



**MASARYKOVA UNIVERZITA
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
ÚSTAV BOTANIKY A ZOOLOGIE**



**Diverzita a ekologie chrostíků
(Trichoptera) pramenných stružek
slatinišť Západních Karpat**

Bakalářská práce

Jana Zajacová

Vedoucí práce: Mgr. Jindřiška Bojková, Ph.D.

Brno 2014

Bibliografický záznam

Autor:	Jana Zajacová Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita Ústav botaniky a zoologie
Název práce:	Diverzita a ekologie chrostíků (Trichoptera) pramenných stružek slatinišť Západních Karpat
Studijní program:	Ekologická a evoluční biologie
Studijní obor:	Ekologická a evoluční biologie
Vedoucí práce:	Mgr. Jindřiška Bojková, Ph.D.
Akademický rok:	2013/2014
Počet stran:	60+4
Klíčová slova:	chrostíci, Trichoptera, diverzita, ekologie, prameny, stružka, prameniště slatiniště, Západní Karpaty

Bibliographic Entry

Author Jana Zajacová
Faculty of Science, Masaryk University
Department of botany and zoology

Title of Thesis: Diversity and ecology of caddisflies (Trichoptera) in springbrooks of the Western Carpathian spring fens

Degree programme: Ecological and Evolutionary Biology

Field of Study: Ecological and Evolutionary Biology

Supervisor: Mgr. Jindřiška Bojková, Ph.D.

Academic Year: 2013/2014

Number of Pages: 60+4

Keywords: caddisflies, Trichoptera, diversity, ecology, springs, springbrook, spring fens, Western Carpathians

Abstrakt

Úkolem této bakalářské práce bylo popsat složení taxocenóz chrostíků (Trichoptera) v pramenných stružkách slatinišť na území Západních Karpat a porovnat tyto výsledky s poznatky z podobných studií zabývajících se chrostíky pramenů. Pro účely srovnání byly v rešeršní části práce zpracovány studie zabývající se chrostíky pramenišť z různých oblastí Evropy (západní Evropa, Alpy a Jura, střední Evropa Fennoskandie).

Bylo odebráno a zpracováno celkem 112 vzorků z 58 pramenných stružek z oblasti Vnitřních i Vnějších Západních Karpat v letech 2006 a 2010-2012 ve dvou sezónách (jaro, podzim). Na lokalitách byly měřeny fyzikální a chemické proměnné prostředí, koncentrace iontů a bylo odhadnuto složení substrátu. Data byla zpracována v programech Microsoft Excel, Canoco 5 a Statistica 12.

Na lokalitách bylo nalezeno celkem 53 taxonů (určených převážně do druhu) chrostíků zastupujících 15 čeledí. Nejpočetnější a nejčetnější taxony utvářející společenstva studovaných pramenných stružek jsou druhy *Beraea maurus*, *B. pullata*, *Ernodes articularis/vicinus* (Beraeidae), *Agapetus fuscipes* (Glossosomatidae), *Plectrocnemia conspersa* (Polycentropodidae), *Wormaldia occipitalis* (Philopotamidae), *Potamophylax nigricornis* (Limnephilidae), *Sericostoma personatum/schneiderii* (Sericostomatidae) a *Crunoecia irrorata* (Lepidostomatidae). Druhově nejpočetnější čeledi jsou Limnephilidae a Rhyacophilidae. V souboru nalezených taxonů chrostíků dominují krenobionti a krenofilové, významně jsou zastoupeny i druhy lotické. Hlavními proměnnými prostředí ovlivňujícími složení společenstva chrostíků jsou hloubka vody a rychlost proudu. Oblastí nejpodobnější pramenným stružkám Západních Karpat z hlediska druhového složení chrostíků se jeví Západní Evropa a oblast Alpy a Jura, ve které bylo také nalezeno nejvíce druhů. Nejméně podobná a druhově nejchudší oblast je Fennoskandie.

Abstract

The main aims of this thesis were to describe the composition of caddisflies assemblages (Trichoptera) in springbrooks of spring fens in the Western Carpathians and to compare obtained results with other studies dealing with caddisflies of springs. For this purpose, the first part of the thesis summarized data on caddisflies from studies focused on springs of the western Europe, Alps and Jura, central Europe and Fennoscandia.

Altogether 112 samples were collected at 58 springbrooks of the Inner and the Outer Western Carpathians in two seasons (spring, autumn) in 2006 and 2010-2012. Physical and chemical environmental variables and concentrations of ions were measured at studied sites. Substrate composition was estimated as well. Data was processed in Microsoft Excel, Canoco 5 and Statistica 12.

In total, 53 taxa (determined mainly to species level) representing 15 families of caddisflies were found at studied springbrooks. The most abundant and frequent taxa were: *Beraea maurus*, *B. pullata*, *Ernodes articularis/vicinus* (Beraeidae), *Agapetus fuscipes* (Glossosomatidae), *Plectrocnemia conspersa* (Polycentropodidae), *Wormaldia occipitalis* (Philopotamidae), *Potamophylax nigricornis* (Limnephilidae), *Sericostoma personatum/schneiderii* (Sericostomatidae) and *Crunoecia irrorata* (Lepidostomatidae). The most species-rich families were Limnephilidae and Rhyacophilidae. Crenobiont and crenophilous caddisflies dominated in the total number of species recorded; lotic species were relatively numerous as well. Main environmental variables affecting the composition of caddisflies assemblages were current velocity and water depth. Springs of western Europe and Alps and Jura, which was the most species-rich region, appeared the most similar to the Western Carpathian springbrooks in caddisfly species recorded. The least similar and least species-rich region was Fennoscandia.



Masarykova univerzita

Přírodovědecká fakulta



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Jana Zajacová**
Studijní program: **Ekologická a evoluční biologie**
Studijní obor: **Ekologická a evoluční biologie**
Studijní směr: **Zoologie**

Ředitel Ústavu botaniky a zoologie PřF MU Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu MU určuje bakalářskou práci s tématem:

Diverzita a ekologie chrostíků (Trichoptera) pramenných stružek slatinišť Západních Karpat

Diversity and ecology of caddisflies (Trichoptera) in springbrooks of the Western Carpathian spring fens

Oficiální zadání:

Chrostíci (Trichoptera) jsou jednou z nejbohatších skupin vodního hmyzu jak z pohledu taxonomického, tak ekologického. Je mezi nimi mnoho druhů přizpůsobených specifickým podmínkám drobných pramenů a pramenných mokřadů, jako jsou nízká a stálá teplota, malá hloubka vody nebo až madikolní podmínky či substrát tvořený převážně rozkládajícími se rostlinnými zbytky. Taxocenózy, které se na těchto stanovištích vyskytují, jsou do jisté míry unikátní a v našich podmínkách málo známé. Prameniště slatinišť Západních Karpat představují reliktní biotopy významné hodnoty jak z hlediska botanického, tak z hlediska jejich vodní fauny. Úkolem této práce bude popsat druhové složení a diverzitu taxocenóz chrostíků jejich pramenných stružek a srovnat je s pramennými stružkami jiných oblastí Evropy.

Cílem práce je: 1) popis a zhodnocení druhového spektra chrostíků osidlujících různé typy pramenů na základě literárních dat; 2) vytvoření přehledu druhové skladby chrostíků slatinišť Západních Karpat na základě odběru a zpracování vzorků z padesáti pěti lokalit z jarního a letního období; 3) vyhodnocení druhového složení taxocenóz, jejich klasifikace a stanovení indikačních druhů pro různé typy stružek; 4) konfrontace vlastních výsledků s poznatky o chrostících pramenů obecně.

