

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Laboratoř růstových regulátorů



Elizabeth Bočková

**Životní cykly a emergence chrostíků
čeledí Philopotamidae a Hydropsychidae**

Bakalářská práce

Studijní program: B1501 Experimentální biologie

Studijní obor: Experimentální biologie

Forma studia: Prezenční

Vedoucí práce: RNDr. Vladimír Uvíra Dr.

Olomouc 2016

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracovala samostatně za použití citované literatury.

V Olomouci dne

.....

Podpis

Poděkování:

Poděkování patří v první řadě vedoucímu práce RNDr. Vladimíru Uvírovi Dr. za poskytnutí konzultací, odborných rad a literatury. Dále bych ráda poděkovala i mému příteli a rodině, kteří mě během psaní bakalářské práce a studia podporovali.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Elizabeth Bočková

Název práce: Životní cykly a emergence chrostíků čeledi Philopotamidae a Hydropsychidae

Typ práce: Bakalářská práce

Pracoviště: Katedra zoologie a ornitologická laboratoř

Vedoucí práce: RNDr. Vladimír Uvíra Dr.

Rok obhajoby: 2016

Abstrakt: Tato bakalářská práce pojednává o životních cyklech a emergenci chrostíků čeledi Philopotamidae a Hydropsychidae. Významný vliv na životní stadia tohoto akvatického hmyzu mají především abiotické environmentální faktory, zejména světelné záření, teplota, hydrologické podmínky, koncentrace organických, anorganických, toxických a minerálních látek. Emergence představuje u chrostíků klíčovou fází životního cyklu, kdy jedinci přecházejí z vodního na suchozemský způsob života. Nástup emergence a její trvání ovlivňuje úspěšnost vytvoření budoucí generace. Obecně platí, že zvyšující se teplota urychluje nástup emergence, avšak nemusí to být pravidlem u všech druhů. Larvy chrostíků jsou známé pro budování specifických schránek, které mohou sloužit jak ochrana před predátory či jako mechanismus odchyty potravy. Dále mohou larvy svým výskytem ukazovat na stupeň čistoty vody, jelikož většina druhů chrostíků preferuje čisté toky bohaté na kyslík. Práce se mimo jiné věnuje popisu lokality, metodám odchyty hmyzu a jejich celkovému významu ve vodních ekosystémech.

Klíčová slova: Trichoptera, chrostíci, emergence, životní cyklus, environmentální faktory

Bibliographical identification

Autor's first name and surname: Elizabeth Bočková

Title: Life cycles and the emergence of caddisflies families Philopotamidae and Hydropsychidae

Type of thesis: Bachelor thesis

Department: Department of Zoology and laboratory of ornitology

Supervisor: RNDr. Vladimír Uvíra, Dr.

The year of presentation: 2015

Abstract: This thesis is focused on the life cycles and the emergence of caddisflies, particularly of the families of Philopotamidae and Hydropsychidae. The environmental factors, especially abiotic, have a significant impact on the life stages of this aquatic insect. Among the most important factors belong light, heat, hydrological conditions, a concentration of organic, inorganic, toxic and mineral substances. An emergence represents the most important phase of the insect's life cycle during the transition from an aquatic to terrestrial life. An outset and duration of the emergence has also a great influence on the successful creation of the next generation. In general, an increasing temperature accelerates the outset of emergence, on the other hand, this may not be rule for all the species. Caddis larvae are known for building specific cases which can be used as a protection against predators or as a mechanism to capture food. An occurrence of larvae can indicate a water quality, since most of the species of caddisflies prefer clear waters with a high concentration of oxygen. This thesis also deals with the description of locations, the methods of trapping the insects and with their overall importance in aquatic ecosystems.

Keywords: Trichoptera, caddisflies, emergence, life cycle, environmental factor

Obsah

Seznam obrázků	vii
1 Úvod	1
2 Cíle práce	3
2.1 Bakalářská práce.....	3
2.2 Diplomová práce.....	3
3 Chrostíci (Trichoptera)	4
3.1 Taxonomické zařazení	4
3.2 Rozšíření.....	5
3.3 Morfologie	5
3.3.1 Morfologie larvy	5
3.3.2 Morfologie kukly.....	7
3.3.3 Morfologie imaga.....	7
3.4 Potrava	9
3.5 Ekologie.....	11
3.6 Životní cykly.....	12
3.7 Reprodukce	14
3.8 Emergence	14
4 Ekologie vybraných čeledí.....	16
4.1 Čeď Philopotamidae	16
4.1.1 Rozšíření	16
4.1.2 Morfologie larvy	16
4.1.3 Morfologie dospělců	17
4.1.4 Ekologie	17
4.1.5 Potrava.....	18

4.2	Čeleď Hydropsychidae	18
4.2.1	Rozšíření.....	18
4.2.2	Morfologie larvy	18
4.2.3	Morfologie dospělců	19
4.2.4	Ekologie	20
4.2.5	Potrava.....	20
5	Abiotické environmentální faktory	21
5.1	Chrostíci jako bioindikační skupina	21
5.2	Teplota	21
5.3	Obsah kyslíku	22
5.4	Sluneční záření	23
5.5	Vegetace	24
5.6	Acidifikace.....	24
5.7	Organické a anorganické látky	25
5.8	Proudění vody.....	27
6	Lokalita	29
7	Metodika	31
7.1	Terénní odběry vzorků.....	31
7.2	Laboratorní práce.....	33
8	Závěr	34
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	35

Seznam obrázků:

- Obr. 1: Laterální pohled na eruciformní typ larvy chrostíka
- Obr. 2: Imago chrostíka
- Obr. 3: Ústní ústrojí dospělého jedince
- Obr. 4: Sběrači (collectors)
- Obr. 5: Životní cykly chrostíků
- Obr. 6: Larva čeledi Philopotamidae
- Obr. 7: Larva čeledi Hydropsychidae
- Obr. 8: Dynamika emergence druhu *Hydropsyche saxonica/instabilis*
- Obr. 9: Ekologické profily čeledi Philopotamidae a jejich vybraných druhů
- Obr. 10: Ekologické profily čeledi Hydropsychidae a druhu *H. exocellata*
- Obr. 11: Ekologické profily druhů *H. gr. pelucidula* a *H. sp1*
- Obr. 12: Část zkoumaného úseku potoku Oberer Seebach s nainstalovanými pastmi
- Obr. 13: Emergenční past

1 Úvod

Sladká voda je jednou z nejdůležitějších složek neživé přírody, ačkoliv tvoří pouze nepatrné množství ze zásob vody na Zemi. Voda poskytuje životní prostředí mnoha různým organismům, mezi kterými zaujímá vodní hmyz dominantní postavení. Antropogenní činností (zvyšující se urbanizace, rozvoj nových technologií, nadměrné čerpání přírodních zdrojů, vypouštění toxinů aj.) však v dnešní době dochází k často nevratným změnám ve vodním prostředí. To má velký dopad na druhové složení a fungování akvatického hmyzu, zejména pak na jejich emergenci, která je klíčovým okamžikem v životním cyklu vodního hmyzu, jelikož představuje energeticky náročný přechod z akvatického (vodního) na terestrický (suchozemský) způsob života. Reakce vodních organismů na změny podmínek se mohou značně lišit a to jak u jednotlivých druhů, tak i u populací, jež obývají různá stanoviště. Některé organismy se vyznačují vyšší schopností přizpůsobení se, či tolerancí širokého rozpětí přírodních podmínek. Takové organismy označujeme jako euryvalentní. Organismům, které mají jen nízkou míru tolerance, říkáme stenovalentní. Vodní hmyz může na měnící se podmínky v toku reagovat různým způsobem, zpravidla se však jedná o výkyvy v životním cyklu, především pak v načasování a nástupu emergence.

Chrostíci disponují výrazným bioindikačním potenciálem, který lze využít při hodnocení ekologického stavu a kvality akvatických ekosystémů. Mezi jejich přednosti patří výskyt téměř na všech kontinentech, druhová bohatost a citlivost k environmentálním podmínkám. Zejména díky kosmopolitnímu zastoupení je možné pozorovat jejich reakce na změny podmínek u jednotlivých přírodních faktorů v daných oblastech.

Vzorky hmyzu, které jsou předmětem mého zájmu v rámci bakalářské práce, pocházejí z oblasti Lunz am See nacházející se v Rakousku. Hmyz byl naloven v rámci dlouholetého projektu RITRODAT, který má za cíl objasnit ekologické fungování a vzájemné vztahy ve vodních ekosystémech. Projekt byl založen v roce 1976 Prof. Gernotem Bretschkem, který má hlavní zásluhu na zvýšení povědomí o Rakouské limnologii. Emergenční pasti byly pravidelně rozmístěny ve zkoumaném úseku toku Oberer Seebach v letech 1981 – 2009. Ve dvoudenních až třítýdenních intervalech byly pasti vyprazdňovány a materiál byl zafixován z důvodu uskladnění pro další analýzy. Vzorky byly po domluvě převezeny do České Republiky a nyní jsou umístěny na Katedře zoologie PřF UP v Olomouci. V současné době jsou stále intenzivně studovány pod dohledem RNDr. Vladimíra Uvíry Dr.

Porozumění vzájemným vztahům mezi vodními organismy a jejich přirozeným prostředím je pro nás velice přínosné, zvláště v dnešní době, kdy dochází k masivnímu využívání vodních zdrojů po celém světě z hlediska materiálních i kulturních potřeb člověka. Studium vodních ekosystémů a jejich oživení je důležité také proto, aby bylo možné udržet rovnováhu v přírodě a zajistit dostatečné množství kvalitní vody i v budoucnu. Chrostíci jakožto živočichové vázaní převážně na čisté toky jsou proto významnou skupinou, jež lze zkoumat v souvislosti s měnicími se okolními podmínkami.

2 Cíle práce

2.1 Bakalářská práce

Cílem bakalářské práce je zpracovat kvalitní literární rešerši z dostupné odborné literatury a internetových databází, zejména z Web of Science (WOS). To by mělo vést k nabytí potřebných znalostí, nutných k vypracování navazující diplomové práce.

2.2 Diplomová práce

Diplomová práce bude vycházet z předložené bakalářské práce.

Při diplomové práci:

- bude dokončena determinace chrostíků na co nejnižší možnou úroveň
- bude provedeno statistické vyhodnocení rozdílů v emergenci chrostíků v letech 1981-2009
- bude vyhodnocen vliv environmentálních podmínek na emergenci chrostíků

3 Chrostíci (Trichoptera)

Chrostíci tvoří druhově početnou monofyletickou skupinu sladkovodních živočichů (MALM *et al.* 2013). Jde o okřídlený hmyz s proměnou dokonalou obývající jak vodní (vajíčko, larva, kukla) tak suchozemské prostředí (dospělec). Jsou blízce příbuzní motýlům (Lepidoptera), ale na rozdíl od nich mají křídla pokryta jemnými chloupky, nikoliv šupinkami, jak je tomu u motýlů (MOOR & IVANOV 2008).

Jsou významnou složkou vodních ekosystémů, tvoří hlavní zdroj potravy ostatních bezobratlých i obratlovců, např. korýšů, ryb či ptáků. Krom toho se podílí na recyklaci organické hmoty v přírodě její konzumací a budováním specifických podvodních struktur a schránek (BOUCHARD 2004). Larvy mají rovněž významnou schopnost indikovat svým výskytem stupeň čistoty vody (ROZKOŠNÝ *et al.* 1980).

3.1 Taxonomické zařazení

Chrostíci obývají naši planetu již 234 milionů let, tj. od středního – pozdního triasu (MALM *et al.* 2013). V současnosti je známo přes 14 000 druhů zařazených do 49 čeledí (HOLZENTHAL *et al.* 2011). Na našem území je nyní známo asi 240 druhů (HUDEC *et al.* 2007). Chrostíci mají dva páry ochlupených křídel, proto jsou zařazeni ke křídlatým (Pterygota). Jde o sedmý nejpočetnější řád v rámci třídy hmyzu (MALM *et al.* 2013).

Taxonomické zařazení dle (SEDLÁK 2005):

Kmen:	Arthropoda
Podkmen:	Hexapoda
Třída:	Insecta
Podtřída:	Pterygota
Nadřád:	Neoptera
Kohorta:	Holometabola
Řád:	Trichoptera
Čeleď:	49 čeledí

K čeledím, které můžeme nalézt ve Střední Evropě, patří např. Hydropsychidae, Philopotamidae, Hydroptilidae, Glossosomatidae, Lepidostomatidae, Limnephilidae, Leptoceridae, Molannidae, Hydrobiosidae aj.

3.2 Rozšíření

Chrostíci jsou kosmopolitně rozšířenou skupinou, vyskytující se v širokém spektru zeměpisných šířek a nadmořských výšek (HOLZENTHAL 2007). S výjimkou Antarktidy obývají chrostíci všechny kontinenty (MALM *et al.* 2013). Nevyskytují se však ani na Havajských ostrovech (LELLÁK *et al.* 1982).

