).

Z čeledi Brachycentridae byl nalezen pouze druh *Micrasema minimum*. Přítomnost druhu byla zaznamenána jenom v trvale zatopené pasti A, což podporuje hypotézu, že jedinci čeledi Brachycentridae emergují přímo z vodní hladiny (Kirk 2014). V této pasti se *M. minimum* vyskytoval ve všech letech sledovaného období v celkovém počtu 516 jedinců. Výskyt ve všech letech sledovaného období podporuje hypotézu, že druh *Micrasema minimum* má monovoltinní životní cyklus (Décamps & Lafont 1974; Oscoz et al. 2011). V mírných zeměpisných šířkách má většina druhů vodního hmyzu monovoltinní životní cyklus (Wiggins 2004).

Druh *Ecclisopteryx guttulata* z čeledi Limnephilidae byl nalezen opět pouze v trvale zatopené pasti A, a to v letech 1983, 1984, 1986 a 1988 v celkovém počtu 45 jedinců. Vynechání let 1985 a 1987 by mohlo značit semivoltinní životní cyklus tohoto druhu.

U druhu *Chaetopteryx fusca* bylo v obou pastech zachyceno velmi málo jedinců. V trvale zaplavené pasti A byli nalezeni pouze 2 jedinci, v periodicky zaplavované pasti B 3 jedinci tohoto druhu.

Dominance druhu

Dominantním druhem v trvale zatopené pasti A byl druh *Micrasema minimum*, který průměrně představuje 48 % z celkového množství odchycených jedinců chrostíků. Ke stejnému závěru dospěl i Malicky (2002) při své studii ve stejné lokalitě, který uvádí že dominantním druhem v emergenčních pastech byl tentýž druh. Dalším dominantním

druhem byl ve sledovaném období druh *Rhyacophila vulgaris* s průměrnou dominancí 32 %.

V periodicky zaplavované pasti B byla dominance jednotlivých druhů výrazně odlišná. Dominantním druhem byl druh *Rhyacophila vulgaris* (29 %), dále *Allogamus uncatius* (12 %) a *Chaetopteryx fusca* (6 %). Rozdíl v dominanci jednotlivých druhů je způsoben tím, že dominantní druh lokality *Micrasema minimum* se v periodicky zaplavované pasti B vůbec nevyskytoval.

Vztah teploty vody a emergence vybraných druhů chrostíků

Délka trvání emergence jednotlivých druhů je ovlivňována mnoha faktory vnějšího prostředí (Frutiger 2004). Např. Flannagan & Lawler (1972) uvádějí, že existují rozdíly v emergenci jedinců stejného druhu z různých hloubek vody. Kukly z hlubších míst emergují později než kukly z mělkých vod.

Přestože někteří autoři považují vliv teploty na životní cykly vodního hmyzu jako přeceňovaný (Statzner & Higler 1986; Wiberg-Larsen et al. 2000), převažuje názor, že právě teplota je klíčovým faktorem ovlivňující životní cykly (např. Gledhill 1960; Vannote & Sweeney 1980; Masteller 1993). Tepelné preference emergujícího vodního hmyzu jsou uváděny většinou jen obecně, spíše jako roční doba, během které dochází k emergenci (Décamps & Lafont 1974; Moretti 1983; Waringer 1986; Previšić et al. 2007). Nicméně je v současné literatuře jen málo informací o konkrétních teplotních podmínkách nutných pro samotnou emergenci.

Micrasema minimum

K emergenci druhu *M. minimum* během let 1983–1988 docházelo vždy v období června a července, jen v roce 1986 i v květnu. K podobným závěrům dospěl i Waringer (1986), který během let 1980–1982 pozoroval dobu emergence od června do srpna. Hypotéza, že k emergenci druhu *M. minimum* dochází převážně v létě (Moretti 1983), byla podpořena. Waringer (1984) pozoroval maximum emergence v létě, kdy emergence *M. minimum* tvořila až 91 % celkové emergence.