Doporučená literatura:

FISHER J., FISHER F., SCHNABEL S., WAGNER R. & BOHLE H.W. 1998: Die Quellfauna der hessischen Mittelgebirgsregion. Besiedlungsstruktur, Anpassungsmechanismen und Habitatbindung der makroinvertebraten am Beispiel von Quellen aus dem rheinischen

- Schiefergebirge. In BOTOSANEANU L. (ed.): *Studies in Crenobiology: The biology of springs and springsbrooks*. Backhuys Publishers, Leiden, pp. 183–200.
- HAHN H. J. 2000: Studies on Classifying of Undisturbed Springs in Southwestern Germany by Macroinvertebrate Communities. *Limnologia* 30: 247–259.
- HOFFSTEN P.-O. & MALMQVIST B. 2000: The macroinvertebrate fauna and hydrogeology of springs in central Sweden. *Hydrobiologia* 436: 91–104.
- ILMONEN J. & PAASIVIRTA L. 2005: Benthic macrocrustacean and insect assemblages in relation to spring habitat characteristics: Patterns in abundance and diversity. *Hydrobiologia* 533: 99–113.
- ILMONEN J., PAASIVIRTA L., VIRTANEN R. & MUOTKA T. 2009: Regional and local drivers of macroinvertebrate assemblages in boreal springs. *Journal of Biogeography* 36: 822–834.
- LINDEGAARD C., BRODERSEN K.P., WIBERG-LARSEN P. & SKRIVER J. 1998: Multivariate analyses of macrofaunal communities in Danish springs and springsbrooks. In BOTOSANEANU L. (ed.): *Studies in Crenobiology: The biology of springs and springsbrooks*. Backhuys Publishers, Leiden, pp. 201–220.
- STAUDACHER K. & FÜREDER L. 2007: Habitat complexity and invertebrates in selected alpine springs (Schütt, Carinthia, Austria). *International Review of Hydrobiology* 92: 546–479.
- VON FUMETTI S., NAGEL P. & BALTES B. 2007: Where a springhead becomes a springbrook – a regional zonation of springs. *Fundamental and Applied Limnology* 169: 37–48.
- ZOLLHÖFER J. M., BRUNKE M. & GONSER T. 2000: A typology of springs in Switzerland by integrating habitat variables and fauna. *Archiv für Hydrobiologie, Suppl.* 121: 349–376.

Jazyk závěrečné práce: český

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Jindřiška Bojzková, Ph.D.

Podpis vedoucího práce: *Bojzková*

Konzultant: Mgr. Lenka Hubáčková

Datum zadání bakalářské práce: listopad 2013

V Brně dne 19. 11. 2013

MASARYKOVA UNIVERZITA
Přírodovědecká fakulta
4020 ÚSTAV BOTANIKY A ZOOLOGIE
611 37 Brno, Kotlářská 2

Jan Hélešic
doc. RNDr. Jan Hélešic, Ph.D.
ředitel Ústavu botaniky a zoologie

Zadání bakalářské práce převzal dne: *21. 11. 2013*

Xejacora
Podpis studenta

Poděkování

Na tomto místě bych v první řadě chtěla poděkovat Jindřišce Bojkové za vedení bakalářské práce, cenné rady, spoustu poskytnuté literatury a vůbec za všechny čas, který mi věnovala. Děkuji Lence Hubáčkové a Petru Komzákovi za velkou pomoc s určováním chrostíků. Vandě Rádkové děkuji za poskytnutí dat z diplomky. Všem lidem z prameništěního týmu děkuji za pohodovou a přátelskou atmosféru na výjezdech do terénu a v laboratoři. Díky také za všechny ostatní terénní exkurze všem, kteří je pořádají, protože jsou z nich ty nejlepší a nezapomenutelné zážitky. Děkuji kamarádům, zejména Tomášovi, Elišce, Erice, Markovi, Hance, Ivče a Aničce za všechny společné chvíle strávené ve škole i mimo školu, za všechny ty dlouhé rozhovory a ještě delší večery. Rodině děkuji za podporu a za to, že trpělivě snášeli všechny moje špatné nálady i to, jak málo času jsem trávila doma.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracovala samostatně s využitím informačních zdrojů, které jsou v práci citovány.

Brno 29. dubna 2014

.....

Jana Zajacová

OBSAH

1. ÚVOD	11
2. CHROSTÍCI (TRICHOPTERA)	12
2.1 Rozšíření.....	12
2.2 Význam	12
2.3 Vývojová stadia a jejich biologie	13
2.4 Potravní strategie	16
2.5 Stavby larev.....	17
2.6 Fylogeneze a systém.....	18
2.7 Diverzita v České republice a na Slovensku	20
3. PRAMENIŠTNÍ BIOTOPY	21
3.1 Podélné členění pramenů.....	21
3.3 Typy prameništých biotopů	22
3.3 Fauna prameništů.....	22
4. CHROSTÍCI NA PRAMENIŠTÍCH	25
4.1 Druhové složení a bohatost	25
4.1.1 Biologie významných druhů chrostíků prameništů	27
5. MATERIÁL A METODY	33
5.1 Charakteristika studovaného území a lokalit.....	33
5.2. Metodika.....	34
5.2.1 Odběr vzorků.....	34
5.2.3 Hodnocení dat	35
6. VÝSLEDKY	37
6.1 Složení taxocenózy chrostíků	37
6.2 Charakteristika studovaných lokalit na základě proměnných prostředí	40
6.3 Faktory prostředí ovlivňující strukturu společenstva chrostíků ve stružkách	41
6.4 Srovnání zjištěného druhového složení chrostíků s evropskými prameny.....	45
7. DISKUZE	47
7.1 Druhové složení chrostíků pramenných stružek Západních Karpat a dalších oblastí Evropy.....	47
7.2 Faktory ovlivňující složení taxocenóz chrostíků v pramenných stružkách	50

8. ZÁVĚR.....	52
CITOVANÁ LITERATURA	53
PŘÍLOHY	61

1. ÚVOD

Chrostíci jsou jednou z největších skupin bezobratlých ve sladkovodních biotopech, a to jak v rámci diversity, tak i početnosti (HOLZENTHAL et al. 2007). Jejich velká druhová a ekologická rozmanitost vznikla patrně díky schopnosti produkovat hedvábný sekret, z něhož larvy chrostíků vytvářejí různé struktury (přichytná vlákna, úkryty, sítě, přenosné schránky), což jim umožnilo osídlit různé habitaty a přizpůsobit se široké škále podmínek prostředí (MACKAY & WIGGINS 1979, NEBOISS 1991). Chrostíci dokáží využívat a zpracovávat mnoho zdrojů potravy, a to ve velkém množství, proto mají nenahraditelný vliv na ostatní organismy a celý ekosystém (MACKAY & WIGGINS 1979). Prameny a prameniště jsou jedny z mnoha sladkovodních biotopů, které jsou obývány specifickou a specializovanou taxocenózou chrostíků.

Prameny a prameniště jsou považovány za unikátní sladkovodní biotopy pro jejich relativní izolovanost vůči ostatním vodním biotopům a relativně stabilní podmínky prostředí (VAN DER KAMP 1995, STAUDACHER & FÜREDER 2007). Vyšší stabilita prostředí a relativně nižší heterogenita stanoviště oproti většině ostatních typů tekoucích vod spolu se specifickými vlastnostmi společenstva dělají z pramenů ideální biotop pro studie v rámci ekologie společenstev a ekosystémů (WILLIAMS & WILLIAMS 1998). V pramenech se vyskytuje množství živočichů zahrnující druhy pro prameny typické, specializované (krenobionti a krenofilové) přes druhy preferující madikolní podmínky, běžné druhy tekoucích a stojatých vod, až po eurytopní organismy (LINDEGAARD et al. 1998). Jednou z majoritních skupin makrozoobentosu pramenů jsou právě chrostíci, kteří zde představují obvykle druhou či třetí druhově nejbohatší skupinu vodních bezobratlých (např. ILMONEN et al. 2009, HAHN 2000, GERECKE et al. 2005, MARTIN & BRUNKE 2012, KUBÍKOVÁ et al. 2012). Mimo množství úzce specializovaných druhů chrostíci pramenů zahrnují druhy citlivé na nepatrné změny ve vodním prostředí (WIGGINS 2004), což může být využito také v bioindikaci (CANTONATI et al. 2006).