Za nynějším rozšířením chrostíků stojí zalednění (Pleistocén), které způsobilo opakované zúžení a rozšíření jejich teritoria. Mnohé druhy se přesunuly ze severní do jižní Evropy, kde kolonizovaly vysokohorské oblasti (Alpy), když došlo k zalednění severní Evropy. Izolované populace, které se adaptovaly na nové podmínky, si vytvořily specifické požadavky na potravu či prostředí. Tím docházelo ke vzniku nových druhů. Důkazem toho je, že dnes můžeme v těchto oblastech najít velké množství endemických druhů (HERING *et al.* 2009).

3.3 Morfologie

Životní stádia chrostíků se liší stavbou těla. Celkový vývoj (včetně stádia kukly) trvá 7 – 11 měsíců (REISINGER *et al.* 2001).

3.3.1 Morfologie larvy

Larvy chrostíků dělíme na dva základní morfologické typy: kampodeoidní (hlava je prognátní; tzn. osa hlavy je prodlouženou osou těla), které mají zploštělý zadeček a nestaví si přenosné schránky a eruciformní (hlava je ortognátní, tedy osa hlavy svírá s osou těla pravý nebo tupý úhel), jejichž válcovitý zadeček nese tracheální žábry a je ukrytý v přenosné schránce z různého materiálu (ROZKOŠNÝ *et al.* 1980).

Významnou schopností, kterou larvy chrostíků disponují, je tvorba hedvábného vlákna. To jim umožňuje vytvářet široké spektrum morfologických adaptací, díky kterým mohou obývat téměř jakýkoliv sladkovodní ekosystém (MOOR & IVANOV 2008). Snovací žlázy produkují sekret, který chrostíci využívají při stavbě přenosných schránek či lapacích sítí. Vlákno tedy slouží jako ochrana larvy a současně k získávání potravy (HUDEC *et al.* 2007).

Tělo larev chrostíků je členěno na tři segmenty: hlava, tříčlánková hrud' a měkký zadeček, jež obvykle tvoří deset článků (viz. Obr. 1).

Hlava je zpravidla silně sklerotizovaná a na jejích bocích se nacházejí oči, složené ze šesti drobných oček. Kousací ústní ústrojí se skládá z horního pysku (labrum), krátkých a silných kusadel (mandibuly) a útvaru vzniklého srůstem čelistí a spodního pysku

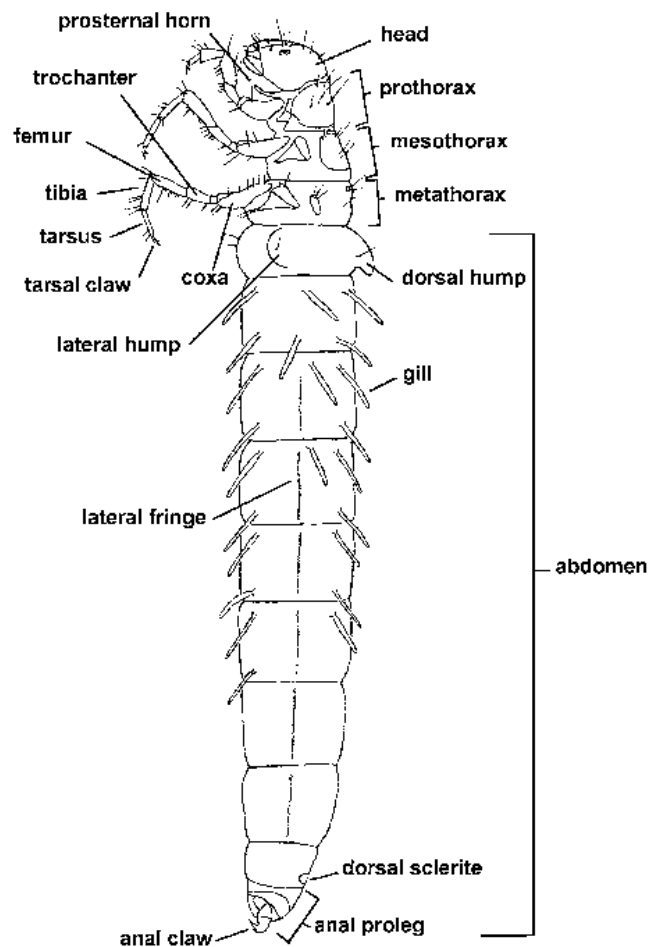
(maxillolabium). Tykadla jsou u larev většiny druhů zakrnělá (ROZKOŠNÝ *et al.* 1980; REISINGER *et al.* 2001).

Hrud' (thorax) se skládá ze tří článků, přičemž každý článek nese jeden pár končetin. Hrudní články jsou z vrchní strany různě sklerotizovány a spodní strana je obvykle blanitá. Břišní strana prvního hrudního článku může být u některých druhů doplněna o drobný sklerit (prosternum), který často vybíhá dopředu v rohovitý výběžek (ROZKOŠNÝ *et al.* 1980).

Kráčivé segmentované končetiny jsou připojeny k tzv. pleuronu, který je tvořen třemi pleurálními sklerity a zpevňuje postranní části hrudních článků. Končetina se skládá ze šesti článků: kyčle (coxa), příkyčlí (trochanter), stehno (femur), holeň (tibia), chodidlo (tarsus) a drápek (unguiculus). Nohy mají často vyvinuté pohyblivé ostruhy na holeních. Jejich počet je významným určovacím znakem při determinaci do druhů (HUDEC *et al.* 2007). Poslední pár nohou může být u některých druhů silně obrvený a tak přizpůsobený k plavání (ROZKOŠNÝ *et al.* 1980).

Zadeček (abdomen) je měkký. Na prvním článku se u larev stavících si schránky vytvářejí tři svalové hrbolky, které slouží k zachycení larvy ve schránce. Poslední článek nese anální nožky (pošinky), opatřené na konci drápkou a háčky (ROZKOŠNÝ *et al.* 1980). Na abdominálních člancích jsou rovněž umístěny tracheální žábry, které mají obvykle keříčkovitý či prstovitý tvar (HUDEC *et al.* 2007). Larvy bez žaber dýchají celým povrchem těla (ROZKOŠNÝ *et al.* 1980).

U některých chrostíků se v nedospělých stádiích nemusí objevovat končetiny. Rovněž může u některých druhů docházet k redukci hlavy, tudíž jedinec vzdáleně připomíná červa (BOUCHARD *et al.* 2004).



Obr. 1: Laterální pohled na eruciformní typ larvy chrostíka (BOUCHARD 2004)

3.3.2 Morfologie kukly

Kukla chrostíků (pupa libera) je volná a liší se podle typu larvy. U kampodeoidních larev je uzavřena v kožovitém kokonu obaleném drobným materiálem (kamínky, písek aj.) a připevněném ve vodě na pevném podkladě. Larvy eruciformní (houseskovité) se kuklí v larvální schránce, která je na obou koncích uzavřena víčkem s otvory a je rovněž připevněna ve vodě na pevném podkladě (ROZKOŠNÝ *et al.* 1980). Při emergenci kukla aktivně vyplouvá k hladině pomocí silných obrvených nohou (HUDEC *et al.* 2007). Kukly mají volné pochvy končetin, křídel a tykadel. Při emergenci používají k uvolnění ze schránky kusadla (ROZKOŠNÝ *et al.* 1980).

3.3.3 Morfologie imaga

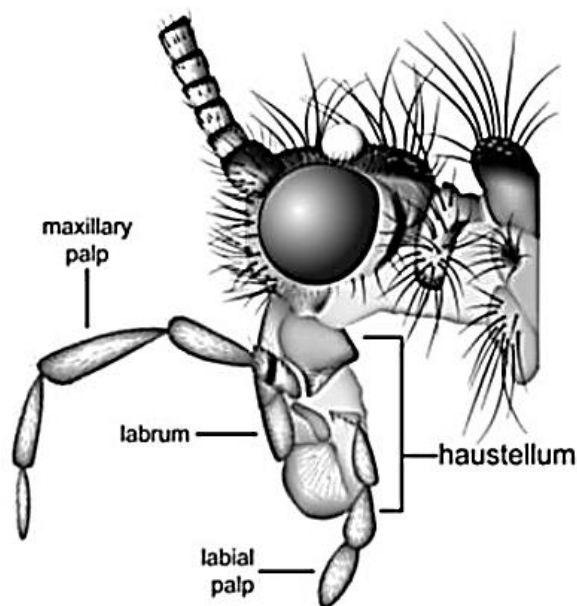
Dospělí jedinci dosahují velikosti až 20 mm (ROZKOŠNÝ *et al.* 1980). Mají dva páry ochlupených křídel s hustou podélnou žilnatinou. Křídla skládají v klidu střechovitě nad zadeček a kvůli ochlupení není membrána křídel průhledná (HUDEC *et al.* 2007). Ochlupení

předních křídel bývá zpravidla hustější, než na zadních křídlech (GREENHALGH & OVENDEN 2007). Rozpětí křídel může dosahovat až 60 mm (ROZKOŠNÝ *et al.* 1980).

Tělo chrostíků bývá zpravidla zbarveno nejrůznějšími odstíny žluté, hnědé až černé barvy a je poměrně štíhlé (HUDEC *et al.* 2007). Na hlavě jsou přítomna dlouhá, nitkovitá tykadla (antény), která u některých druhů mohou dosahovat téměř dvojnásobku délky jedince (MOOR & IVANOV 2008). Zakrňelé ústní ústrojí slouží k lízání rostlinných šťáv (například nektaru), případně k sání. Ústní ústrojí tvoří maxilární palpy (čelistních makadla) z 5 segmentů, labiální palpy (pysková makadla) ze 3 segmentů a labrum (horní pysk) (viz. Obr. 3) (FLINT 1989; HUDEC *et al.* 2007). Samičky mají čelistní palpy vždy z 5 segmentů, u samečků může být počet segmentů proměnlivý (GREENHALGH & OVENDEN 2007). Ústní ústrojí je doplněno kusadly a tzv. lízacím orgánem (haustellum), který vznikl přeměnou spodního pysku (ROZKOŠNÝ *et al.* 1980). Aktivní bývají zejména v noci, ačkoliv i v brzkých večerních hodinách je možné spatřit v blízkosti vodních toků masové lety chrostíků (WIGGINS 2004).



Obr. 2: Imago chrostíka (Foto: Bočková 2015)



Obr. 3: Ústní ústrojí dospělého jedince (HOLZENTAHL *et al.* 2007)

3.4 Potrava

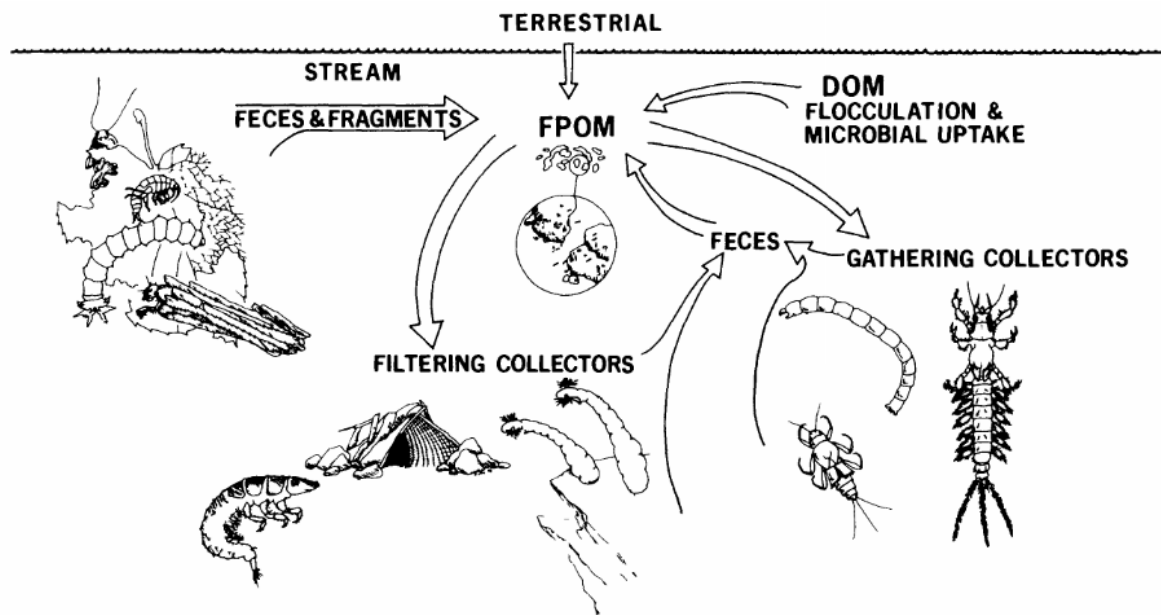
Larvy chrostíků mají různé morfologické adaptace, které jim umožňují konzumovat dostupnou potravu, jež je tvořena převážně partikulovanými částicemi. Rozdíly mezi potravními zdroji spočívají především ve velikosti částic, přítomnosti chlorofylu a obsahu proteinů (CUMMINS & KLUG 1979). Řada druhů se specializuje na určitý typ potravy, k jejímuž zpracování jsou vybaveni příslušnými mechanismy. V průběhu životního cyklu se ovšem skladba potravy u chrostíků často mění (GRAF *et al.* 2008).