Průměrná teplota vody při nástupu emergence druhu *Micrasema minimum* za celé sledované období byla 7,4°C, ale pohybovala se v poměrně širokém rozmezí teplot (6,8–8,0°C). V roce 1986 došlo k nástupu emergence tohoto druhu v důsledku vyšší teploty

vody již 14.5., zatímco v roce 1985 došlo k dosažení hraniční teploty pro emergenci až 9.7.

Emergence tohoto druhu většinou netrvala déle než 2 měsíce v roce, jak udává i Décamps & Lafont (1974). Výjimkou byl pouze rok 1986, kdy se jedinci v pastech nacházeli po delší dobu (77 dní). Je prokázáno, že druhy s rychlými sezónními cykly méně podléhají dlouhodobějšímu kolísání vnějších faktorů (Frutiger 2004).

Průměrná délka trvání emergence za celé sledované období je u druhu *M. minimum* 27 dní, Waringer (1986) uvádí průměrnou dobu trvání emergence *M. minimum* na téže lokalitě z let 1980 – 1982 38 dní.

Ecclisopteryx guttulata

K emergenci tohoto druhu během sledovaného období docházelo vždy během června či července. Dobu trvání emergence kratší než 2 měsíce pozoroval i Décamps (1968). Nicméně Moretti (1983) uvádí, že k emergenci může docházet na jaře, zejména v létě, nebo na podzim. Waringer (1986) udává, že při jeho výzkumu v potoce Oberer Seebach docházelo k emergenci od konce května do začátku srpna (v období 1980 - 1982).

Průměrná délka trvání emergence za celé sledované období je 19 dní, ale tato hodnota se v jednotlivých letech výrazně liší. Waringer (1986) v letech 1980 – 1982 vyhodnotil průměrnou dobu trvání emergence na 45 dní.

Průměrná teplota vody při nástupu emergence druhu *E. guttulata* byla 8,2°C, ale opět se pohybovala v poměrně širokém rozmezí teplot (7,8 – 8,7°C).

Chaetopteryx fusca

U druhu *Ch. fusca* docházelo ve sledovaném období k emergenci v měsících září, říjen a prosinec. Stejně období emergence pozoroval i Waringer (1986) v letech 1980 – 1982. Lze tedy podpořit hypotézu, že *Chaetopteryx fusca* emerguje na podzim (Previšić et al. 2007).

Pozorovaná průměrná délka trvání emergence *Chaetopteryx fusca* za období let 1983 – 1988 byla 74 dní v periodicky zaplavované pasti B, ale jenom 7 dní v trvale zatopené pasti A. Výrazný rozdíl ale může být způsoben faktem, že v pasti A se vyskytovaly pouze samice, zatímco v pasti B se vyskytovali pouze samci tohoto druhu. Waringer (1986) vyhodnotil průměrnou dobu trvání emergence tohoto druhu (v letech

1980 – 1982) na 64 dní. Tento rozdíl bude pravděpodobně způsoben malým množstvím nalezených jedinců ve sledovaných pastech.

Synchronizace emergence

U druhů *Micrasema minimum* a *Ecclisoteryx guttulata* nebyla synchronizace samčího a samičího pohlaví hodnocena z důvodu nedostatku dat. Waringer (1984) pozoroval u obou druhů vysokou míru synchronizace.

Přestože je v literatuře uváděno, že v ekosystémech se stabilní teplotou vody se vyskytují druhy vodního hmyzu, které mají nesynchronní emergenci v důsledku nedostatku teplotních podnětů potřebných k synchronizaci vývoje (Williams & Hogg 1988), u druhu *Chaetopteryx fusca* byla pozorována synchronizace emergence samčího a samičího pohlaví. Mezi výhody synchronizace emergence patří zvyšování pravděpodobnosti nalezení sexuálního partnera (Davies 1984). K emergenci samic druhu *Ch. fusca* docházelo pouze v trvale zatopené pasti A, což může poukazovat na jejich preferenci vyšší vodní hladiny, u samců docházelo k emergenci pouze v periodicky zaplavované pasti B. Fakt, že samci a samice emergovali v jiných částech vodního toku, ale může být poznamenán malým množstvím odchycených jedinců. Waringer (1984) ve své studii ze stejné lokality uvádí, že tento druh vykazuje emergenci samčího a samičího pohlaví jako pravděpodobně asynchronní (Waringer 1984).