Cílem této bakalářské práce je (i) zpracovat literárních zdroje týkající se druhového spektra chrostíků osidlujících prameny v různých geografických oblastech Evropy, (ii) popsat druhové složení a diverzitu taxocenóz chrostíků pramenných stružek slatinišť Západních Karpat a (iii) porovnat výsledky se studii pramenů z jiných oblastí Evropy.

2. CHROSTÍCI (TRICHOPTERA)

Chrostíci jsou řád holometabolního hmyzu, jejichž larvy a kukly se u převážné většiny druhů vyvíjejí ve vodě a dospělci jsou suchozemští (MORSE 2003). V současnosti je popsáno 14548 recentních druhů ze 616 rodů a 49 čeledí a 685 fosilních druhů ze 125 rodů a 12 čeledí (MORSE 2014). Tím se Trichoptera staví na první místo mezi řády hmyzu, které jsou téměř výlučně akvatické, počtem vodních zástupců je převyšují už jen dvoukřídlí (Diptera; HOLZENTHAL et al. 2010). Řád se dělí na tři podřady: Integripalpia, Annulipalpia a „Spicipalpia“.

2.1 Rozšíření

Chrostíky nalezneme na všech kotinentech kromě Antarktidy, největší počet druhů a rodů je dosud znám z Orientální (3732 druhů, 204 rodů) a Paleartické (2349 druhů, 268 rodů) oblasti (DE MOOR & IVANOV 2008). Osídlili téměř všechna sladkovodní stanoviště, od pramenů přes toky všech typů, hygropetrické habitaty, mokřady, vodní nádrže včetně periodických tůní až po brakické vody (WIGGINS 2004, MORSE 2003). Vyjíměčně se larvy i kukly mohou vyvíjet na souši, jako je to u rodu *Enoicyla* (čeleď Limnephilidae) zahrnujícího 3 druhy žijící ve vlhké opadance listnatých lesů západní a střední Evropy (HARDING 1998) a několika dalších druhů v Americe, Japonsku a Austrálii (WIGGINS 2004). Patrně nejzajímavější způsob života je popsán u chrostíků čeledi Chathamidae, neboť jejich larvy a kukly obývají pobřežní pásmo Tichého oceánu u Austrálie, Nového Zélandu a několika dalších ostrovů, kde si staví schránky z vápenatých řas (RIEK 1976), a druh *Philanisus plebeius* Walker, 1852 se dokonce vyvíjí v celomové dutině hvězdic rodu *Patiriella* (WINTERBOURN & ANDERSON 1980).

2.2 Význam

Chrostíci jsou významnou součástí vodních ekosystémů díky rozmanitým potravním strategiím (viz dále). Např. kouskovači (herbivoři a detritovoři) pomáhají rozmělnovat velké kusy organického materiálu na jemnější, který pak využívají sběrači a filtrátoři. Druhy seškrabávající perifyton podporují růst řas, kterými se živí (MORSE 2003). Chrostíci jsou také významnou složkou potravy ryb, obojživelníků, plazů a ptáků, imaga se soumráchnou či noční aktivitou se stávají kořistí netopýrů (WIGGINS 2004).

Z hmyzu je loví larvy pošvatek a střechatek a dospělci i larvy brouků (NEBOISS 1991). Nezanedbatelný význam mají chrostíci v jedné z technik rybolovu, tzv. muškaření, kde slouží jako návnady nebo předlohy mušek vyráběných uměle (REISINGER et al. 2006). Spolu s jepicemi (Ephemeroptera) a pošvatkami (Plecoptera) jsou hojně využívané pro analýzy kvality povrchových vod na základě vzorků bentosu. Tato metoda má tu výhodu, že zachycuje dlouhodobé změny v prostředí, zatímco chemické analýzy jsou pouze náhodnou kontrolou momentálního stavu a jsou navíc finančně nákladnější. Proto se stala běžnou službou poskytovanou při ekologickém poradenství a využívá se i při zjišťování změn ve vodním prostředí po revitalizaci (MORSE 2003, WIGGINS 2004).

2.3 Vývojová stadia a jejich biologie¹

Převládající vývojový cyklus chrostíků je univoltinní (tj. jedna generace za rok), více generací nebo naopak jedna generace za 2 až 3 roky se objevuje vzácněji (MACKAY & WIGGINS 1979, WIGGINS 2004). Obecně platí, že cykly jsou delší ve vyšších nadmořských výškách a kratší blíže k rovníku. Přítomnost jednotlivých fází vývoje v určitých částech roku je charakteristická pro daný druh (MORSE 2003).

Vajíčka chrostíků jsou okrouhlého nebo eliptického tvaru a pevně obalena lepkavým, rosolovitým obalem z polysacharidu spumalinu (HINTON 1981). Jsou uspořádaná ve shlucích charakteristického tvaru, jedna snůška jich obsahuje 20 až několik set. Obvykle se larvy líhnou během několika dní, ale také mohou, především během zimy, přetrvat v klidovém stadiu až několik měsíců (MORSE 2003).

Larvy mají vždy dobře sklerotizovanou hlavu a pronotum, sklerotizace mesonota a metanota se liší u jednotlivých čeledí. Hlava nese pár složených očí (ocelli chybí), redukovaná krátká tykadla a kousací ústní ústrojí, které je modifikované ke zpracování různých druhů potravy. Podstatnou strukturou jsou labiální snovací žlázy, které vznikly přeměnou žláz slinných (CAPINERA 2004, TRIPLEHORN & JOHNSON 2005), jejichž sekret slouží ke tvorbě přichytných vláken, schránek, úkrytů a sítí. Tři články hrudi jsou vždy dobře vyvinuté. Pronotum je vždy silně sklerotizované, prosternum u některých Integripalpia nese prstovitý prosternální roh. Mesonotum a metanotum může být membranózní, silně sklerotizované nebo s malými sklerity v typické pozici. Hruď nese

¹ Morfologie jednotlivých vývojových stádií je zpracována podle: MORSE 2003, NEBOISS 1991, WIGGINS 2004.

tři páry dobře vyvinutých nohou, které jsou u většiny čeledí přibližně stejné délky, u některých jsou však střední a zadní končetiny delší než přední. U některých čeledí jsou známy modifikace nohou, např. raptoriální předních nohou u čeledi Hydrobiosidae, nohy opatřené hustými setami k filtraci potravy (někteří Brachycentridae) či tuhými setami k lovení kořisti z proudu (Limnocentropodidae). Abdomen složený z 10 membranózních segmentů je zakončen párem análních panožek s drápky (pošinek), ostatní abdominální segmenty panožky nemají. První článek abdomenu nese u většiny Integripalpia tři retraktilní hrboly (dva laterální a jeden dorzální), které usnadňují larvě rovnoměrné umístění ve schránce a zajišťují stejnoměrnou cirkulaci vody kolem těla. Často jsou přítomny abdominální žábry, které mají podobu jednoduchých či rozvětvených vláken, které tvoří subdorsální, dorsolaterální, ventrolaterální a/nebo subventrální řady. U některých Rhyacophilidae mohou být keříčky žaber přítomny také na hrudi. Řada schránkatých chrostíků má na abdomenu laterální lem drobných dvouvětvných filamentů, jejich funkce dosud není zcela známá, a dorsálně od nich řadu vidlicovitých lamel, které pravděpodobně mají sensorickou funkci.

Můžeme rozlišit dva základní tvarové typy larev. Eruciformní (eruca = housenka) je válcovitého tvaru, s hypognátní hlavou, oblým zakončením zadečku a robustními pošinkami splynulými s devátým segmentem zadečku. Tyto larvy mají zástupci podřádu Integripalpia a čeledi Glossosomatidae a Hydroptilidae. Kampodeiformní (též kampodeoidní, podle vidličnatky rodu *Campodea*) larvy mají tělo zužující se k oběma koncům, prognátní hlavu, štíhlý konec abdomenu a pošinky jsou tenké a alespoň částečně volné. Tento typ larvy mají Annulipalpia, Rhyacophilidae a Hydrobiosidae. Larvy čeledi Phryganeidae jsou označovány jako suberuciformní – jejich tělo je štíhlejší, s prognátní hlavou a jsou hbitější a rychlejší než ostatní Integripalpia.