Partikulované částice dělíme na CPOM (organické částice větší než 1 mm) a FPOM (organické částice menší než 1 mm). Distribuce částic v toku ovlivňuje výskyt živočichů, kteří jsou vybaveni pro příjem a zpracování těchto detritových frakcí. Chrostíci jsou zastoupeni ve všech skupinách: drtiči, škrabači, spásači, sběrači a někteří dokonce predátoři.

V horních částech toku, kde převládá hrubý detritus (CPOM), je zvýšený výskyt drtičů (tzv. shredders). Ti zpracovávají zbytky těl rostlin, částice detritu kolonizované mikroorganismy a nutričně významnou mikrobiální biomasu tvořenou houbami (CUMMINS & KLUG 1979; LELLÁK & KUBÍČEK 1991). Významnou součástí potravy drtičů jsou též listy či jejich části spadlé na vodní hladinu z okolní vegetace (GRAF *et al.* 2008).

V dolních úsecích toku, kde je vyšší výskyt jemných frakcí převládají sběrači (collectors) sedimentovaných nebo unášených částic. Mají širokou škálu adaptací, které jim umožňují získávat jemné částice (FPOM) vody. Rozdělujeme je na sběrače, kteří filtrují

částice z tekoucího proudu a sběrače, živící se probíráním uloženého sedimentu na dně toku (viz. Obr. 4).



Obr. 4: Sběrači (collectors) (CUMMINS & KLUG 1979)

Škrabači (grazers) či spásači (scrapers) mají morfologické úpravy, které jim umožňují spásat perifyton, tedy nárostová společenstva vodních organismů (živočichů i rostlin), nacházející se na povrchu různých materiálů ponořených ve vodě. Například chrostíci rodu *Glossosoma* disponují kusadly ve tvaru lžice s ostrým břitem (CUMMINS & KLUG 1979; LELLÁK & KUBÍČEK 1991). Jiným příkladem aktivních spásačů řas jsou druhy *Silo* sp., *Goera* sp. či *Agapetus* sp. (KUBÍČEK & ZELINKA 1982).

Predátoři jsou přizpůsobeni k zachycení živé kořisti (např. rod *Rhyacophila*). Díky vysokému obsahu kalorií a bílkovin je živočišný materiál považován za nejkvalitnější zdroj potravy ve vodním prostředí. Některé larvy chrostíků (např. rody *Hydropsyche*, *Philopotamus*, *Plectrocnemia* aj.) jsou známé vytvářením specifických lapacích sítí umožňujících získávání potravy z proudící vody (CUMMINS & KLUG 1979; KUBÍČEK & ZELINKA 1982).

Vodní bezobratlí jsou tedy zařazováni spíše podle způsobu příjmu potravy, než podle zdroje. Někteří jedinci používají k příjmu potravy filtraci, která jim umožňuje příjem jak živého, tak mrtvého rostlinného i živočišného materiálu. Díky tomu patří většina bezobratlých ve vodních tocích mezi všežravce.

Významné jsou rovněž vztahy mezi teplotou vodního toku potravními zdroji bezobratlých. Teplota může významně ovlivnit kvantitu (např. množství řas) či kvalitu (např.

mikrobiální populace na detritu) zdrojů potravy. Z toho můžeme soudit, že teplota do určité míry ovlivňuje metabolismus bezobratlých (CUMMINS & KLUG 1979).

3.5 Ekologie

Podle teorie říčního kontinua lze předpokládat, že organismy a společenstva se v říční síti vyvíjejí v souladu s měnícími se podmínkami vnějšího prostředí. V přírodních podmínkách toky ve svém podélném profilu vykazují plynulé fyzikální a chemické změny, na které organismy říčního společenstva reagují neustálým nahrazováním jedněch druhů novými. Tím dochází k nepřetržitému formování nových biologických struktur (LELLÁK & KUBÍČEK 1991).

Chrostíci se nacházejí především v tekoucích vodách (lotických) bohatých na kyslík, ovšem některé čeledi (Hydroptilidae, Limnephilidae aj.) jsou bohatě zastoupeny i ve stojatých (lentických) vodách (MALM *et al.* 2013).

Někteří chrostíci obývají periodicky vysychající vody a jsou známy i druhy vyskytující se v brakických vodách a u břehů moří (REISINGER *et al.* 2001). Jsou aktivní především za soumraku a v noci (HUDEC *et al.* 2007).

Makrozoobenthos (jepice, pošvatky, pakomáři, chrostíci aj.) můžeme nalézt na svrchní straně kamenů v tekoucích vodách. Na spodní straně se vyskytují jedinci s odlišnými nároky na kyslík nebo v daných životních fázích. Například chrostíci čeledi Limnephilidae se soustřeďují spíše u břehů, kde se zakuklí na povrchu kamenů v nápadných shlucích. Jiné druhy chrostíků například *Drusus sp.*, *Hydropsyche sp.* emergují přímo v proudící vodě (LELLÁK & KUBÍČEK 1991).

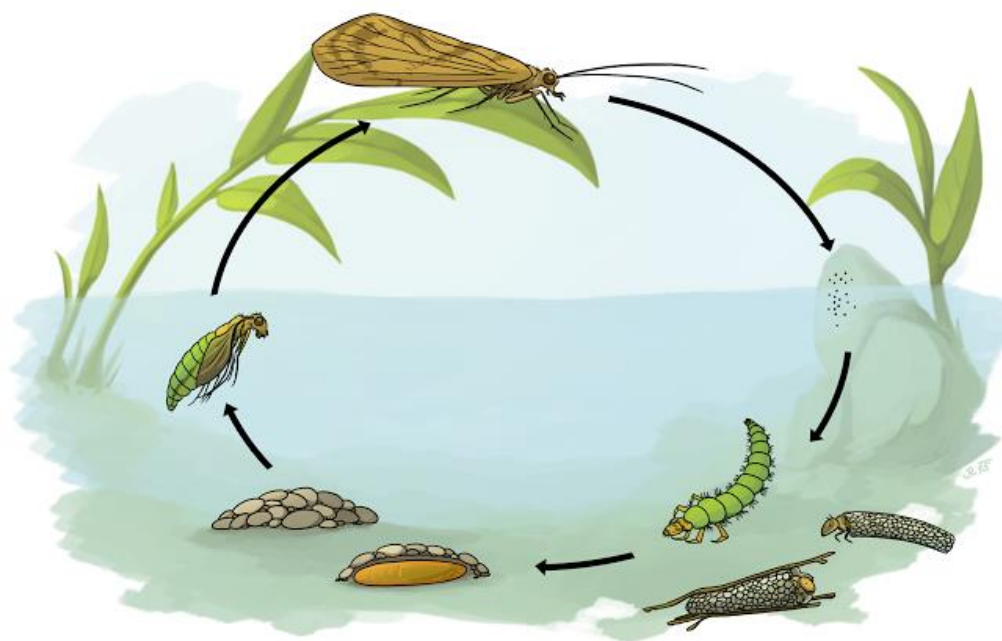
Absence či přítomnost vodních organismů je přímo spojena s abiotickými a biotickými faktory (HIGLER & TOLKAMP 1982). Přítomnost některých bezobratlých (chrostíků či jejich larev) může být využita jako parametr při hodnocení podmínek životního prostředí. Jakožto organismy, reagující na změny v životním prostředí, jsou ideální skupinou bioindikátorů, ukazující na kvalitu a čistotu toku (ovlivnění komunálními odpadními vodami, zemědělstvím aj.) (PEREIRA & CABETTE 2012). Jsou rovněž velmi citliví k fyzikálním či chemickým změnám vodního prostředí (SPIES *et al.* 2006).

Chrostíci rovněž disponují nejrůznějšími mechanismy, které jim pomáhají zachytit a udržet se v proudící vodě. Slouží jim k tomu především výběžky a háčky na končetinách, nebo si mohou stavět nejrůznější konstrukce a schránky (*Hydropsyche sp.*, *Neureclipsis sp.*), které jim umožňují zachytávat potravu a chránit je před odplavením (LELLÁK & KUBÍČEK 1991). Například larvy rodů *Silo*, *Goera* či *Lithax* zatěžují své schránky připevňováním

větších kamínek a částic, což je ochrana před silnějšími proudy. Schránky larev druhu *Limnephilus rhombicus* jsou zase tvořeny příčně kladeným jehličím či jiným rostlinným materiálem a zástupci rodu *Anabolia* ke svým schránkám lepí až několik cm dlouhé větvičky. Podle některých teorií jde o usměrňovací zařízení sloužící k lepší orientaci schránky v proudu (KUBÍČEK & ZELINKA 1982).

3.6 Životní cykly

Chrostíci patří mezi hmyz s proměnnou dokonalou (Holometabola). Jejich životní cykly zahrnují vajíčko, larvu, kuklu a imago. Během vývoje jsou vystavováni podmínkám vodního (vajíčko, larva, kukla) i suchozemského (imago) prostředí. Nižší riziko představuje vodní prostředí, jelikož v něm nedochází k tak prudkým výkyvům abiotických faktorů (vítr, náhlé změny teplot a jiné).



Obr. 5: Životní cykly chrostíků (orig. Jana Růžičková 2015)

Stadium vajíčka

Kladení vajíček má za cíl umístit snůšku na vhodné a bezpečné místo, které poskytne čerstvě vylíhlým larvám nejvyšší šance na přežití (ROSS 1944). Vajíčka mohou být pod vodou kladena buď jednotlivě ve formě nátěru, nebo v gelových shlucích obklopených rosolovitou hmotou, která slouží k ochraně vajíček či jako zdroj živin (REISINGER *et al.* 2001). Jedna snůška může čítat 60 až 700 vajíček. Při kontaktu s vodním prostředím začínají vajíčka rychle

bobtnat a během jedné hodiny svoji velikost zdvojnásobí. Konečných rozměrů nabývají vajíčka asi po 24 hodinách (HICKIN 1967). Některé druhy kladou své snůšky mimo vodu v blízkosti břehů. Vývoj vajíčka trvá u většiny evropských druhů 2 – 3 týdny (REISINGER *et al.* 2001).

Stadium larvy

Larvy mají válcovitý tvar podobný housence. Celkový vývoj (včetně stádia kukly) trvá 7 – 11 měsíců. U druhů s druhou generací, která se tvoří během teplejších měsíců, je tato fáze kratší. Evropské druhy mají zpravidla 5 larválních stádií – instarů a 4 svlékání (REISINGER *et al.* 2001). Larvy jsou významné pro svoji schopnost budovat schránky složené z písku, drobných kamínků apod. (GREENHALGH & OVENDEN 2007), které slouží jako úkryt, do něhož se v případě nebezpečí zatahují (REISINGER *et al.* 2001). Některé druhy ovšem schránky netvoří (GREENHALGH & OVENDEN 2007).

Stadium kukly

Druhy se schránkami se obvykle kuklí ve své larvální schránce, kterou na obou koncích uzavrou síťovitou membránou propouštějící vodu. Bezchránkaté druhy si staví vlastní kuklovou schránku, ve které upletou hedvábný kokon. Kuklové schránky bývají zpravidla připevněny na spodní straně kamenů, ponořených dřev či na rostlinách. Klidové stádium kukly trvá 2 – 4 týdny, přičemž vyšší teplota vody urychluje její zrání (REISINGER *et al.* 2001). Při emergenci nejprve zralá kukla prokousne kuklovou schránku pomocí silných kusadel a poté plave směrem k hladině. K tomu jí slouží plovací obrvené končetiny (WIGGINS 2004). Na hladině se zbaví kuklové kůžičky, která ji dosud chránila před smáčením (REISINGER *et al.* 2001). Emergence probíhá během kterékoliv denní nebo noční doby, v závislosti na ekologických preferencích jednotlivých druhů.

Stadium dospělce

U čerstvě svlečeného jedince dochází nejprve k narovnání křídel. Křídla jsou velmi světlá a svoji charakteristickou barvu získávají až po několika hodinách, kdy se křídla zcela narovnají. Zbarvení ostatních částí těla odpovídá zbarvení kukly a s přibývajícím stářím tmavne. Délky života se u různých druhů liší. Druhy, které jsou ihned po emergenci schopné rozmnožování, žijí v průměru 2 – 4 týdny, u druhů, které emergují na jaře a jsou schopné rozmnožování až na podzim, dosahuje délka života až 5 měsíců (REISINGER *et al.* 2001).