U druhů se synchronní emergencí může délka emergence trvat několik dnů, ale i více než několik měsíců (Flannagan & Lawler 1972). Faktory, ovlivňující synchronizaci emergence mohou mít odlišný vliv na různé druhy vodního hmyzu.

Intenzita emergence

Intenzita emergence vodního hmyzu představuje výsledek kumulativních účinků vývoje, růstu, přirozené úmrtnosti a predace (Davies 1984). Intenzita emergence byla hodnocena pouze u druhu *Micrasema minimum* a *Ecclisopteryx guttulata*. Druh *Chaetopteryx fusca* byl z důvodu malého počtu nalezených jedinců z výpočtu vyřazen. Průměrná hodnota intenzity emergence *M. minimum* za sledované období byla 52 %, což znamená, že polovina jedinců emergovala v 1/2 celkového času emergence. Waringer (1986) vyhodnotil průměrnou hodnotu intenzity emergence za období 1980 - 1982 jako 30 %. U druhu *Ecclisopteryx guttulata* byla průměrná hodnota intenzity

emergence v letech 1983 – 1988 61 %, zatímco v letech 1980 – 1982 55 % (Waringer 1986). Procentuální stanovení intenzity je spíše orientační vzhledem k tomu, že emergenční pasti byly vybírány v odběrových intervalech několika dní. Hodnoty intenzity v jednotlivých letech výrazně lavírují. Intenzivnější emergence jedinců daného druhu by mohla značit optimálnější podmínky prostředí. Nicméně vliv teploty vody na intenzitu emergence nebyl prokázán, i při stejných teplotách vody při nástupu emergence se hodnoty intenzity významně lišily.

Poměr pohlaví

Micrasema minimum

U druhu *M. minimum* bylo za období let 1983 – 1988 nalezeno 516 jedinců samičího pohlaví, ale nebyl nalezen žádný jedinec pohlaví samčího. Na základě těchto výsledků je možné podpořit hypotézu, že druh *Micrasema minimum* vykazuje odlišný poměr pohlaví než 1:1. Během studia vzorků z let 1980 – 1982 zaznamenal Waringer (1986) také výrazný nepoměr pohlaví u tohoto druhu (422 samců : 3 samicím).

Malicky (2002) také upozorňuje na fakt, že většina jedinců druhu *M. minimum* byla samičího pohlaví. Při determinaci druhu *M. minimum* ve vzorcích z let 1983 – 2005 byl pozorován u většiny samic vykladený, tj. prasknutý zadeček, stejně jak uvádí i Malicky (2002). Vykladený zadeček vypovídá o tom, že samice emergovaly již před několika dny (Malicky 2002). Waringer (1986) popisuje, že emergenční pasti byly umístěny na sediment tak, aby byla možná migrace vodního hmyzu dovnitř pasti. Čímž by mohla být vysvětlena převaha samičího pohlaví v pastech, která by ale nebyla dána převahou emergujících samic, nýbrž tím, že samice při kladení vajíček vstupují zpět do vody a hledají vhodný substrát pro vykladení, kterým se stává právě emergenční past (Flint & Masteller 1993).

Ecclisopteryx guttulata

Druh *E. guttulata* také vykazuje výraznou dominanci samičího pohlaví. Za období let 1983 – 1988 bylo nalezeno 45 jedinců samičího pohlaví a žádný jedinec pohlaví samčího. Převaha samičího pohlaví byla pozorována i v několika dalších studiích (Waringer 1984, 1986; Malicky 2002). Tuto hypotézu získané výsledky podporují.

Malicky (2002) navíc uvádí, že dochází k emergenci samičího pohlaví zejména za pěkného počasí.

Možné vysvětlení nepoměru pohlaví uvádí Waringer (1984) a DeWalt et al. (1994), kteří popisují, že u některých druhů chrostíků byla prokázána fakultativní partenogeneze, která by vysvětlovala nepřítomnost samčího pohlaví.

Nerovné zastoupení pohlaví může být také způsobeno odlišným chováním samců a samic (Waringer 1986), nebo rozdílnou substrátovou preferencí jednotlivých pohlaví (DeWalt et al. 1994).