Larvální stadium vývoje je nejdelší z celého životního cyklu, trvá od 2 měsíců do 2 let (MORSE 2003). Skládá se téměř výlučně z pěti instarů, poslední instar se připravuje na složitý proces **kuklení**. U chrostíků podřádu Integripalpia dospělá larva nejprve připevní sekretem schránku k pevnému podkladu a následně zapečetí oba konce schránky perforovanou membránou z hedvábí. U Annulipalpia larva staví pro účel kuklení schránku z kamínků připevněnou k podkladu, uvnitř níž si spřádá propustný kokon, který může být volný nebo částečně či úplně spojený se schránkou. „Spicpalpia“ vytvářejí podobné schránky kupolovitého tvaru, avšak jejich kokony jsou

pouze volné a mají unikátní stavbu – fungují totiž jako semipermeabilní membrána. Chrostíci čeledi Hydroptilidae polopropustné kokony sprádkají uvnitř schránky posledního larválního instaru, kterou předtím připevní k podkladu. Po dokončení těchto procesů se larva chrostíka naposledy svleče a exuvii obvykle ponechá uvnitř schránky. U několika druhů jsou známy suchozemské kukly (např. rod *Ironoquia* z čeledi Limnephilidae či *Archithremma ulachensis* Martynov, 1935 z čeledi Goeridae), u nichž larvy před kuklením opouštějí vodu a kuklí se ve schránce na břehu (WIGGINS 2004).

Kukla je volná (pupa exarata), s volnými tykadly, křídly a končetinami stočenými pod tělo. Oproti stadiu dospělce má některé speciální tělní struktury, zejména dlouhá silně sklerotizovaná kusadla, pár análních výběžků, sklerotizované plošky s háčky na dorsální straně abdomenu a ochlupená chodidla druhého páru nohou, která slouží k plavání. Vývoj kukly trvá obvykle dva až tři týdny (MORSE 2003). Plně vyvinutá kukla se pomocí kusadel dostane ze schránky a aktivně plave k hladině. Ekdyse pak proběhne buď přímo na hladině, anebo kukla doplave ke břehu a svlek probíhá na pevném podkladu v blízkosti vody. Celý proces emergence probíhá velmi rychle, obvykle netrvá déle než jednu minutu (MORSE 2003). Čerstvě vylíhnutý dospělec odpočívá v blízkosti vody, dokud není jeho tělo plně sklerotizováno (MORSE 2003).

Velikost těla **dospělců** se pohybuje od 2 do 40 mm. Na hlavě najdeme dobře vyvinuté složené oči, dlouhá nitkovitá tykadla a kousací ústní ústrojí s redukovanými mandibulami. Synapomorfií řádu Trichoptera je dobře vyvinuté haustellum, které vzniklo splynutím hypopharynxu a labia a slouží k nasávání tekutin (HOLZENTHAL et al. 2010). Ocelli mohou či nemusí být vyvinuty. Hruď se třemi zřetelně oddělenými segmenty nese tři páry kráčivých končetin s ostruhami na tibia, které jsou důležitým určovacím znakem (WIGGINS 2004). Dva páry křídel se liší žilnatinou a tvarem, křídla prvního páru jsou delší, křídla druhého páru obvykle bývají širší. Oba páry jsou pokryty drobnými chloupky, z čehož je také odvozen latinský název řádu (*trichos* = chlup, *ptera* = křídla), a skládají se střechovitě nad zadeček (CAPINERA 2004, HOLZENTHAL et al. 2007). Výjimečně se u některých druhů vyskytují brachypterní dospělci se zkráceným druhým párem křídel (např. *Chathamia brevipennis* Tillyard, 1925 z čeledi Chathamidae; RIEK 1977) nebo apterní nelétavé samice (např. *Enoicyla*; HARDING 1998). Abdomen je složen z 10 článků. Dospělci se vyznačují pozitivní fototaxí (TRIPLEHORN & JOHNSON 2005), aktivita je denní či noční v závislosti na druhu (MORSE

2003). Komunikují pomocí chemických, optických, taktilních a vibračních signálů (IVANOV 1997). Žijí pár dnů až několik měsíců (MORSE 2003).

Při **rozmnožování** se uplatňují feromony, kterými samice lákají samce; někdy se též vytváří samčí roje (MORSE 2003). Samotná kopulace však neprobíhá v letu, ale vsedě na pevném podkladu. Oplozená samice klade shluky vajíček na objekty vyčnívající nad vodu, odhazuje je nad hladinou nebo leze po substrátu pod hladinu a snůšku umístí na dno či vodní rostliny. U druhů periodických tůní mohou být vajíčka kladena na souš do prohlubní, které budou později zaplněny vodou nebo na vegetaci, odkud jsou vajíčka nebo vylíhlé larvičky splaveny do vody deštěm (MORSE 2003, WIGGINS 2004). U některých druhů podčeledi Limnephilinae tribu Limnephilini žijících v periodických vodách pomáhá přečkat období sucha tzv. imaginální diapausa. Samice se líhnou s nezralými vaječníky na jaře a přečkávají léto v klidovém stadiu; k rozmnožování pak dochází začátkem podzimu, kdy už je vývoj ovarii dokončen (NOVÁK & SEHNAL 1963).

2.4 Potravní strategie²

Většinu živin získávají chrostíci v larválním stadiu, imaga přijímají pouze tekutiny, zejména nektar. U larev můžeme najít širokou škálu potravních strategií. **Sběrači** se živí malými kousky volného organického materiálu, které nacházejí na substrátu. Spadají sem např. někteří Psychomyiidae a Ecnomidae a také rané instary většiny druhů. **Filtrátoři** používají sítě z hedvábného sekretu na zachytávání malých kousků organického materiálu, ale také řas, planktonu či driftujícího hmyzu z proudící vody. Takto se živí většina chrostíků z čeledi Hydropsychidae a Philopotamidae. Někteří zástupci Brachycentridae filtrují potravu pomocí proudlouhých a hustě ochlupených nohou druhého a třetího páru. **Kouskovači-býložravci** ukusují části živých rostlin, běžnější **kouskovači-detritovoři** se živí spadnými listy a rozkládajícím se dřevem, tedy organickým materiálem, který je již zpracováván bakteriemi a houbami. Mezi kouskovače se řadí Limnephilidae, Phryganeidae, Beraeidae, Odontoceridae, Sericostomatidae či někteří zástupci Leptoceridae. Vodními mechy se živí Ptilocolepidae (ITO 1998) a některé druhy čeledi Brachycentridae. Na rozkládající se dřevo se specializují larvy čeledi Lepidostomatidae. **Škrabači** spásají nárosty řas, hub a

² Potravní strategie jsou zpracovány podle MORSE 2003, WIGGINS 2004.

organického materiálu (perifytonu) z kamenů a rostlin. Patří sem Glossosomatidae, Goeridae, Apataniidae a některé druhy z čeledi Hydroptilidae. **Predátoři** loví zejména jiný hmyz, koryše a kroužkovce, svou kořist polykají vcelku nebo po částech. Řadíme sem volně žijící chrostíky čeledí Rhyacophilidae a Hydrobiosidae a řadu druhů z čeledí Hydropsychidae, Polycentropodidae, Brachycentridae, Phryganeidae, Leptoceridae a Molannidae. Méně často se vyskytují další způsoby obstarávání potravy. Někteří zástupci Hydroptilidae například napichují buňky řas a vysávají z nich cytoplasmu. Jako příležitostní mrchožrouti se projevují někteří chrostíci z čeledí Limnephilidae a Lepidostomatidae. V čeledi Leptoceridae nalezneme druhy fakultativně nebo obligatorně se živící sladkovodními houbovci. Některé australské druhy rodu *Orthotrichia* (Hydroptilidae) jsou parazitoidi jiných larev chrostíků (WELLS 2005)

2.5 Stavby larev

Stavby, které larvy tvoří s pomocí hedvábného sekretu, a související životní strategie byly velmi podrobně popsány ve vynikající knize GLENN B. WIGGINSE *Caddisflies, the underwater architects* (2004), z níž čerpám také v této práci. Nejznámějším způsobem používání hedvábného sekretu je spojování materiálu na stavbu přenosných schránek, které jsou obecně třech tvarových typů: trubicovitého, kopulovitého nebo váčkovitého. Tvar a materiál schránky je často specifický pro danou čeleď, rod nebo i druh. Tvoří také nepřenosné úkryty a sítě určené k filtraci potravy. Volně žijící chrostíci čeledí Hydrobiosidae a Rhyacophilidae si nestaví schránky, sítě ani úkryty, hedvábné vlákno však používají pro uchycení se v proudu. Pro všechny chrostíky je sekret nezbytný při kuklení – pro tvorbu kokonů a spojování materiálu pro kuklové schránky.