3.7 Reprodukce

Během reprodukce dochází k rojení a páření. Samička musí zajistit naklazení vajíček a jejich zabezpečení dříve, než uhyne (JACKSON 1988). Většina druhů je pohlavně aktivní za soumraku a v noci. Samečci vytvářejí husté roje, které přitahují samičky (FÜRREDER *et al.* 2005). Jako u většiny ostatního hmyzu, je reprodukce u chrostíků řízena komunikací mezi oběma pohlavími prostřednictvím feromonů. Ty jsou uvolňovány z abdominálních článků u obou pohlaví. Receptory pro feromony se nacházejí na tykadlech (WIGGINS 2004). Samičky jsou během rojení uchopeny maxilárními palpami samečka a odneseny (REISINGER *et al.* 2001). Menší sameček sedí v průběhu páření mezi křídly samičky a pomocí čelistních makadel ji přidržuje (LELLÁK *et al.* 1982). Většina druhů si k páření vyhledává vodní vegetaci v blízkosti břehů či přímo ve vodě (FÜRREDER *et al.* 2005). Úspěšnost reprodukce může být ovlivněna více faktory, jako jsou například fyzikální podmínky prostředí, dostatek potencionálních partnerů, množství predátorů, doba emergence aj (JACKSON 1988). Následuje klazení vajíček, zpravidla bezprostředně po oplození. Vajíčka mohou být kladena buď přímo do vody, nebo v blízkosti toku na okolní vegetaci (ROSS 1944)

Generační doba

Chrostíky můžeme rozdělit podle počtu generací za rok do několika skupin: univoltinní nebo též monovoltinní (1 generace za rok) bivoltinní (2 generace za rok), semivoltinní (1 generace za 2 roky) či polyvoltinní (několik generací za rok). Rozdíly v počtu generací se vyskytují jak mezi jednotlivými druhy, tak i v rámci jednoho druhu. Nejčastěji jsou způsobeny teplotními podmínkami okolního prostředí (WALLACE 1990). Například druhy obývající mírné klimatické pásy dokončí zpravidla svůj životní cyklus během jednoho roku – univoltinní, kdežto ve vyšších oblastech s chladnějším podnebím se vyskytují zejména semivoltinní jedinci. V nížinách jsou naopak hojnější polyvoltinní druhy (ŠEMNIČKI *et al.* 2011).

3.8 Emergence

Emergence jakožto přechod z akvatického na terestrický způsob života představuje zlomový okamžik v životním cyklu každého jedince. Dochází k přeměně kukly na imago prostřednictvím svlečení kuklové kůžičky. Jedinci jsou v průběhu emergence zvláště zranitelní (KIRK 2014), proto by tato fáze měla proběhnout co nejrychleji, aby se emergující kukla nestala potravou vodních predátorů (např. ryb). Význam emergence rovněž spočívá v tom, že ovlivňuje úspěšnost vytvoření další budoucí generace (CORBET 1964; REISINGER *et al.* 2001; WIGGINS 2004).

Kukla během svlékání prochází dvěma stadii. První je stadium klidové, kdy je zajištěn pouze průtok vody schránkou vlnícím se zadečkem. Ve druhém aktivním stadiu dochází k prokousání kukly ze schránky mandibulami. Pomocí pohybů abdomenu, vybaveného destičkami s háčky obrácenými dovnitř schránky, kukla opouští schránku a plave k hladině. K tomu využívá druhý pár svých končetin, které jsou vybaveny plovacími brvami (LELLÁK *et al.* 1982).

Chrostíci podobně jako další skupiny hmyzu emergují zpravidla hromadně, což zvyšuje úspěšnost jejich reprodukce. Nástup emergence je ovšem vždy ovlivněn mnoha environmentálními faktory prostředí jako jsou světlo, teplota, vlhkost, proudění vody, intenzita světla a další (ŠEMNIČKI *et al.* 2011).

Způsob vylétávání se liší u jednotlivých druhů. Některé vylétávají přímo na hladině z proudící vody, u jiných druhů je nejprve nutné dostat se na pevný podklad mimo vodu, kde dojde k vylétnutí až po oschnutí kukly. Křídla oschnou během několika vteřin. (LELLÁK *et al.* 1982).

4 Ekologie vybraných čeledí

4.1 Čeleď Philopotamidae

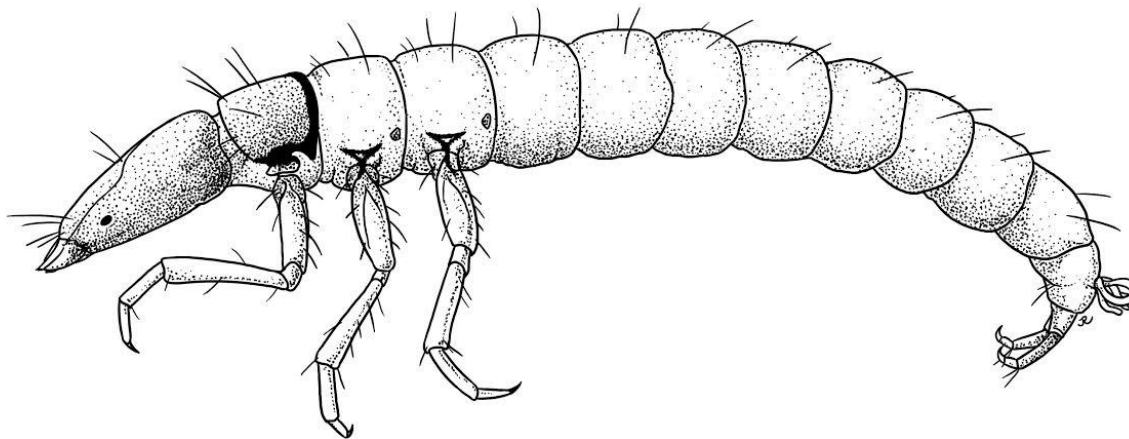
4.1.1 Rozšíření

Čeleď Philopotamidae má v celosvětovém měřítku poměrně široké zastoupení. (HENDERSON 1983). Popsáno je přes 700 druhů (WIGGINS 2004). V Evropě jsou nejvýznamnější rody *Philopotamus*, *Wormaldia*, *Dolophilodes* a *Chimarra* (REISINGER *et al.* 2001).

4.1.2 Morfologie larvy

Délka larev se pohybuje zpravidla okolo 16 mm (WIGGINS 2004). Hlava a první hrudní segment jsou sklerotizované a odlišují se tak svojí oranžovou či světle hnědou barvou od ostatního těla. K hrudi jsou připojeny tři páry končetin. Zadeček je zbarven bělavě až jasně žlutě (REISINGER *et al.* 2001). Anální nožky jsou relativně dlouhé, zakončené drápkem (WIGGINS 2004).

Larvy žijí společně ve skupinách přichycených na spodní straně kamenů. Tam si vytvářejí sítě a vlákna natažená mezi kameny využívají k pohybu (REISINGER *et al.* 2001).



Obr. 6: Larva čeledi Philopotamidae (orig. Jana Růžičková 2015)

Larva druhu *Philopotamus montanus* dosahuje délky těla až 20 mm, hlava a prothorax mají oranžovou až světle hnědou barvu, kdežto metathorax a abdomen jsou zbarveny krémově bíle. Labrum je měkké, světlé a jeho přední hranici tvoří kartáč složený z hustých štětin. Zářez na frontoclypeu má tvar „V“. Larvy obývají rychle proudící úseky potoků a řek (GREENHALGH & OVENDEN 2007).

Larvy druhu *Wormaldia* sp. dorůstají do délky 15 mm. Hlava i prothorax jsou sklerotizovány, mesothorax a metathorax membránozní. Larvy mají dlouhé a štíhlé nohy s tarsálními drápkami. Zadeček nese tracheální žábry a larvy dýchají celým povrchem těla (MUÑOZ-QUESADA & HOLZENTHAL 2008).

4.1.3 Morfologie dospělců

Hlava a pronotum jsou zbarvené žlutě, oranžově až žlutohnědě (ROZKOŠNÝ *et al.* 1980) a tělo je pak šedohnědé, hnědé až oranžové (FLINT 1989). Na hlavě přítomny oceli a tibiální ostruhy odpovídají počtu 1-2, 4, 4 (WIGGINS 2004). Rozpětí křídel se pohybuje v rozmezí 4 – 13 mm. Černošedá tykadla jsou stejně dlouhá jako křídla. (REISINGER *et al.* 2001). Samičky bývají zpravidla větší než samci (FLINT 1989). Imaga rodu *Philopotamus* charakterizují tmavě hnědá křídla s oranžově červenými skvrnami (REISINGER *et al.* 2001).

Jedinci druhu *Philopotamus montanus* mají skvrnitá přední křídla, zadní křídla jsou šedá. Tělo je hnědé, pokryté chlupy. Tykadla bývají zpravidla kratší než tělo a čelistní palpy jsou tvořeny 5 segmenty u samičky i samečka. Aktivní jsou od dubna do srpna, a to zejména ve večerních hodinách (GREENHALGH & OVENDEN 2007).

Zástupci druhu *Wormaldia* sp. jsou poměrně drobní, délka předních křídel dosahuje 8 mm. Mají zpravidla šedohnědé tělo a článkovaná tykadla pokryta jemnými chloupky. Na hlavě přítomny oceli a tibiální ostruhy na holeních odpovídají vzoru 2, 4, 4. Zdržují se v blízkosti břehové vegetace a obývají zejména menší potoky v zalesněných horských oblastech. Aktivní jsou většinou za soumraku a v noci (MUÑOZ-QUESADA & HOLZENTHAL 2008).

Rozmnožování jedinců čeledi Philopotamidae bylo rozsáhleji studováno pouze u rodu *Philopotamus*. Kladení vajíček probíhá během dne, nejčastěji od poledne do časných večerních hodin. Samičky se po kopulaci vydávají proti směru toku a vajíčka kladou pod vodou. Zpravidla si vybírají kameny, které jsou z horní strany pokryté nárostem mechů či řas a jejichž vrchol ční nad hladinu. Kladení trvá přibližně 4 – 6 minut (REISINGER *et al.* 2001).

4.1.4 Ekologie

Zástupce čeledi *Philopotamidae* můžeme nalézt v čistých, kamenitých, chladných horských a podhorských potocích (ROZKOŠNÝ *et al.* 1980), dále v rychle tekoucích říčkách a v pramenných oblastech. Larvy si před zakuklením staví zcela uzavřené upředené schránky pod většími kameny. (REISINGER *et al.* 2001). Proces emergence je předmětem diskuse, jelikož názory autorů se rozcházejí. REISINGER *et al.* (2001) tvrdí, že Philopotamidae

vyhlézají z vody, aby svoji kuklovou schránku svlékly na pevné podložce. Zato LELLÁK *et al.* (1982) se domnívají, že k výletu dochází přímo na hladině podobně jako u čeledi Hydropsychidae.

4.1.5 Potrava

Potrava sestává především z jemných částic organické hmoty (FPOM) s příměsí rozsivek (WALLACE & MALAS 1976). Larvy disponují schopností produkovat tenké vlákno, z něhož budují podlouhlé síťovité váčky sloužící k zachycení potravy v tekoucí vodě (HENDERSON 1983). Tyto filtrační struktury bývají často umístěné na spodní straně kamenů či jiných materiálů nacházejících se v mírném proudu. Malé otvory na každém konci sítě zajišťují průchod vody (WIGGINS 2004). Jsou tedy navíc vybaveny mechanismy pro sběr částic z utkané sítě, která se vyznačuje nejjemnějšími oky ze všech druhů chrostíků žijících se filtrací (WALLACE & MALAS 1976). Morfologickou adaptací je například membrázní labrum umožňující „kartáčování“ částic potravy ze sítě (WIGGINS 2004)

4.2 Čeleď Hydropsychidae

Zástupci čeledi Hydropsychidae se nacházejí téměř ve všech typech tekoucích vod. Obývají horské i nížinné říčky a potoky, někdy dokonce jezera a stojaté vody (např. *Hydropsyche angustipennis*) (HIGLER & TOLKAMP 1982). V ekosystému tekoucích vod představují velmi významnou skupinu díky své hojnosti a bohaté taxonomické diverzitě (WIGGINS 2004).

4.2.1 Rozšíření

Čeleď Hydropsychidae je celosvětově zastoupena asi 1200 druhy (WIGGINS 2004). V Evropě jsou nejvýznamnější tyto tři rody: *Hydropsyche* (50 druhů), *Cheumatopsyche* (1 druh) a *Diplectrona* (7 druhů) (REISINGER *et al.* 2001).

4.2.2 Morfologie larvy

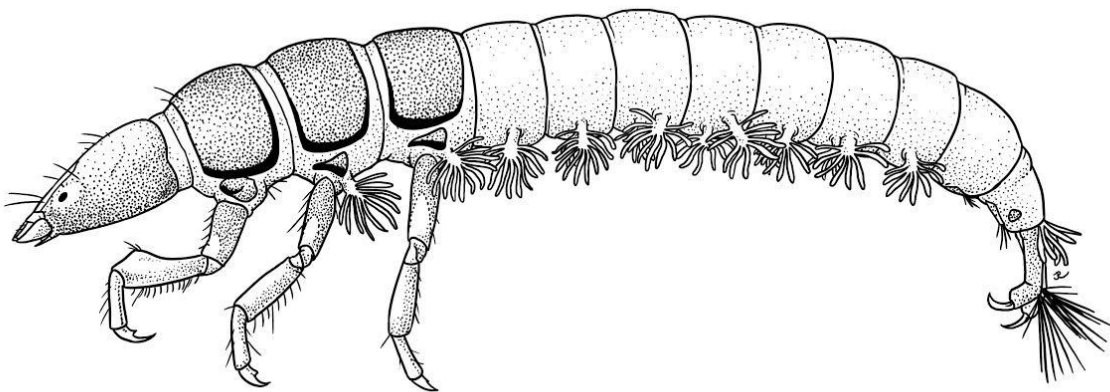
Délka larev se pohybuje v rozmezí 10 – 14 mm dle instaru (ROZKOŠNÝ *et al.* 1980). Hlava i hruď jsou sklerotizované a mají tmavou barvu, zadeček je světlý (HUDEC *et al.* 2007). Tři hrudní sklerotizované segmenty jsou na hřbetní straně tvořeny šedohnědými destičkami. K hrudi jsou rovněž připojeny tři páry končetin. (REISINGER *et al.* 2001). Poslední dva hrudní články nesou tracheální žábry (WIGGINS 2004). Na zadečku jsou přítomny jemné tmavé chlupy (v bahnitých vodách bývají pokryté částicemi kalu) a zadeček je zbarven žlutozeleně, tmavě zeleně až šedozeleně. Na spodní straně zadečku jsou bělavé keříčkovité

tracheální žábry a zadeček je ukončen dvěma dlouhými pošinkami s drápkem a keříčkem chlupů, které slouží k přichycení na substrátu a při pohybu (REISINGER *et al.* 2001; HUDEC *et al.* 2007).