Poměr pohlaví daného druhu se liší i v průběhu emergence, což pozoroval Malicky (2002), který uvádí, že na začátku emergence převažovali samci, zatímco na konci převažovaly samice. Tato hypotéza nemohla být z důvodu nedostatku dat podpořena.

Chaetopteryx fusca

Narozdíl od předchozích druhů, byla ve vzorcích nalezena převaha samčího pohlaví. Ve sledovaném období byli celkem nalezeni 3 jedinci samčího pohlaví a 2 jedinci pohlaví samičího. Hypotézu, že *Chaetopteryx fusca* má odlišný poměr pohlaví než 1:1 (Waringer 1986) sice tato data podporují, ale vzhledem k velmi nízkému počtu nalezených jedinců nemohou být brána za směrodatná.

7 Literatura

Barnard, P. & Ross, E. (2008): Guide to the adult caddisflies or sedge flies (Trichoptera). FSC. 10 p.

Barnard, P. & Ross, E. (2012): The adult Trichoptera (caddisflies) of Britain and Ireland. Royal entomological society. 198 p.

Bartrons, M., Papes, M., Diebel, M. W., Gratton, C. & Zanden, M. J. V. (2013): Regional-Level Inputs of Emergent Aquatic Insects from Water to Land. *Ecosystems*. 16: 1353 – 1363.

Bonada, N., Zamora-Muñoz, C., Rieradevall, M. & Prat, N. (2004): Trichoptera (insecta) collected in mediterranean river basins in the iberian penninsula: taxonomic remarks and notes on ecology. *Graellsia*. 60 (1): 41 - 69.

Botosaneanu, L. & Malicky, H. (1978): Trichoptera. In: Illies J. (ed.) *Limnofauna Europaea*. 2.nd editions. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart. 552 p.

Corbet, P. S. (1964): Temporal patterns of emergence in aquatic insects. *The Canadian Entomologist*. 96: 264 – 279.

Davies, I. J. (1984): Sampling aquatic insect emergence. In: Downing, J. A., Rigler, F. H. (eds.): *A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Water*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 227 p.

Décamps, H. (1968): Vicariances écologiques chez les trichoptères des Pyrénées. *Annales de Limnologie*. 50 p

Décamps, H. & Lafont, M. (1974): Cycles vitaux et production des *Micrasema* pyrénéennes dans les mousses d'eau courante. *Annales de limnologie*. 10 (1): 1 - 32.

DeWalt, R. E., Stewart, K. W., Moulton, S. R. & Kennedy, J. H. (1994): Summer emergence of mayflies, stoneflies, and caddisflies from a colorado mountain stream. *The Southwestern Naturalist*. 39 (3): 249 – 256.

Feminella, J. W. & Resh, V. H. (1990): Hydrologic influences, disturbance, and intraspecific competition in a stream caddisfly population. *Ecology*. 71 (6): 2083 – 2094.

Flannagan, J. F. & Lawler, G. H. (1972): Emergence of caddisflies (Trichoptera) and mayflies (Ephemeroptera) from Heming Lake, Manitoba. *Canadian Entomologist*. 104: 173 - 183.

Flint, O. S. Jr. & Masteller, E. C. (1993): Emergence Composition and Phenology of Trichoptera from a Tropical Rainforest Stream at El Verde, Puerto Rico. *Journal of the Kansas Entomological Society*. 66 (2): 140 – 150.

Frutiger, A. (2004): Ecological impacts of hydroelectric power production on the River Ticino. Part 2: Effects on the larval development of the dominant benthic makroinvertebrate (*Allogamus auricollis*, Trichoptera). *Archiv für hydrobiologie*. 159: 57 - 75.

Füreder, L., Wallinger, M. & Burger, R. (2005): Longitudinal and seasonal pattern of insect emergence in alpine streams. *Aquatic Ecology*. 39: 67 - 78.

Gledhill, T. (1960): The Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera caught by emergence traps in two stream during 1958. *Hydrobiologia*. 15: 179 - 188.

Graf, W., Grasser, U. & Warringer, J. (1995): Trichoptera. In.: Moog O. (ed.): *Fauna aquatica austriaca*. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für land- und forstwirtschaft. Wien.