Chrostíci podřádu Integripalpia budují **schránky trubicovitého tvaru**, pouze u čeledi Helicopsychidae jsou schránky stočeny do tvaru podobného ulitám plžů. Kromě ochrany před predátory schránky pomáhají při respiraci – larva provádějící uvnitř undulační pohyby vytváří jednosměrný proud vody skrz schránku. Jako materiál na stavbu trubicovitých schránek slouží písek a kameny různých velikostí, mrtvé či živé části rostlin často určitého druhu, řasy, dřevo, houbovci, schránky plžů nebo také výhradně hedvábný sekret. Jejich tvar je rovný či zahnutý, válcovitý nebo zužující se k jednomu konci. Na průřezu mohou být kruhové, trojhranné či čtyřhranné. Rostlinný materiál bývá uspořádán podélně v kruzích nebo spirálách, anebo příčně. Schránky

chrostíků čeledi Limnephilidae jsou nejčastěji válcovité, stavěné z rozmanitého organického nebo anorganického materiálu. Válcovité pouze z organického materiálu tvoří zástupci čeledi Phryganeidae. Pro čeleď Molannidae jsou specifické trubicovité schránky z písku s plochými křídlovitými výběžky po stranách a nad předním koncem, takže larva není shora vidět a splývá s písčítým dnem. Rozmanitého tvaru jsou u čeledi Leptoceridae, některé druhy používají jako stavební materiál pouze hedvábný sekret – ty také často umějí se svou schránkou plavat. Lepidostomatidae a Brachycentridae vytvářejí schránky z rostlinného materiálu, často jsou čtyřhranné na průřezu. Zahnuté schránky z písku jsou typické pro čeledi Sericostomatidae, Odontoceridae, Apataniidae a Beraeidae, rovné s většími kameny po stranách, které slouží ke stabilizaci schránky v proudu, najdeme u čeledi Goeridae.

Schránky připomínající želví krunýř z kamenů a písku vytváří čeleď Glossosomatidae. Váčkovitá pouzdra převážně z hedvábného sekretu nalezneme u čeledi Hydroptilidae, a to pouze u posledního larválního instaru, který se morfologicky liší od předchozích (tzv. hypermetamorfóza).

Nepřenosné úkryty a sítě stavějí **zástupci podřádu Annulipalpia**. Larvy čeledi Psychomyiidae a Ecnomidae vytvářejí jednoduché úkryty z hedvábí, písku a drobných organických částic, které jsou pevně přichycené k podkladu. Psychomyiidae prodlužují tyto úkryty v průběhu růstu, aby se dostali k novým zdrojům potravy, takže vznikají rozsáhlé sítě klikatých chodeb na povrchu kamenů či dřeva, nazývané též galerie (EDINGTON & ALDERSON 1973). Chrostíci čeledi Philopotamidae tvoří sítě prstovitého tvaru, trychtýřovité sítě nebo trubičkovité úkryty staví zástupci čeledi Polycentropodidae. Hydropsychidae si vytvářejí trubicovitý úkryt z kamínků, na který navazuje síť, sloužící k filtraci potravy z proudu.

2.6 Fylogeneze a systém

Chrostíci jsou sesterskou skupinou motýlů (Lepidoptera), dohromady tyto dva řády tvoří monofyletický taxon Amphiesmenoptera. První zástupci této skupiny se objevili v období permu před více než 250 miliony let. Samostatná linie vedoucí k řádu Trichoptera se oddělila během triasu (200 milionů let nazpět), kdy chrostíci osídlili toky, zatímco motýli se specializovali na terestrické biotopy. Nejstarší fosilní záznam přenosných schránek chrostíků pochází ze střední jury (WIGGINS 2004). Nejbližšími

příbuznými Amphiesmenoptera jsou podle WHEELERA et al. (2001) blechy (Siphonaptera), srpice (Mecoptera), řásnokřídli (Sterpsiptera) a dvoukřídli (Diptera); dohromady tvoří skupinu Mecopteroidea.

Řád Trichoptera se skládá ze dvou monofyletických podřádů Annulipalpia a Integripalpia a ze skupiny „Spicipalpia“, pro jejíž postavení v rámci systému existuje několik alternativních hypotéz (MORSE 1997, KJER et al. 2002, HOLZENTHAL et al. 2010). Někteří autoři, např. NEBOISS (1991), uvádí pro příslušné taxony alternativní názvy: Hydropsychoidea (syn. Annulipalpia), Limnephiloidea (syn. Integripalpia) a Rhyacophiloidea (syn. Spicipalpia).

U zástupců podřádu **Annulipalpia** mají maxilární palpy dospělců 5 článků, přičemž poslední článek je anulátní, flexibilní a minimálně dvakrát delší než předchozí. Mají tykadla s tlustým bazálním článkem kratším než hlava, flagellum přesahuje délku předního křídla. Samice mají cerky na desátém abdominálním článku a kloaku (NEBOISS 1991). Larvy jsou kampodeiformní, vytvářejí sítě a nepřenositelné úkryty (WIGGINS 2004).

Chrostíci skupiny **Integripalpia** mají maxilární palpy složené 5 článků u samic, u samců často z menšího počtu; poslední článek se neliší od předchozích. Tykadla mají často zvětšený bazální článek, delší než hlava nebo s pozměněným tvarem. Flagellum dosahuje délky předního křídla nebo ji přesahuje. Samice mají oddělený anální a vaginální otvor, cerky chybí (NEBOISS 1991). Larvy jsou eruciformního nebo suberuciformního typu, staví si přenosné schránky převážně trubicovitého tvaru (WIGGINS 2004).

U chrostíků skupiny „**Spicipalpia**“ mají maxilární palpy dospělců 5 článků, poslední článek není kroužkovaný ani flexibilní. Bazální článek tykadel je krátký a robustní, kratší než hlava. Flagellum nepřesahuje svou délkou přední křídla. Cerky a kloaka jsou u samic přítomny (NEBOISS 1991). Larvy jsou kampodeiformní nebo eruciformní (WIGGINS 2004). Podle WIGGINSE (2004) schránky larev slouží primárně ke kuklení – staví je buď poslední larvální instary (Rhyacophilidae, Hydrobiosidae), anebo dřívější (Hydroptilidae, Glossosomatidae), kde pak schránka dodatečně slouží i jako ochrana larvy před predátory. Společný pro všechny čeledi je také semipermeabilní kokon volně umístěný v kuklové schránce.