Larvy žijí volně a pohybují se vcelku rychle po dně nebo ve svých sítích, k čemuž využívají silně vyvinuté nohy (LELLÁK *et al.* 1982). Například larvy rodu *Hydropsyche* a *Philopotamus* se pohybují tak, že vlákno přilepí k podložce, posunou se, opět přilepí vlákno a zase se posunou (KUBÍČEK & ZELINKA 1982).

Celkový růst a vývoj larvy trvá asi 10 měsíců. Poté začíná jedinec budovat kuklovou schránku, jež má žlutohnědý kokon (REISINGER *et al.* 2001).

Larvy rodu *Hydropsyche* jsou schopny vydávat zvuky prostřednictvím stridulace, k čemuž využívají hlavu a první pár končetin. Takto brání své schránky se sítěmi před vnikem ostatních larev a odhánějí konkurenty (WIGGINS 2004).



Obr. 7: Larva čeledi Hydropsychidae (orig. Jana Růžičková 2015)

4.2.3 Morfologie dospělců

Zbarvení dospělců Hydropsychidae po emergenci je stejné jako barva kukly. Poté jedinci tmavnou (REISINGER *et al.* 2001). Dospělí chrostíci měří okolo 10 mm a mají šedohnědou barvu (HUDEC *et al.* 2007). Hlava je pokryta dlouhými hustými štětinkami bělavé barvy. Svrchní strana hlavy má typickou kresbu tvořenou několika nepravidelnými světlými skvrnami (ROZKOŠNÝ *et al.* 1980).

Hydropsychidae mají specifický tvar křídel. Klínovitá přední křídla jsou ukončena šikmým řezem. Samce a samičku můžeme spolehlivě rozeznat podle délky tykadel. Samičky mají tykadla stejně dlouhá jako přední křídla a samčí tykadla jsou 1 – 1,5x delší než přední křídla (REISINGER *et al.* 2001).

Samičky čeledi Hydropsychidae lezou ke kladení vajíček do vody a kladení probíhá pohybováním zadečku ze strany na stranu a to na kameny, na „závětrnou“ stranu odvrácenou od proudu, či nacházející se v mírnějších proudech. Kladení vajíček nastává nejčastěji za soumraku či v časných večerních hodinách a trvá přibližně 3 – 4 minuty. Poté se samičky vrací opět na hladinu (REISINGER *et al.* 2001; HICKIN 1967).

Hydropsychidae mají poměrně dlouhé doby létání, které se však mohou lišit u různých druhů. Období létání začíná, když teplota vody dosáhne po více dní minimálně 14°C. Maximum doby létání je však u většiny druhů od půlky května do konce července (REISINGER *et al.* 2001). Hydropsychidae jsou řazeni mezi bivoltinní jedince, tedy za ideálních (především teplotních) podmínek vytvářejí dvě generace za rok (WIGGINS 2004).

4.2.4 Ekologie

Zástupci čeledi Hydropsychidae se vyskytují v peřejnatých řekách a říčkách, horských i nížinných potocích (ROZKOŠNÝ *et al.* 1980). Některé druhy čeledi Hydropsychidae jsou velmi tolerantní k antropogennímu znečištění (PIRVU & PACIOGLU 2012) a preferují mírně znečištěné vodní toky (vody II. a III. stupně čistoty), naopak ve vodách I. stupně čistoty nejsou zdaleka tolik četní (REISINGER *et al.* 2001). Zejména zástupci *Cheumatopsyche lepida* či *Hydropsyche angustipennis* mají poměrně vysokou toleranci k organickému znečištění, vyšším teplotám a nízkému obsahu kyslíku (HIGLER & TOLKAMP 1982). Larvy žijí pod kameny v řekách a potocích, zvláště pod rybníky a nádržemi (HUDEC *et al.* 2007).

4.2.5 Potrava

Larvy rodu *Hydropsyche* vylučují ze slinných žláz sekret tuhnoucí ve vodě, což jim umožňuje stavbu volných trubiček vyztužených kamínky, odpovídající velikosti daného jedince (KUBÍČEK & ZELINKA 1982). Tyto schránky slouží jako jednak jako úkryt a larvy je též využívají k chytání potravy (HUDEC *et al.* 2007). Do trubičky napínají pletené sítě, pomocí kterých loví drobné vodní živočichy, rostlinné částice a detrit, jež následně ihned polykají. Tvorba sítí se zastavuje, jakmile teplota vody klesne pod 10°C nebo při nízké rychlosti proudu. Larvy, které si tyto sítě nebudují, se živí spásáním nánosů řas na povrchu kamenů (REISINGER *et al.* 2001).

Larvy rodu *Hydropsyche* se mohou žít také jako dravci, kteří mohou pozřít kořist i větších rozměrů než oni sami. Např. v akváriu se tato larva aktivně vrhá na larvu pakomára rodu *Chironomus* – a začínajíc od měkkého zadečku, celou ji pozře (LELLÁK *et al.* 1982).

5 Abiotické environmentální faktory

5.1 Chrostíci jako bioindikační skupina

Řeky po celém světě jsou masivně ovlivňovány lidskou činností, což má dopad na druhové složení a funkčnost společenstev vodních živočichů. Bentičtí bezobratlí představují jednu z nejideálnějších skupin, která se používá pro posouzení kvality vodního ekosystému. Mají významnou roli v potravním řetězci a jsou citliví na změny okolního prostředí. Jejich hojnost a rozmanitost poskytuje informace o celkovém stavu toku (SHARMA & RAWAT 2009).

Chrostíci patří mezi sladkovodní hmyz, nacházející se v téměř každém typu vodního prostředí (PIRVU & PACIOGLU 2012), proto jsou vhodnou skupinou používanou ke studiu vodních toků. Disponují určitými mechanismy a strategiemi, které umožňují udržení pozice v toku, získávání potravy či pohyb v rámci proudu (HAUER & LAMBERTI 2011). Životní cykly chrostíků jsou ve velké míře ovlivňovány okolními abiotickými faktory vodního ekosystému.

5.2 Teplota

Teplota hraje hlavní roli v evoluci, ekologii a distribuci vodního hmyzu, ovlivňuje všechny životní procesy. Teplota vody v toku je úzce spjata s teplotou okolního vzduchu a se slunečním zářením (STANFORD & WARD 1982). Další faktory ovlivňující teplotu vody jsou zeměpisná poloha krajiny, absorpční vlastnosti prostředí, vypařování a činnost větru (KUBÍČEK & ZELINKA 1982).

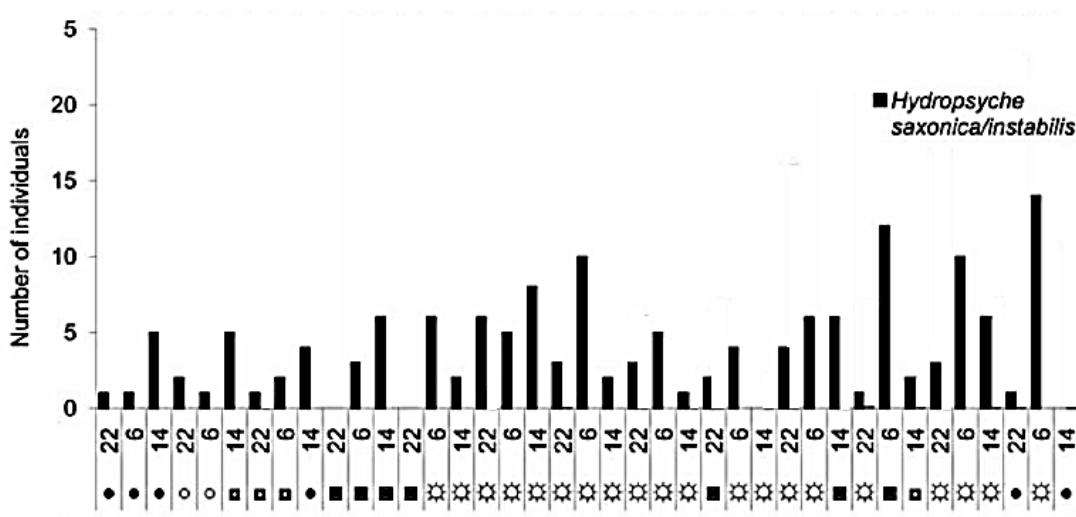
Vzhledem k ektotermní povaze bezobratlých je teplota okolního prostředí významným faktorem, ovlivňujícím jejich životní cykly, embryonální vývoj, emergenci a růst (ROTVIT & JACOBSEN 2013). Kvůli významnému vlivu teploty na život chrostíků se uvažuje nad potencialem ohrožením druhů vázaných na chladnější klimatické oblasti (HERING *et al.* 2009). Změny klimatu (např. v důsledku globálního oteplování) mohou vést k oteplení toků, což je spojeno s vymizením druhů adaptovaných na chladné vody s vysokým obsahem kyslíku (GRAF *et al.* 2008). Většina chrostíků preferuje vyšší teploty, ovšem existují i výjimky. Například imaga druhu *Chaetopteryx villosa* prosperují lépe při nižších teplotách, a proto se v létě uchylují k larvální dormanci (HAIDEKKER & HERING 2008). Zástupci druhu *Hydropsyche siltalai* se nacházejí v malých a středně velkých tocích, s vyšším zastoupením v teplejších proudech. Jejich metabolismus pracuje optimálně v teplotním rozmezí 5 – 20°C. Zato jedinci druhu *Hydropsyche pellucidula* obývají toky s maximální

teplotou 16°C, avšak jejich metabolismus funguje i při vyšších teplotách (HAIDEKKER & HERING 2008).

Pokud je teplota vodního toku konstantní, je emergence u většiny druhů chrostíků vyvolána světelnými a povětrnostními podmínkami. V subtropických oblastech probíhá emergence téměř po celý rok, kdežto v oblastech s chladnějším podnebím je doba emergence omezena jen na několik měsíců v roce. Dojde-li ke změně teploty vody, může emergence nastat i dříve či naopak později (TRONSTAD *et al.* 2007). Načasování emergence je úzce spjato s fotoperiodou (STANFORD & WARD 1982).

Předmětem studie IVKOVIĆ *et al.* (2013) byl nástup emergence s ohledem na denní dobu, povětrnostní podmínky a teplotu vody. Během výzkumu se teplotní rozmezí toku pohybovalo mezi 11,9 – 17,6°C. Bylo zjištěno, že nejvíce jedinců druhu *Hydropsyche saxonica/instabilis* emergovalo spíše v ranních a dopoledních hodinách, kdy byla vyšší vlhkost vzduchu a nižší teplota vody a vzduchu (viz. Obr. 8).

Teplota vody však není konstantní a mění se během dne i během roku. Denní kolísání teploty toku je do jisté míry ovlivňováno průtočným množstvím: čím méně vody protéká a čím menší je hloubka toku, tím jsou krátkodobé teplotní rozdíly výraznější (KUBÍČEK & ZELINKA 1982).



Obr. 8: Dynamika emergence druhu *Hydropsyche saxonica/instabilis* (IVKOVIĆ *et al.* 2013)

5.3 Obsah kyslíku

Rozpuštěný kyslík je dalším významným faktorem ovlivňujícím život vodních organismů a to buď přímo – dostupnost kyslíku pro metabolismus živočichů, nebo nepřímo prostřednictvím nejrůznějších biogeochemických procesů (HAUER & LAMBERTI 2011). Koncentrace

kyslíku v menších a rychlých tocích kolísá okolo hranice nasycení, případně ji přesahuje, proto lze u řady druhů živočichů z prudce tekoucích vod pozorovat redukci dýchacího ústrojí (LELLÁK & KUBÍČEK 1991). Například redukce počtu žaberních vláken u larev chrostíků druhů *Potamophylax* sp., *Chaetopteryx* sp., *Drusus* sp. aj. Obsah kyslíku blízký stoprocentnímu nasycení je určován zejména mechanickým provzdušňováním a neustálým přítokem nové vody (KUBÍČEK & ZELINKA 1982). LELLÁKA a KUBÍČEK (1991) uvádějí, že v lesních potocích o průměrné šířce 1-5 m byla zjištěna minimální koncentrace kyslíku 82% a maximální 118%.