Graf, W., Murphy, J., Dahl, J., Zomora-Munoz, C. & Lopez-Rodriquez, M. J. (2008): Distribution and ecological preferences of European freshwater organisms. Volume 1: Trichoptera. Pensoft. Sofia. 388 p.

Grant, P. R. & Mackay, R. J. (1969): Ecological segregation of systematically related stream insects. *Canadian Journal of Zoology*. 47: 691 - 694.

Harper, F., Magnin, E. & Harper, P. P. (1983): Diel Periodicity of Emerging Mayflies (Insecta: Ephemeroptera) in a Laurentian Stream. *Aquatic Insects*. 5 (1): 21 – 31.

Hering, D., Schmidt-Kloiber, A., Murphy, J., Lücke, S., Zamora-Muñoz, C., López-Rodríguez, M. J., Huber, T. & Graf W. (2009): Potential impact of climate change on aquatic insect: A sensitivity analysis for European caddisflies (Trichoptera) based on distribution patterns and ecological preferences. *Aquatic Sciences*. 71: 3 – 14.

Holzenthal, R. W., Blahnik, R. J., Prather, A. L. & Kjer, K. M. (2007): Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), Caddisflies. *Zootaxa*. 1668: 639 - 698.

Jackson, J. K. (1988): Diel Emergence, Swarming and Longevity of Selected Adult Aquatic Insect from a Sonoran Desert Stream. *American Midland Naturalist*. 119 (2): 344 - 352.

Kirk, D. (2014): Hatches & Fly Patterns of the Great Smoky Mountains. Stackpole Books. 242 p.

Losos, B., Helešic, J., Holoubek, I., Kubíček, F., Marvan, P., Pelikán, J., Procházková, D. & Rozkošný, R. (1992): Cvičení z ekologie živočichů. Skriptum. Přírodovědecká fakulta Masarykova univerzita. Brno. 229 p.

Malicky, H. (2002): A quantitative field comparison of different types of emergence traps in a stream: general, Trichoptera, Diptera (Limoniidae and Empididae). *Annales de Limnologie*. 38 (2): 133 – 149.

- Malicky, H. (2004): Atlas of European Trichoptera. 2Nd editions. Springer. Dordrecht. 359 p.
- Marchant, R. & Hehir, G. (1999): Growth, production and mortality of two species of *Agapetus* (Trichoptera: Glossosmatidae) in the Acheron River, south-east Australia. *Freshwater Biology*. 42: 655 – 671.
- Masteller, E. C. (1993): Comparison of Tropical and Temperate Emergence Phenology of Aquatic Insects from Puerto Rico and Pennsylvania. *Journal of the Kansas Entomological Society*. 66 (2): 192 - 199.
- McCabe, D. J. & Gotelli, N. J. (2000): Effect of disturbance frequency, intensity, and area on assemblages of stream macroinvertebrates. *Oecologia*. 124: 270 – 279.
- McCafferty, W. P. (1983): *Aquatic Entomology: The Fishermen's and Ecologists' Illustrated Guide to Insects and Their Relatives*. Jones and Bartlett Publishers. Boston. 448 p.
- Milne, M. J. (1938): The „metamorphotype method“ in Trichoptera. *Journal of the New York Entomological Society*. 46 (4): 435 - 437.
- Moretti, G. (1983). *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. 19. Tricotteri (Trichoptera). Consiglio Nazionale Delle ricerche. 155p.
- Nebeker, A. V. (1971): Effect of high winter water temperatures on adult emergence aquatic insects. *Water Research Pergamon Press*. 5: 777 - 783.
- Oscoz, J., Galicia, D. & Miranda, R. (eds) (2011): *Identification guide of freshwater macroinvertebrates of Spain*. Springer. New York. 153 p.