2.7 Diverzita v České republice a na Slovensku

V ČR je v současnosti známo 258 druhů chrostíků ve 20 čeledích; z toho 244 v Čechách a 224 na Moravě (CHVOJKA & KOMZÁK 2008, KOMZÁK & KROČA 2011). 84 druhů je na Červeném seznamu ohrožených druhů bezobratlých České republiky, které zahrnují: 9 druhů u nás vyhynulých, 19 kriticky ohrožených, 26 ohrožených a 30 zranitelných (CHVOJKA et al. 2005). Z čeledí vyskytujících se na území Evropy se u nás nevyskytují pouze čtyři (Uenoidea, Calamoceratidae, Helicopsychidae, Arctopsychidae) (MALICKY et al. 2004). Ze skupiny Annulipalpia se v Česku vyskytují čeledi Psychomyiidae, Ecnomidae, Philopotamidae, Polycentropodidae a Hydropsychidae. Z Integripalpia jsou to Limnephilidae, Leptoceridae, Phryganeidae, Molannidae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Odontoceridae, Apataniidae, Goeridae a Beraeidae. Ze „Spicipalpia“ pak Rhyacophilidae, Glossosomatidae, Hydroptilidae a Ptilocolepidae (CHVOJKA & KOMZÁK 2008). Na Slovensku je potvrzeno 226 druhů v 19 čeledích (oproti ČR chybí čeleď Ptilocolepidae; CHVOJKA & NOVÁK 2001, LUKÁŠ & CHVOJKA 2011).

3. PRAMENIŠTNÍ BIOTOPY

Prameny jsou v mnoha ohledech jedinečné biotopy v rámci tekoucích vod. Jejich fyzikálně-chemické parametry (např. teplota, obsah kyslíku, průtok) jsou charakterizovány omezenými fluktuacemi během roku a ovlivněny především vlastnostmi zdroje podzemní vody (CANTONATI et al. 2006). Díky tomu mají prameny azonální charakter. Vyskytují se v krajíně ostrůvkovitě a jsou od sebe často relativně izolované. Navzdory své malé velikosti se vyznačují mozaikovitou strukturou složenou z mnoha mikrohabitatů (CANTONATI et al. 2006, LINDEGAARD 1995, GLAZIER 1998). Mnozí autoři je označují za ekotony mezi zdrojem podzemní vody a povrchovými vodami a také mezi akvatickým a terestrickým prostředím (např. CANTONATI et al. 2006, SCARSBROOK et al. 2007).

Prameny jsou však díky malým rozměrům také velmi citlivé k disturbancím ze strany člověka. K přímým vlivům patří odčerpávání vody a nevhodný management krajiny, jako nepřímé vlivy působí depozice polutantů ze vzduchu, ale také globální oteplování a zvýšené UV záření (CANTONATI et al. 2006). Dostatečné poznání biodiverzity pramenů stejně jako habitatové preference vzácných a chráněných druhů mohou být užitečné pro efektivní ochranu pramenů (ILMONEN & PAASIVIRTA 2005).

3.1 Podélné členění pramenů

Počátek pramene je v místě, kde podzemní voda vytéká na povrch země. Pramenný ekosystém, tzv. krenál, lze rozdělit na samotný pramen, tedy bezprostřední okolí vývěru (eukrenál), a pramennou stružku tvořící se pod pramenem (hypokrenál; VON FUMETTI et al. 2007). GERECKE et al. (1998) rozlišuje eukrenál a hypokrenál na základě morfologických vlastností a vegetace. Eukrenál charakterizuje jako síť větvených potůčků a tůní s velkým množstvím detritu a mechovým pokryvem. Zato stružka je nevětvená, s vyhraněným korytem, s žádnou nebo omezenou submerzní vegetací a substrátem tvořeným převážně kameny a štěrkem.

Se vzrůstající vzdáleností od vývěru pramene se mění chemismus vody – voda pramenné stružky je méně ovlivněna vlastnostmi zdroje podzemní vody než v samotném prameni. Ve stružkách je vyšší roční kolísání teploty vody a přibývá

organického materiálu. S měnicími se podmínkami prostředí se pak mění i celé společenstvo prameniště (např. MCCABE 1998).

Vymezení hranice pramenné stružky oproti samotnému prameni je ve většině studií opomíjeno nebo je nejednotné (VON FUMETTI et al. 2007). ERMAN & ERMAN (1995), kteří studovali prameny v Kalifornii (USA) v nadmořské výšce 1963–2408 m n.m., označují hranici mezi pramenem a stružkou jako bod, v němž se teplota vody odlišuje od teploty v místě vývěru pramene o 2°C. VON FUMETTI et al. (2007), kteří studovali prameny v pohoří Jura ve Švýcarsku v nadmořské výšce 400–450 m n.m., tuto hranici posunují na rozdíl 1°C, což odpovídá zhruba 5 metrům od zdroje. Změna mezi společenstvem (eukrenonem a hypokrenonem) byla ve stejné práci zaznamenána už po 5–10 metrech od počátku pramene.

3.3 Typy prameništtních biotopů

Prameny se nejčastěji dělí na 3 typy zejména na základě odlišností v proudění vody a morfologii (BORNHAUSER 1913, HYNES 1970). **Rheokrén** patří mezi lotické habitaty, podzemní voda zde proniká na povrch skrz písčité nebo kamenité substrát na jednom místě a vytváří malý tok podobný pramenné stružce. **Limnokrén** je lentický habitat, má podobu vodní nádrže v místě výstupu podzemní vody na povrch. U pramene typu **helokrénu** voda prosakuje skrz vrstvu substrátu a vytváří trvale zamokřené území (pramenný mokřad) s malým množstvím vody rozprostřeným na relativně velké ploše. Jiným parametrem pro dělení pramenů může být geologické podloží (krasové, vulkanické a aluviální prameny) nebo hydrogeologický původ (SCARSBROOK et al. 2007).

3.3 Fauna prameništ'

Prameny jsou díky svým specifickým vlastnostem místem vysoké biodiverzity a abundance organismů (CANTONATI et al. 2006). Izolovanost pramenů může být příčinou vzniku různých společenstev na jednotlivých lokalitách, proto často hostí druhy endemické, reliktní a vzácné (ERMAN & ERMAN 1995, CIANFICCONI et al. 1998, WILLIAMS & WILLIAMS 1998, CANTONATI et al. 2006).

V několika ohledech mohou prameny sloužit jako refugia vodních organismů. Pro svou stabilitu jsou útočištěm lotických druhů při nepříznivých podmínkách prostředí, např. během sucha či povodní (MAIOLINI et al. 2011), umožňují také přežití druhů slabých v interspecifické kompetici (HAHN 2000). Mohou být refugii v kulturní krajině, neboť často bývají posledními sladkovodními habitaty neovlivněnými zemědělstvím a průmyslem (CANTONATI et al. 2006).

Prameny mírného pásu mohou díky nízkým letním teplotám vody obývat druhy, které mají jinak hlavní výskyt ve vysokohorských, subpolárních a polárních oblastech. Tyto organismy zde přežily od poslední doby ledové a označují se jako glaciální relikty (LINDEGAARD 1995, CANTONATI et al. 2006). Protože jsou však prameny místem, kde je poměrně teplá voda v zimě, můžeme zde nalézt i relikty z teplejších období třetihor (CANTONATI et al. 2006).

Makrozoobentos pramenů byl studován v mnoha oblastech Evropy (viz kapitola 4), v Severní Americe (např. FERRINGTON 1995, WILLIAMS & WILLIAMS 1998, MCCABE & SYKORA 2000) i na novém Zélandu (např. SCARSBROOK et al. 2007). Studie ukazují, že hlavními faktory ovlivňujícími společenstva vodních bezobratlých jsou fyzikální charakteristiky, jako je habitatová heterogenita, charakter substrátu a proudění. Druhově nejbohatší jsou lotické habitaty (rheokrény a stružky navazující na helokrény) a hygropetrické habitaty (zejména mechové koberce); nejchudší jsou lentické habitaty (limnokrény; např. MARTIN & BRUNKE 2012, ILMONEN & PAASIVIRTA 2005, MAIOLINI et al. 2011). Asociace větší druhové bohatosti s vyšším prouděním vody je zaznamenávána i v dalších studiích (např. KUBÍKOVÁ et al. 2012, VON FUMETTI & NAGEL 2012). ERMAN & ERMAN (1995) také popsali velké rozdíly ve společenstvech pramenů permanentních a vysychajících. VON FUMETTI et al. (2007) popsali variabilitu ve složení společenstva v závislosti na vzdálenosti od vývěru pramene, která byla způsobena především zvyšováním kolísání teploty vody. Studie na velké prostorové škále ILMONEN et al. (2009) na území Finska potvrdila změny složení společenstva také v závislosti na zeměpisné šířce a klimatu. GLAZIER & GOOCH (1987) prokázali vliv pH a minerální bohatosti na společenstvo pramenů v Pensylvánii. Vliv chemických parametrů na makrozoobentos v rámci jednoho typu pramenů je studován mnohem méně, např. HAHN (2000) prokázal vliv pH vody v pramenech typu rheokrény v jihozápadním Německu.