U většiny neznečištěných řek a potoků je nasycení vody kyslíkem vyšší než 80%. Rozpustnost kyslíku klesá se zvyšující se teplotou a s poklesem atmosférického tlaku. Obsah kyslíku se může značně lišit a to i v rámci jednoho toku. Důvodem je zejména organické znečištění (průmyslový odpad, čističky odpadních vod aj.), které má za následek rapidní pokles hladiny kyslíku (HAUER & LAMBERTI 2011).

Potoky a řeky, které podporují bujný růst řas, mohou být příkladem široké škály hodnot koncentrace kyslíku v průběhu dne a noci. Fotosyntetizující rostliny zvyšují hladinu kyslíku během dne a respirací se hladina kyslíku snižuje v noci (HAUER & LAMBERTI 2011).

Dalšími významnými plyny, nacházejícími se ve vodě v plynném skupenství jsou CO_2 a N_2 . Jejich koncentrace v toku závisí především na organickém znečištění, teplotě, tlaku a dalších faktorech (LELLÁK & KUBÍČEK 1991).

5.4 Sluneční záření

S teplotou toku je úzce spjato s PFD (*photon flux density*, tedy počet fotonů v rozmezí 400 – 700 nm, jež dopadnou na určité místo za jednotku času). PFD se může pohybovat na škále od 0 (na hladinu dopadá málo slunečních paprsků, například doba před svítáním či po setmění) až do $2000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (poledne). Změny v PFD lze pozorovat nejen v rámci denní doby, ale i v průběhu roku. Tyto sezónní teplotní výkyvy toku mohou být pro vodní organismy velmi významné (HAUER & LAMBERTI 2011).

Sezónní kolísání vodního světelného režimu je dáno změnami úhlů dopadajících slunečních paprsků, délkou dnů v jednotlivých obdobích a okolní vegetací (HAUER & LAMBERTI 2011). Změny v intenzitě světelného záření mají dopad na biologické rytmy živočichů a mohou ovlivnit i dobu rozmnožování (HARTMAN *et al.* 1998). Obecně platí, že působení světelného záření v průběhu dne urychluje larvální vývoj u většiny druhů chrostíků a může rovněž fungovat jako spouštěč emergence (REISINGER *et al.* 2001). Významnou roli

ve světelném režimu hraje i okolní vegetace, zejména u lesních toků, kdy mohou mezery v korunách stromů způsobit nerovnoměrné ozáření vodní hladiny. Díky odlišné intenzitě osvětlení vody dochází i k teplotním rozdílům (HAUER & LAMBERTI 2011). Sluneční záření může rovněž ovlivňovat obsah organických látek a kyslíku ve vodě prostřednictvím fotosyntézy. Poměr mezi intenzitou fotosyntézy (jakožto zdroje organických látek) a respirací živočichů spotřebovávajících kyslík vede ke kolísání hodnot pH (HARTMAN *et al.* 1998).

5.5 Vegetace

Fungování a struktura vodních ekosystémů je úzce spjata s okolní vegetací, především břehovými porosty. Ty určují svým rozsahem kvalitu povodí a rovněž regulují přísun živin vodním organismům. Mimo jiné se podílejí na světelném režimu a vytváření mikroklimatických podmínek (CUMMINS & KLUG 1979).

Antropogenní vlivy a zásahy do přirozené vodní vegetace mají dopad na život bentických bezobratlých. V extrémních případech může změna v potravních zdrojích vést ke změně způsobu života. Z fytofágních a detritofágních živočichů se pak mohou stát dravci či parazité (OBER & HAYES 2008). Břehová vegetace je důležitá zejména pro drtiče živící se hrubými organickými částicemi (CPOM). Tyto částice představují rostlinný materiál napadaný do vody, například listy, jehličí či drobné větvičky (CUMMINS *et al.* 1989). Někteří chrostíci vykazují preference k určitým druhům vegetace. Například zástupci *Hydropsyche* sp. se vyskytovali podle výzkumu HARROD (1964) převážně na rostlině *Callitriche platycarpa* (hvězdoš hranoplodý), zato na ostatních zkoumaných druzích – *Carex* (ostřice) i *Veronica beccabunga* (rozrazil potoční) nebyli zaznamenáni žádní zástupci *Hydropsyche* sp. (HARROD 1964). Vodní vegetace je pro chrostíky důležitá také proto, že nárosty řas a kořeny rostlin jim mohou poskytnout útočiště před napadením predátory či bezpečné úložiště pro snůšku vajíček (SHARMA & RAWAT 2009).

5.6 Acidifikace

Hodnota pH vyjadřuje kyselost toku (GRAF *et al.* 2008). Okyselení toků má výrazný dopad na vodní organismy na všech úrovních (GUEROLD *et al.* 1991). Obecně platí, že většina vodních bezobratlých má optimální podmínky k životu v neutrálních tocích (KUBÍČEK & ZELINKA 1982). Snížená hodnota pH koresponduje se zvýšenou hladinou hliníku a rozpuštěných kovů, což má negativní vliv na druhovou rozmanitost a četnost vodních obratlovců i bezobratlých (HEREMAN & FRICK 1995).

Ve vodních ekosystémech může být okyselení toku způsobeno například srážkami, tajícím sněhem, změnami ve struktuře půdy a břehové vegetace. Půdy mající nízkou pufrací kapacitu a vyměnitelné kationty mohou být příčinou okyselování toků (GUÉROLD & DANGLESS 2000). Hodnota pH kolísá více v povrchových vrstvách vody vlivem respiračních a asimilačních pochodů v organismech, zatímco u dna je hodnota pH poměrně stabilní (KUBÍČEK & ZELINKA 1982). Kolísání pH v toku lze pozorovat v průběhu roku, avšak i v rámci dne (GRAF *et al.* 2008).

Chrostíci patří mezi organismy senzitivní k nízkým hladinám pH spojeným s vyšší koncentrací hliníku. Čeledi Glossosomatidae, Hydropsychidae i Philopotamidae vykazují rapidní pokles výskytu ve vodách, jejichž pH kleslo pod hodnotu 5,6. Míra tolerance se však může u různých druhů lišit. Například zástupci čeledí Rhyacophilidae, Polycentropodidae a Limnephilidae se nacházejí i v kyselých tocích (GUEROLD *et al.* 1991).

5.7 Organické a anorganické látky

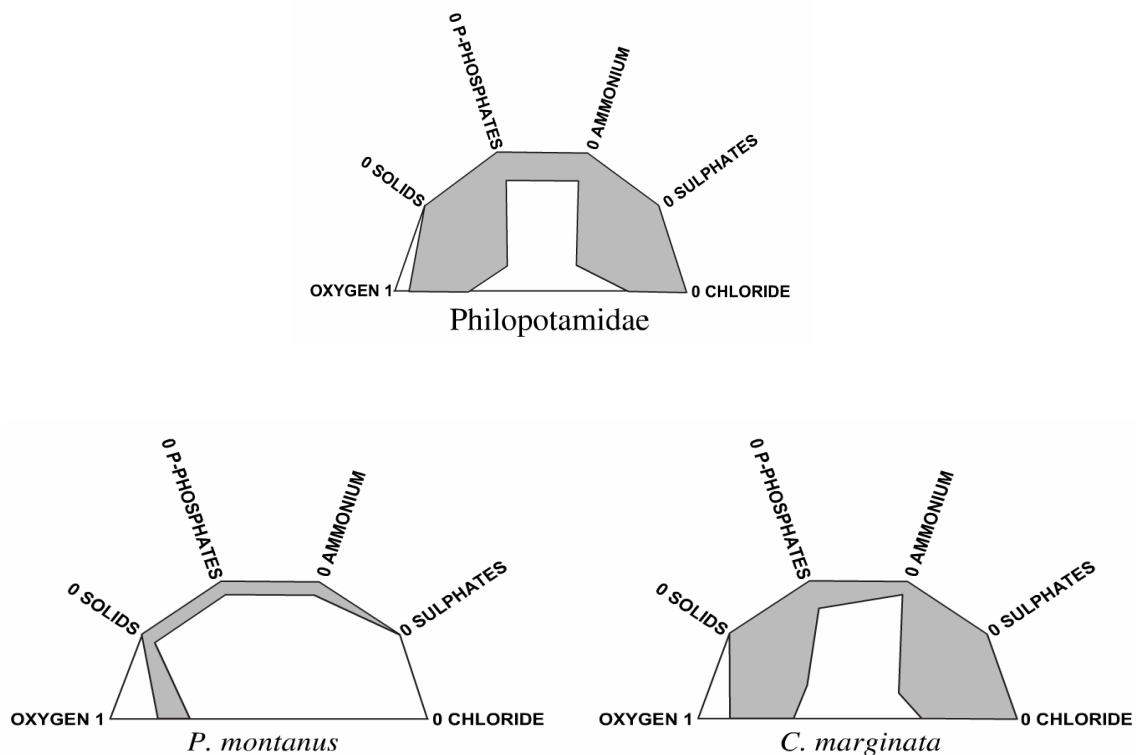
Organický a anorganický materiál nacházející se v tekoucích vodách zahrnuje sloučeniny i plyny pocházející z atmosférických srážek, z vymývaného podloží nebo z povrchových i podzemních vodních zdrojů. Anorganické částice jsou zastoupeny nejčastěji pískem, šterkem či drobnými kamínky. Organický materiál je tvořen především listovým opadem a dalšími zbytky vegetace či těl organismů ve formě detritu (LELLÁK & KUBÍČEK 1991).

Látky ve vodě mohou být znečišťující (dusíkaté látky, fosfáty, sírany aj.) (PIRVU & PACIOGLU 2012) a mohou ovlivňovat vodní hmyz pozitivně – zvýšení produkce, či negativně – působení jako stresový faktor (BENKE & HURYN 2010).

Vysoká koncentrace částic nacházejících se v toku tlumí propustnost vody pro sluneční záření. Může se jednat například o částice pocházející z rašelinišť, či naplavený materiál z dešťových přívalů (KUBÍČEK & LELLÁK 1991). Tento útlum je nejnižší v čistých a mělkých potocích, naopak u toků unášejících značné množství plavenin je intenzita procházejícího světla nízká. Některé toky mohou být dokonce zbarveny podle rozpuštěných organických částic, které obsahují. Pronikání světla u těchto typů toků je značně redukováno, především v hlubších oblastech koryta (HAUER & LAMBERTI 2011).

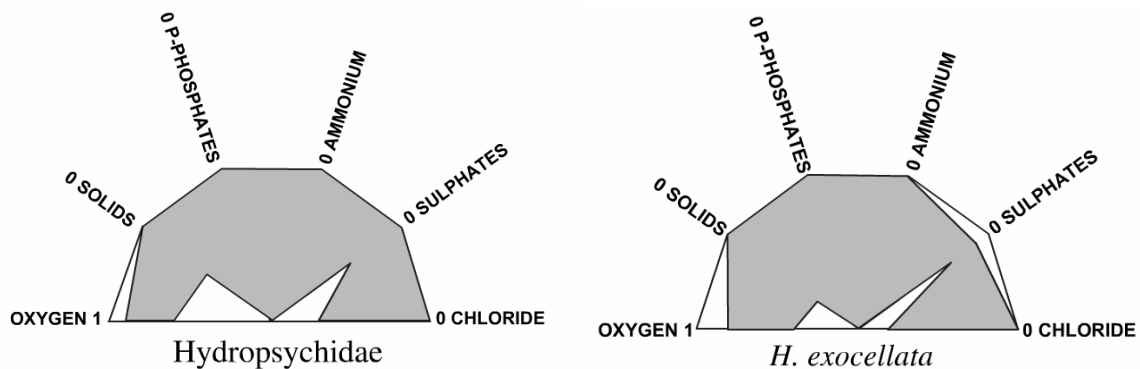
Bylo zjištěno, že vody (především tekoucí) mají výraznou schopnost odbourávat znečištění svými přirozenými pochody, tedy schopnost samočištění. Jde zejména o procesy fyzikální (sedimentace, naředění čistou vodou), chemické (oxidace) a biologické (rozklad hmoty mikroorganismy, mineralizace) (KUBÍČEK & ZELINKA 1982).

Citlivost chrostíků k částicím ve vodě byla předmětem studie BONNADA *et al.* (2004), přičemž se sledovala tolerance k šesti vybraným parametrům (obsah kyslíku, nerozpuštěné částice, fosfáty, amoniak, sírany a chloridy). Bylo zjištěno, že larvy čeledi Philopotamidae snášejí vyšší koncentrace nerozpustných částic (nad 96 mg/l) a síranů (nad 791 mg/l). Larvy druhu *Chimarra marginata* přežily v široké škále hodnot jednotlivých ekologických faktorů, naproti tomu druh *Philopotamus montanus* vykazoval jen nízkou míru tolerance a jedinci se soustřeďovali v čistších tocích s omezeným znečištěním (viz. Obr. 9) (BONNADA *et al.* 2004).