- Pitsch, T. (1993): Zur Larvaltaxonomie, Faunistik und Ökologie mitteleuropäischer fließwasser-Köcherfliegen (Insecta: Trichoptera). *Landschaftsentwicklung und Umweltforschung. Sonderheft 8.* 316 p.
- Previšić, A., Kerovec, M. & Kučinić, M. (2007): Emergence and Composition of Trichoptera from Karst Habitats, Plitvice Lakes Region, Croatia. *International Review of Hydrobiology.* 92 (1): 61 – 83.
- Ross, H. H. (1944): *The Caddis Flies, or Trichoptera, of Illinois.* Champaign: Illinois Natural History Survey. 330 p.
- Sedlák, E. (1980): Bestimmungsschlüssel für mitteleuropäische Köcherfliegenlarven (Insecta, Trichoptera). In Kohl W. (eds.) (1985): *Wasser und Abwasser.* Band 29. 146 p.
- Statzner, B. & Higler, W. G. (1986): Stream hydraulics as a major determinant benthic invertebrate zonation patterns. *Freshwater Biology.* 16: 127 – 139.
- Stummer, Ch. (1980): Beiträge zur methodik der plecopterenemergenz und der untersuchung von bachsedimenten. *Jahresberich der Biologischen Station Lunz.* 3: 81 – 85.
- Svensson, W. (1972): Flight periods, ovarian maturation, and mating in Trichoptera at a South Swedish stream. *Oikos.* 23: 370 – 383.
- Tronstad, L. M., Tronstad, B. P. & Benke, A. C. (2007): Aerial Colonization and Growth: Rapid Invertebrate Responses to Temporary Aquatic Habitats in a River Floodplain. *Journal of the North American Benthological Society.* 26 (3): 460 - 471.
- Urbanič, G. & Toman, M. J. (2007): Influence of Environmental Variables on Stream Caddis Larvae in Three Slovenian Ecoregions: Apls, Dinaric Western Balkans and Pannonian Lowland. 92: 582 – 602.

Valladolid, M., Martínez-Bastida, J. J. & Arauzo, M. (2011): The Trichoptera fauna of the Oja River (La Rioja, Spain). *Zoosymposia*. 5: 497 - 507.

Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell J. R. & Cushing C. E. (1980): The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 37: 130 – 137.

Vannote, R. L. & Sweeney, B. W. (1980): Geographic analyses of thermal equilibria: a conceptual model for evaluating the effect of natural and modified thermal regimes on aquatic insect communities. *The American Naturalist*. 115: 667 – 695.

Wagner, F. H. & Leichtfried, M. (2003): Endbericht des Langzeit-Forschungsprogramms RITRODAT. Mondsee: Institute for Limnology. Austrian Academy of Science. 132 p.

Wagner, R. (2005): The influence of stream water temperature on size and weight of caddisflies (Insecta, Trichoptera) along the Breitanbach 1983 – 1991. *Archiv für Hydrobiologie*. 163: 65 – 79.

Wallace, I. D., Wallace B. & Philipson G. N. (2003): Keys to the case-bearing caddis larvae of Britain and Ireland. Ambleside. Freshwater Biological Association. 264 p.

Wallace, J.B. (1990): Recovery of Lotic Macroinvertebrate Communities from Disturbance. *Environmental Management*. 14 (5): 605 - 620.

Waringer, J. A. (1984): Vörlaufige ergebnisse einer untersuchung zur trichopteren-emergenz im „Ritrodat-areal“ des Lunzer Seebaches (N.Ö.). *Jahresberich der Biologischen 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. & Graf W. (2011): Atlas der mitteleuropäischen Köcherfliegenlarven: Atlas of Central European Trichoptera Larvae. Erik Mauch Verlag. 468 p.

Wiberg-Larsen, P., Brodersen P. K., Birkholm S., Grøns P. N. & Skriver J. (2000): Species richness and assemblage structure of Trichoptera in Danish streams. *Freshwater Biology*. 43: 633 – 647.

Wiggins, G. B. (1973): A contribution to the biology of caddisflies (Trichoptera) in temporary pools. *Life Sciences Contributions Royal Ontario Museum* 88. 28 p.

Wiggins, G. B. (2004): *Caddisflies: The underwater architects*. University of Toronto. Toronto. 292 p.

Williams, D. D. & Hogg, I. D. (1988): Ecology and production of invertebrates in a Canadian coldwater spring–springbrook system. *Holarctic Ecology*. 11: 41 – 54.