Podle LINDEGAARDA et al. (1998) lze bezobratlé osidlující pramenišní biotopy rozdělit do 7 skupin. **Krenobiontní** druhy žijí výhradně na prameništích, **krenofilní** druhy mají maximální densitu na pramenech, ale pronikají i do rhytrálu. **Lotické** druhy jsou vázané na tekoucí vody a mohou být nacházeny také v pramenech, především ve stružkách a rheokrénu. **Lentické** druhy jsou druhy typické pro stojaté vody, a proto se mohou vyskytovat v limnokrénech. **Ubikvisti** obývají nejrůznější prostředí včetně pramenů. **Madikolní** druhy žijí na místech smáčených tenkou vrstvou vody, která jsou běžná na přechodech pramenných biotopů s terestrickým prostředím; substrátem mohou být kameny (hygropetrický habitat) porostlé mechy a řasami, ale i dřevo, listy či jemný organický substrát. Díky pozvolným přechodům mezi vodním a terestrickým prostředím poskytují prameniště vhodné habitaty pro **hygrofilní terestrické** druhy. Navíc se mohou v pramenech objevovat **stygobionti** – druhy podzemních vod (CANTONATI et al. 2006).

4. CHROSTÍCI NA PRAMENIŠTÍCH

4.1 Druhové složení a bohatost

Pro zaznamenání druhového složení chrostíků na prameništích bylo vybráno 14 prací zabývajících se chrostíky (resp. makrozoobentosem) ze čtyř geografických oblastí Evropy: Fennoskandie, Střední Evropa, Alpy a Jura, Západní Evropa (tab. 1).

Tabulka 1: Vybrané studie zabývající se chrostíky pramenišť a charakteristika lokalit v těchto pracích.

	studie	oblast	habitat	počet lokalit	nadm. výška (m n.m.)	pH	vodivost (μS/cm)	velikost lokality (m ²)	průtok (l/s)	teplota vody (°C)
Fennoskandie	1 Immonen & Paasivirta 2005	J Finsko	stružky, helokrén, limnokrén, mechy	6	116-118	6,4-8,0	42-67	<10-10 000	-	6,3-7,1
	2 Immonen et al. 2009	Finsko	-	153	-	4,6-8,2	9-412	<10-10 000	-	0,8-9,1
	3 Hoffsten & Malmqvist 2000	stř. Švédsko	morénové, glaciofluviální, vápencové prameny	23	ca 200-330	ca 6,2-7,3	ca 38-355	-	ca 5-18	3,7-7,2
Střední Evropa	4 Kubíková et al. 2012	ČR, Šumava	helokrén, limnokrén, reokrén	77	750-1050	4,7-7,1	7,2-163,0	0,1-100	0,05-1,25	5-10
	5 Hahn 2000	J Německo	helokrén, limnokrén, reokrén	33	550-600	4,1-7,9	60-392	-	0,03-5	7,4-17,9
	6 Fischer et al. 1998	stř. Německo	-	-	do 950	-	-	-	-	-
Alpy a Jura	7 Staudacher & Füreder 2007	Alpy, Rakousko	helokrén, reokrén	8	571-848	7,0-8,3	323-2630	-	0,4-4	5,8-10
	8 Maiolini et al. 2011	Alpy, S Itálie	-	90	170-2792	-	-	-	-	-
	9 von Fumetti et al. 2007	Jura, SZ Švýcarsko	helokrén, reokrén	10	ca 400-450	5,5-8,4	85-844	1-2	-	7-14,3
	10 von Fumetti & Nagel 2012	Jura, SZ Švýcarsko	reokrén	5	370-430	7,2-7,9	370-480	-	20,9-82,3	5,9-14,1
11 Zöllhöfer et al. 2000	Jura, SZ Švýcarsko	reokrén, limnokrén	34	360-1130	-	200-880	-	0,08-10	-	
Západní Evropa	12 Lindegaard et al. 1998	Dánsko	helokrén, limnokrén, reokrén, stružky	110	do 170	6,2-8,1	150-1050	<1-2000	0,001-100	7,4-18,8
	13 Martin & Brunke 2012	S Německo	helokrén, limnokrén, reokrén, reohelokrén	60	do 168	ca 6,4-7,9	ca 146-839	-	-	8,6-9,6
	14 Gerecke et al. 2005	Lucembursko	-	41	-	-	-	-	-	-

Celkem bylo v těchto pracech zaznamenáno 112 druhů chrostíků (plus 12 taxonů do druhu neurčených) zastupujících 48 rodů a 18 čeledí. Seznam všech taxonů včetně vědeckých názvů druhů je uveden v tabulce 4 umístěné na konci této kapitoly (zde jsou také umístěna vědecká jména druhů zmiňovaných v textu). V celkovém součtu je druhově nejpočetnější čeleď Limnephilidae, následovaná čeleděmi Rhyacophilidae a Glossosomatidae. Jak ukazuje tabulka 2, poměr zastoupení jednotlivých čeledí se liší mezi jednotlivými oblastmi. Ve všech oblastech dominuje čeleď Limnephilidae, ale např. čeleď Rhyacophilidae je druhově početná jen v alpské oblasti a v západní Evropě.

Ve Fennoskandii nebylo deset čeledí vůbec zastoupeno. Druhově nejbohatší oblastí jsou Alpy a Jura (což může být částečně způsobeno velkým počtem druhů zaznamenaných v práci MAIOLINI et al. 2011), následuje západní Evropa, střední Evropa a Fennoskandie.

Tabulka 2: Počet taxonů zastupujících jednotlivé čeledi v jednotlivých geografických oblastech. Vpravo celkový počet taxonů v jednotlivých čeledích, dole celkový počet druhů v jednotlivých oblastech.

	zkr.	Fenoskandie	stř. Evropa	Alpy a Jura	záp. Evropa	taxonů v čeledi
Limnephilidae	LI	23	18	33	28	62
Rhyacophilidae	RH	1	1	13	6	17
Glossosomatidae	GL	0	2	4	2	6
Hydroptilidae	HT	1	0	4	0	5
Psychomyiidae	PS	0	0	4	1	5
Philopotamidae	PI	0	1	3	2	4
Apataniidae	AP	2	1	1	2	4
Polycentropodidae	PO	1	2	3	3	3
Goeridae	GO	0	1	2	2	3
Beraeidae	BE	0	3	3	3	3
Hydropsychidae	HS	0	0	2	2	2
Lepidostomatidae	LE	1	1	2	1	2
Sericostomatidae	SE	1	1	1	1	2
Leptoceridae	LC	0	2	0	1	2
Ptilocolepidae	PT	0	1	1	0	1
Phryganeidae	PR	0	0	0	1	1
Brachycentridae	BR	1	0	0	0	1
Odontoceridae	OD	0	0	1	0	1
taxonů v oblasti		31	34	77	55	

Ve studiích byly nalezeny druhy chrostíků zastupující všechny kategorie prameništích organismů (podle LINDEGAARDA et al. 1998, viz též kapitola 3.3). Mezi krenobiontní druhy patří *Crunoecia irrorata*, *Beraea maurus*, *B. pullata*, *Ernodes articularis* a *Parachiona picicornis*, které jsou vázané především na určitý typ substrátu pramenišť. Tyto druhy jsou proto také uváděny jako typické madikolní druhy. Mezi krenobionty vázané na nízkou letní teplotu vody patří *Apatania muliebris*, na vysokou teplotu vody v zimě *Wormaldia occipitalis* (LINDEGAARD et al. 1998). Mezi krenofilní druhy patří např. *Micropterna lateralis*, *M. sequax* a *Limnephilus centralis* (GRAF et al. 2008). Mezi lotické druhy řadíme velké množství taxonů, např. *Rhyacophila* spp., *Agapetus fuscipes*, *Sericostoma personatum*, *Plectrocnemia conspersa*, *Silo nigricornis*, *S. pallipes*, *Potamophylax latipennis*, *P. cingulatus*, *Halesus digitatus*, *Chaetopteryx villosa*. Za lentické druhy je považován např. *Limnephilus coenosus* a *L. ignavus*, za eurytopní *Limnephilus ignavus* či *Glyphotaelius pellucidus* (GRAF et al. 2008). Ve dvou studiích byl nalezen také hygrofilní terestrický chrostík *Enoicyla pusilla* (GERECKE et al. 2005, HAHN 2000).