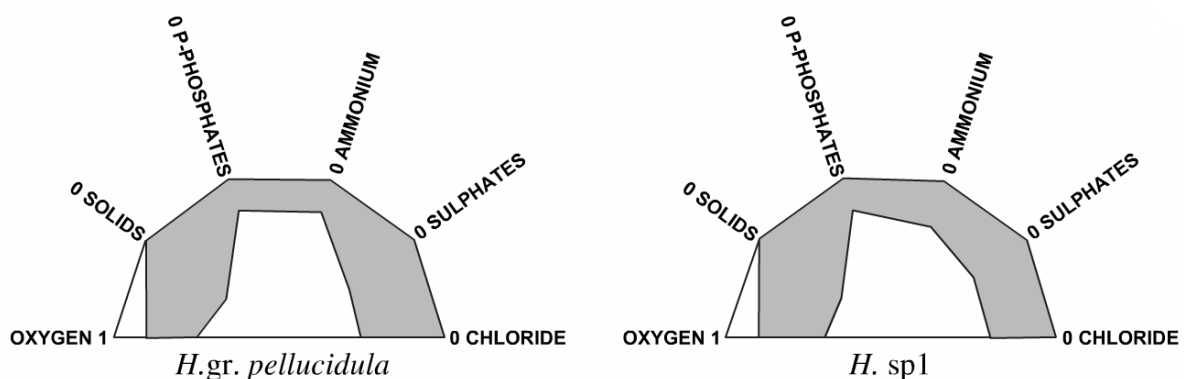
Obr. 9: Ekologické profily čeledi Philopotamidae a jejich vybraných druhů (BONNADA *et al.* 2004)

Hydropsychidae jsou řazeni k čeledím s nejvyšší tolerancí, avšak citlivost na úrovni rodu či druhu se může lišit. Druh *Hydropsyche exocellata* vykazoval nejvyšší míru tolerance ke všem zkoumaným parametrům, s výjimkou koncentrace síranů (do 302 mg/l). (Viz. Obr. 10)



Obr. 10: Ekologické profily čeledi Hydropsychidae a druhu *H. exocellata* (BONNADA *et al.* 2004)

Ekologické profily druhů *H. gr. pellucidula* a *Hydropsyche* sp 1 jsou podobné. Oba druhy vykazují citlivost k fosfátům a amoniaku, zato tolerují zvýšené hladiny nerozpustných částic (viz. Obr. 11). Naopak *H. infernalis* toleruje zvýšenou hladinu síranů (až nad 733 mg/l), avšak jen nízkou hladinu nerozpustných částic (pouze 27 mg/l). Druh *Cheumatopsyche lepida* byl nalezen pouze v úsecích s koncentrací nerozpustných částic do 28 mg/l a koncentrací síranů do 272 mg/l, zato dobře snášel zvýšené hladiny fosfátů (do 0,6 mg/l).



Obr. 11: Ekologické profily druhů *H. gr. pellucidula* a *Hydropsyche* sp1 (BONNADA *et al.* 2004)

5.8 Proudění vody

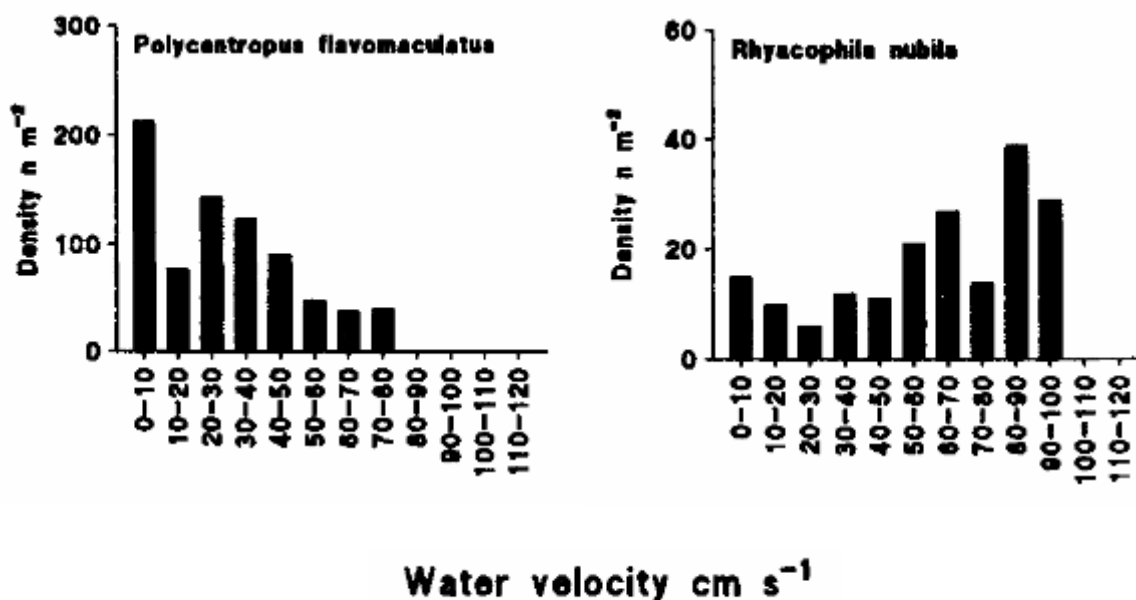
Stále a jednosměrné proudění vody je jednou z nejdůležitějších životních podmínek determinujících rozmanitost a fungování organismů obývajících tekoucí vody. Vliv proudu na organismy je buď přímý (např. morfologické adaptace těla), či nepřímý (např. závislost organismů na charakteru substrátu, na přísunu potravy, živin aj.) (KUBÍČEK & ZELINKA 1982).

Chrostíci patří mezi živočichy nejvíce zasažené sníženým průtokem vody, s nímž je spojena změna struktury sedimentu, teploty či obsahu kyslíku. Zásahem do přirozených stanovišť může dojít ke zvýšené predaci z důvodu vyšší konkurence. Larvy se přemisťují do míst s vyšším průtokem vody a zvyšuje se riziko soupeření o potravní zdroje (MARONEZE *et al.* 2011).

Antropogenní vlivy mající dopad na proudění vody (rychlost či hloubku) mohou mít různý charakter: chemický, biologický či stavební (KUBÍČEK & ZELINKA 1982). Velkou hrozbou pro vodní organismy představuje výstavba přehrad. Jejich činnost vede ke změně v přirozeném hydrologickém režimu, což narušuje rozmnožování, růst a vývoj biologických společenstev včetně bentických bezobratlých (MARONEZE *et al.* 2011).

Proudění vody a rychlost proudu je spojena s tvarem koryta, charakterem dna a břehů a množstvím unášených látek. Pro larvy chrostíků je uváděna optimální rychlost proudění vody 20-40 m*s⁻¹ (LELLÁK & KUBÍČEK 1991).

Preference průtoku a hloubky vody se mohou u jednotlivých druhů lišit. Například zástupce druhu *Polycentropus flavomaculatus* obývají spíše mělké, pomaleji tekoucí vody s rychlostmi proudu okolo 10 cm*s⁻¹. Naopak druh *Rhyacophila nubila* upřednostňuje rychlé proudy, asi 80-90 cm*s⁻¹ (viz. Obr. 12) (FJELLHEIM 1996).



Obr. 12: Hustota *Polycentropus flavomaculatus* a *Rhyacophila nubila* v různých rychlostech proudu (FJELLHEIM 1996)

6 Lokalita

Potok Oberer Seebach (47°15'N, 15°04'E) protéká obcí Lunz am See, jež je součástí Dolního Rakouska a nachází se přibližně 100 km jihozápadně od Vídně. Potok pramení nedaleko jezera Obersee, dále prochází jezery Mittersee a Lunzer See a v obci Lunz am See se vlévá do řeky Ybbs jako její levostranný přítok. Výzkumná biologická stanice je od zkoumaného úseku vzdálená asi 500 m (WAGNER & LEICHTFRIED 2003).

Úsek potoku, který byl předmětem zkoumání, měří 100 m a nachází se na vápencovém podloží ve východních Alpách, ve výšce 600 m. n. m. Průměrná roční teplota vzduchu se pohybovala okolo 6,6°C a roční průměr srážek byl asi 1515 mm. Kromě srážek bylo proudění a množství vody v potoku ovlivněno i dalšími faktory zejména táním sněhu v okolí (WAGNER & LEICHTFRIED 2003).

Průměrná roční teplota vody byla 6,7°C a díky vlivu podzemní vody nejsou v této oblasti velké rozdíly mezi letními a zimními teplotami. Mírně alkalická reakce vody (pH 8) je ovlivněna vápencovým podložím.



Obr. 13: Část zkoumaného úseku potoku Oberer Seebach s nainstalovanými pastmi (Foto: Archiv Biologische Station, Lunz am See 2003)

V okolní vegetaci převažuje smrk ztepilý (*Picea abies*), modřín opadavý (*Larix decidua*) a buk lesní (*Fagus sylvatica*). Oblast nenese téměř žádné známky lidské činnosti (MALICKY 2002).

Chrostíci, jako zástupci vodního hmyzu poskytují zdroj potravy pro ryby. Častou rybou je pstruh obecný potoční (*Salmo trutta fario*) a vranka obecná (*Cotrus gobio*). Kromě chrostíků se ve vodě vyskytují i další zástupci bezobratlých (Plecoptera, Ephemeroptera, Crustacea, Chironomidae aj.) (WAGNER & LEICHTFRIED 2003).

7 Metodika

Tato bakalářská práce navazuje svou činností na dlouholetý výzkum v rámci projektu Ritrodat. Ritrodat je název výzkumného programu, jenž má za cíl objasnit ekologické vztahy a fungování ekosystémů tekoucích vod. Program byl založen Prof. Gernotem Bretschkem v roce 1976 a uskutečňoval se v biologické stanici v obci Lunz am See (Rakousko) (WAGNER & LEICHTFRIED 2003).

Odběr vzorků hmyzu se prováděl po dobu 25 let a to od roku 1978 do roku 2003. Kromě vzorkování emergujícího hmyzu a dalších složek biologických společenstev (makrozoobentos, meiobentos, mikrobiální společenstva), bylo nedílnou součástí výzkumu rovněž studium abiotických parametrů (teplota vody, hloubka vody, chemismus, organické látky), studium morfologie koryta a rozbor sedimentu (WAGNER & LEICHTFRIED 2003).

Autorem projektu Ritrodat byl Prof. Gernot Bretschko, který od roku 1977 působil jako ředitel biologické stanice v Lunz am See. Ta se později stala mezinárodně uznávaným výzkumným centrem. Prof. Bretschko také významně zvýšil povědomí o limnologii v Rakousku díky svým studiím, přednáškám aj. V roce 1989 se stal profesorem a navázal styk i se zahraničními vědci z Afriky a Asie. Roku 2002 Prof. Bretschko zemřel a o rok později byl ukončen i projekt Ritrodat. Tým pracovníků následně vydal přehled výsledků projektu, jež by měl v budoucnu posloužit jako podklad pro další studie. (WAGNER & LEICHTFRIED 2003).

Získaný materiál z emergenčních pastí byl v roce 2012 převezen na Katedru zoologie Univerzity Palackého v Olomouci po dohodě Dr. M. Leichtfried a RNDr. V. Uvíry Dr. Vzorky jsou v současné době stále předmětem zkoumání.

7.1 Terénní odběry vzorků

Při odebírání hmyzu bylo použito několik druhů metod. Daná past musí vždy splňovat kritéria, specifická pro určitý druh, či životní stádium jedince. Žádná past není univerzální; důraz je kladen na snadnou manipulaci a obsluhu, údržbu, přenosnost, finanční dostupnost aj. (DAVIES 1984).

Pro vzorkování zoobentosu se používala metoda Lunz Sampler. Jedná se o plastovou trubku či rouru, jež má přední část ze síťoviny, v zadní části je pak síť s odnímatelnou nádobkou (standardní velikost ok sítě je 100 μm). Sampler se položí na dno, ve vymezeném prostoru se rozruší sediment a uvolněné organismy jsou strženy proudem a zachyceny v zadní

síť s odnímatelnou nádobkou. Dalšími sondami pro vzorkování sedimentu byly: Stand Pipe Trap, Cage Pipe Trap. Sonda Freeze Core poskytuje nejdůkladnější rozbor sedimentu. Pro zachycení driftujících stádií se volí krabicový typ pasti – Drift Sampler, který zachytí celý sloupec vody.

Pro odchyt hmyzu ve fázi emergence tzn. ve fázi přechodu z akvatického na terestrický způsob života, jsou používány různé emergenční pasti. V našem případě byla zvolena past pyramidového tvaru, která má pevnou konstrukci ze dřeva či ocele, pomocí které je připevněna ke dnu (FLANNAGAN & COBB 1994). Dno je otevřené a stěny jsou ze síťoviny, voda tudíž může volně protékat (viz. Obr. 14). Hmyz vlétává dovnitř a zachytává se v plastové nádobce se smrtící a fixační tekutinou – etylenglykolem (WAGNER & LEICHTFRIED 2003). Tyto emergenční pasti se mohou lišit velikostí, resp. plochou od $0,25\text{m}^2 - 1\text{m}^2$ (FLANNAGAN & COBB 1994). Ve zkoumaném úseku potoka bylo v letech 1981 – 2005 stabilně umístěno 12 emergenčních pastí. V některých obdobích bylo přechodně instalováno až 30 pastí a to jak v zaplavené, tak i v nezaplavené části říčního dna.

Pasti byly pravidelně vyprazdňovány ve dvoudenních až třítýdenních intervalech, přičemž se vždy zaznamenala výška hladiny, teplota vody, čas, datum a umístění pasti (zda se nacházela ve vodě či na souši). Vzorky byly fixovány 4% formaldehydem v označených zkumavkách.



Obr. 14: Fotografie emergenční pasti (Foto: Archiv Biologische Station, Lunz am See 2003)

7.2 Laboratorní práce

Po převozu byly vzorky převedeny z 4% formaldehydu do 70% etanolu, aby se zabránilo jejich vyschnutí. Dále se do každé zkumavky umístil papírový štítek, který udává označení pasti a datum. Např.: 7A0/0 (7-B4/1)-2001-07-13. V laboratoři byla náplní mojí práce determinace vzorků z jednotlivých pastí do řádů. Nachytný hmyz jsem ze zkumavky přenesla na Petriho misku a třídila jedince pomocí binokulární lupy. Zástupce jednoho řádu jsem umístila pinzetou do plastové epruvety, doplnila jsem 70% etanol a přidala papírový štítek s označením pasti a data. Počty zástupců jsem zapisovala do tabulky a následně tabulku zpracovala do elektronické podoby.

V navazující diplomové práci budu vzorky třídít na co nejnižší možnou úroveň, což by mělo vést k rozšíření znalostí o emergenci, ekologických preferencích a životních cyklech chrostíků.

8 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zpracovat rešerši na dané téma s využitím informací z literárních zdrojů. Zabývala jsem se životními cykly chrostíků, jejich morfologií, emergencí, ekologickými nároky a preferencemi, přičemž zvýšenou pozornost jsem věnovala čeledím Philopotamidae a Hydropsychidae. Ne vždy bylo ovšem možné z dostupných internetových databází a publikací zjistit podrobnosti o daných skupinách, jelikož některé jsou více prozkoumané, kdežto jiné naopak méně.

Na život chrostíků mají nejvýznamnější vliv environmentální faktory, jako jsou teplota, světlo, dostupnost kyslíku a přítomnost organických či anorganických látek. Především teplota vzduchu a vody má nejvyšší dopad na larvální vývoj, který je se vzrůstající teplotou urychlován, a rovněž může fungovat jako spouštěč emergence. S tím úzce souvisí i počet generací, jež daný jedinec během roku vytvoří. V teplých klimatických oblastech jsou zastoupeni polyvoltinní druhy (tvoří více generací za rok), s klesající teplotou se počet generací snižuje – bivoltinní (dvě generace za rok) a monovoltinní (jedna generace za rok) druhy. S ohledem na teplotu a sluneční záření upřednostňují různé druhy chrostíků odlišné podmínky pro nástup emergence. Dalším faktorem je nasycení vody kyslíkem, které se u většiny tekoucích vod pohybuje nad 80%. Významnou složkou vodních toků ovlivňujících život bezobratlých je také hladina organických a anorganických látek, jež koreluje s pH toku. Organické částice, jako například detritus či zbytky těl rostlin, mohou chrostíkům (zejména drtičům) posloužit jako zdroj potravy, na druhou stranu zvýšená hladina znečišťujících látek (fosfáty, sírany či dusíkaté látky) může působit jako stresový faktor a negativně ovlivnit výskyt chrostíků. Druhá bohatost a rozmanitost se rovněž snižuje v kyselých tocích. V přírodě obecně platí, že se jednotlivé environmentální faktory prolínají a vzájemně spolu souvisejí a ovlivňují se. Předložená bakalářská práce rovněž stručně popisuje lokalitu odchytu a metodu sběru emergujících hmyzu.

V navazující diplomové práci se budu věnovat chrostíkům a jejich ekologickým preferencím. To by mělo vést k rozšíření znalostí o těchto vodních organismech a jejich významu pro životní prostředí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BENKE, A. C. & HURYN, A. D. (2010): Benthic invertebrate production – facilitating answers to ecological riddles in freshwater ecosystems. – *Journal of the North American Benthological Society* 29: 264-285.

BONADA, N., ZAMORA-MUÑOZ, C., RIERADEVALL, M. & PRAT, N. (2004): Ecological profiles of caddisfly larvae in Mediterranean streams: implications for bioassessment methods. – *Environmental Pollution* 132: 509-521.

BOUCHARD, R. W. (2004): Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest. – Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul: 208 pp.

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

CUMMINS, K. W. & KLUG, M. J. (1979): Feeding ecology of stream invertebrates. – *Annual Review of Ecology and Systematics* 10: 147-172.

CUMMINS, K. W., WILZBACH, M. A., GATES, D. M. & PERRY, J. B. (1989): Shredders and riparian vegetation. – *BioScience* 39: 24-30.

DAVIES, I. J. (1984): Sampling aquatic insects emergence. – A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters 17: 161-227.

FLANNAGAN, J. F. & COBB, D. (1994): Studies on some riverine insect emergence traps: effect of sampling frequency and trap desing. – Canadian Technical Report Fisheries and Aquatic Sciences, 14 pp.

FLINT, O. S. (1998): Studies of Neotropical Caddisflies, LIII: A Taxonomic Revision of the Subgenus *Curgia* of the Genus *Chimarra* (Trichoptera: Philopotamidae). – *Smithsonian Contributions to Zoology* 594: 144 pp.

FÜRREDER, L., WALLINGER M. & BURGER, R. (2005): Longitudinal and seasonal pattern of insect emergence in alpine streams. – *Aquatic Ecology* 39: 67-78.

GRAF, W., MURPHY, J., DAHL, J., ZAMORA-MUÑOZ, C. & LÓPEZ-RODRÍGUEZ, M. J. (2008): Distribution and ecological preferences of European freshwater organisms, Volume 1 – Trichoptera. – Pensoft Publishers, 388 pp.

GREENHALG, M. & OVENDEN, D. (2007): *Freshwater life in Britain and Northern Europe*. – HarperCollins, London, 256 pp.

GUEROLD, F. & DANGLESS, O. J. (2000): Structural and functional responses of benthic macroinvertebrates to acid precipitation in two forested headwater streams (Vosges Mountains, northeastern France). – *Hydrobiologia* 418: 25-31.

GUEROLD, F., VEIN, D. & JACQUEMIN, G. (1991): Les peuplements d'éphéméroptères de plécoptères et de trichoptères des ruisseaux acides et non acides du massif vosgien: première approche. – *Revue des sciences de l'eau* 4:299-314.

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.

HARROD, J. J. (1964): The distribution of invertebrates on submerged aquatic plants in a chalk stream. – *The Journal of Animal Ecology* 33: 335-348.

HARTMAN, P., PŘIKRYL, I. & ŠTĚDRONSKÝ, E. (1998): *Hydrobiologie*. – Informatorium, Praha, 335 pp.

HAUER, R. F. & LAMBERTI, G. A. (2011): *Methods in stream ecology*. – Academic Press, 896 pp.

HENDERSON, I. M. (1983): A contribution to the systematics of New Zealand Philopotamidae (Trichoptera). – *New Zealand Journal of Zoology* 10: 163-176.

HERING, D., SCHMIDT-KLOIBER, A., MURPHY, J., LÜCKE, S., ZAMORA-MUÑOZ, C., LÓPEZ-RODRÍGUES, 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 Sciences* 71: 3-14.

HERRMANN, J. & FRICK, K. (1995): Do stream invertebrates accumulate aluminium at low pH conditions? – *Water, Air and Soil Pollution* 85:407-412.

HICKIN, N. E. (1967): *Caddis larvae: Larvae of the British Trichoptera*. – Fairleigh Dickinson University Press, 480 pp.

HIGLER, L. W. G. & TOLKAMP, H. H. (1982): Hydropsychidae as bio-indicators. – Environmental Monitoring and Assessment 3: 331-341.

HOLZENTHAL, R. W. & ROBERTSON, D. R. (2011): Revision of the Neotropical caddisfly genus *Itauara* Müller, 1888 (Trichoptera, Glossosomatidae). – ZooKeys 114: 41-100.

HOLZENTHAL, R. W., BLAHNIK, R. J., PRATHER A. L. & KJERK, K. M. (2007): Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), Caddisflies. – Zoologica Scripta 31: 83-91.

HUDEC, K., KOLIBÁČ, J., LAŠTŮVKA, Z. & PEŇAZ, M. (2007): Příroda České republiky. – Academia, Praha, 440 pp.

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.

JACKSON, J. K. (1988): Diel emergence, swarming and longevity of selected adult aquatic insects from a Sonoran Desert stream. – The American Midland Naturalist 119: 344-352.

KIKR, D. (2014): Hatches & fly patterns of the Great Smoky mountains. – Stackpole Books, 242 pp.

KUBÍČEK, F. & ZELINKA, M. (1982): Základy hydrobiologie. – Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 140 pp.

LELLÁK, J. & KUBÍČEK, F. (1991): Hydrobiologie. – Karolinum, Praha, 257 pp.

LELLÁK, J., KOŘÍNEK, V., FOTT, J., KOŘÍNKOVÁ, J. & PUNČOCHÁŘ, P. (1982): Biologie vodních živočichů. – Karlova univerzita, Praha, 220 pp.

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 – International Journal of Limnology 38: 133-149.

MALM, T., JOHANSON, K. A. & WAHLBERG, N. (2013): The evolutionary history of Trichoptera (Insecta): A case of successful adaptation to life in freshwater. – Systematic Entomology 38: 459-473.

- MARONEZE, D. M., TUPINAMBÁS, T. H., FRANCA, J. S. & CALLISTO, M. (2011): Effect of flow reduction and spillways on the composition and structure of benthic macroinvertebrate communities in a Brazilian river reach. – *Brazilian Journal of Biology* 71(3): 639-651.
- MOOR, F. C. & IVANOV, V. D. (2008): Global diversity of caddisflies (Trichoptera: Insecta) in freshwater. – *Hydrobiologia* 595: 393-407.
- MUÑOZ-QUESADA, F. J. & HOLZENTHAL, R. W. (2008): Revision of the Nearctic species of the caddisfly genus *Wormaldia* McLachlan (Trichoptera: Philopotamidae). – *Zootaxa* 1838, Magnolia Press, 75 pp.
- OBER, H. K. & HAYES, J. P. (2008): Influence of forest riparian vegetation on abundance and biomass of nocturnal flying insects. – *Forest Ecology and Management* 256: 1124-1132.
- PEREIRA, L. R. & CABETTE, H. S. R. (2012): Trichoptera as bioindicators of habitat integrity in the Pindaíba river basin, Mato Grosso (Central Brazil). – *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology* 48: 295-302.
- 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* 403(3): 13pp.
- REISINGER, W., BAUERNFEID, E. & LOIDL, E. (2001): Entomologie pro muškaře od přírodního vzoru k napodobenině. – *Fraus, Plzeň*, 282 pp.
- ROS, H. H. (1994): Caddis Flies, or Trichoptera, of Illinois. – *Illinois Natural History Survey Bulletin* 23: 336 pp.
- ROTVIT, L. & JACOBSEN, D. (2013): Temperature increase and respiratory performance of macroinvertebrates with different tolerances to organic pollution. – *Limnologica* 43:510-151.
- SEDLÁK, E. (1980): Řád Chrostíci – Trichoptera, 163 – 225. In: ROZKOŠNÝ, R. (ed.). – *Klíč vodních larev hmyzu*, Academia, Praha, 521 pp.
- SEDLÁK, E. (2005): *Zoologie bezobratlých*. 2. vyd. – Masarykova univerzita, Brno, 337 pp.

SHARMA, R. C. & RAWAT, J. S. (2009): Monitoring of aquatic macroinvertebrates as bioindicator for assessing the health of wetlands: A case study in the Central Himalayas, India. – *Ecological Indicators* 9:118-128.

ŠEMNIČKI, P., PREVIŠIĆ, A., IVKOVIĆ, M., ČMRLEC, K. & MIHALJEVIĆ, Z. (2011): Emergence of caddisflies (Trichoptera, Insecta) at tuffa barriers in Plitvice lakes national park. – *Entomologia Croatica* 15: 145-161.

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.

WAGNER, F. H. & LEICHTFRIED, M. (2003): Endbericht des Langzeit – Forschungsprogramms RITRODAT. – Austrian Academy of Science, Mondsee, 132 pp.

WALLACE, J. B. & MALAS, D. (1976): The fine structure of capture nets of larval Philopotamidae (Trichoptera), with special emphasis on *Dolophilodes distinctus*. – *Canadian Journal of Zoology* 10: 1788-1802.

WALLACE, J. B. (1990): Recovery of lotic macroinvertebrate communities from disturbance. – *Environmental Management* 14: 605-620.

WARD, J. & STANFORD, J. (1982): Thermal responses in the evolutionary ecology of aquatic insects. – *Annual review of entomology* 27: 97-117.

WIGGINS, G. B. (2004): *Caddisflies: The Underwater Architects*. – University of Toronto Press, 292 pp.