4.1.1 Biologie významných druhů chrostíků pramenišť

Taxony s největší frekvencí výskytu v jednotlivých evropských studiích jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Druhy, které byly zaznamenány v největším počtu studií (z celk. množství 14 prací). Zkratky čeledí jsou uvedeny v tabulce 2.

	čeleď	frek.
<i>Crunoecia irrorata</i>	LE	14
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	PO	11
<i>Potamophylax nigricornis</i>	LI	10
<i>Sericostoma personatum</i>	SE	8
Limnephilidae g. sp.	LI	8
<i>Chaetopteryx villosa</i>	LI	8
<i>Agapetus fuscipes</i>	GL	7
<i>Wormaldia occipitalis</i>	PI	7
<i>Plectrocnemia geniculata</i>	PO	7
<i>Limnephilus</i> sp.	LI	6
<i>Parachiona picicornis</i>	LI	6
<i>Beraea pullata</i>	BE	6
<i>Ernodes articularis</i>	BE	6

Ve všech studiích byl zaznamenán krenobiontní madikolní druh *Crunoecia irrorata*. HOFFSTEN & MALMQVIST (2000) spojují jeho výskyt s vyšším průtokem vody a vysokými teplotami vody v létě. Podle ILMONENA (2008) *C. irrorata* typicky osídluje prameniště helokrénního typu s větší rozlohou, s minerogenními stružkami a četnými hygropetrickými habitaty – nejčastěji bývá nalézán ve smáčeném mechu a listovém opadu. Juvenilní larvy stavějí válcovité schránky z kamínků, které však brzy přestavují na čtyřhranné schránky z kousků listů typické pro čeleď Lepidostomatidae. *C. irrorata* se živí řasami, jemným i hrubým detritem, její vývojový cyklus trvá dva roky (ILMONEN 2008). Vyskytuje se prakticky po celé Evropě, severní hranice rozšíření prochází jižní částí Fennoskandie (ILMONEN 2008). V práci ILMONENA (2008) bylo také zjištěno, že se tento druh, který je ve Finsku na červeném seznamu ohrožených druhů, vyskytuje na pramenech spolu s dalšími chráněnými krenobiontními organismy, a může proto sloužit jako indikátor ochranářsky významných biotopů.

Plectrocnemia conspersa je krenofilní lotický druh (LINDEGAARD et al. 1998), v toku upřednostňuje místa s nižší rychlostí proudu před peřejemi (EDINGTON 1968). Bývá však nalézán také ve studených stojatých vodách, hlavně v jezerech s kamenitou litorální zónou. Živí se dravě, svou kořist chytá do nápadných plachtovitých sítí

s širokým ústím (až 7,5 cm v průměru) otevřeným proti proudu, jež staví na povrchu substrátu dna (EDINGTON 1968). Potravou jsou zejména larvy pakomárů a pošvatek a také terestričtí bezobratlí, kteří jsou unášeni vodou a zachycují se v sítích (TOWNSEND & HILDREW 1979). Larvy z jedné snůšky na krátký čas tvoří kolonie – brzy po vylíhnutí stavějí společnou síť (HILDREW & WAGNER 1992). Larva prochází pěti instary, vývojový cyklus trvá pravděpodobně jeden až dva roky, imaga se objevují od května do listopadu (SANGPRADUB et al. 1999). V pramenech se vyskytují ještě dva druhy rodu *Plectrocnemia*: *P. geniculata*, což je krenofilní či krenobiontní druh (GERECKE et al. 2005, GRAF et al. 2008) nalezený v 7 studiích, a *P. brevis* (3 studie), typicky se vyskytující v zastíněných pramenech v listnatých lesích (GERECKE et al. 2005).

Potamophylax nigricornis je krenofilní či krenobiontní druh (LINDEGAARD et al. 1998, GRAF et al. 2008), ILMONEN & PAASIVIRTA (2005) jej určili jako indikátorový druh minerogenních pramenných stružek. Živí se jako kouskovač detritem, zejména listím (IVERSEN 1988). Jeho vývojový cyklus je univoltinní, larva prochází 5 instary a imaga létají od června do srpna (SEHNAL 1962b). SEHNAL (1962b) také uvádí, že každý larvální instar si staví schránku buď z listů, nebo z kamenů, podle momentálně převládajícího materiálu v toku. Na pramenech se mohou vyskytovat ještě další druhy rodu *Potamophylax*: *P. cingulatus*, *P. rotundipennis*, *P. latipennis* a *P. luctuosus* – lotické druhy preferující horní úseky toků s kamenitým substrátem (HIGLER & SOLEM 1986).

Sericostoma personatum je nacházena obvykle v tocích s písčitém sedimentem (GRAF et al. 2008), ze kterého si staví tubicovitou schránku uzavřenou na posteriorním konci membránou s kruhovým otvorem. Larvy mají noční aktivitu, přes den jsou zahrabané v substrátu (WAGNER 1990). *S. personatum* se živí jako kouskovač-detritovor hrubým organickým materiálem hlavně allochtonního původu (WAGNER 1990, FRIBERG & JACOBSEN 1999). Vývojový cyklus tohoto druhu trvá od 2 do 5 let (WAGNER 1990), v Dánsku byl zaznamenán tříletý vývojový cyklus (IVERSEN 1973). Uváděný počet larválních instarů je obvykle 7 (např. WAGNER 1990, IVERSEN 1973), někdy i 8 (SANGPRADUB et al. 1999). Dospělci létají od května do září (SANGPRADUB et al. 1999).

Chaetopteryx villosa žije v tekoucích vodách včetně pramenů, méně také v mrtvých ramenech toků a horských jezerech (MAJECKA et al. 2011). Živí se jako kouskovač-detritovor (MAJECKA et al. 2011). Schránky jsou obvykle z anorganických částic, někdy

jsou však tvořeny částečně nebo úplně z organického materiálu (ANDERSEN & TYSSE 1984). Larvální vývoj prochází pěti instary, ANDERSEN & TYSSE (1984) zaznamenali v Norsku na lokalitě v nížině univoltinní vývojový cyklus s letovou periodou od září do listopadu a na horské lokalitě semivoltinní s letovou periodou od srpna do října. *Chaetopteryx villosa* je v larválním stadiu nerozlišitelný od *Ch. fusca* a *Ch. polonica*, které však mají podstatně menší areály (MALICKY et al. 2004).

Lotický druh *Agapetus fuscipes* typicky obývá svrchní stranu kamenů překrytých malou vrstvou vody (je součástí společenstva nazývaného "fauna hygropetrica"), kde se živí seškrabávním perifytonu (THORUP 1963). Má univoltinní vývojový cyklus, larva prochází sedmi instary, zatímco ostatní zástupci Glossosomatidae (u nichž byl vývojový cyklus studován) mají pět instarů (BECKER 2005). Podle BECKERA (2005) může být větší počet instarů u *A. fuscipes* kompenzací k rychlejšímu opotřebování ústního ústrojí, protože se živí na drsném substrátu s tenkou vrstvou perifytonu, anebo množstvím instarů různých velikostí vyskytující se pohromadě snižuje celkový vliv nepříznivých podmínek prostředí na populaci. Dospělci létají od května do září (BECKER 2005).

Druh *Wormaldia occipitalis* je krenobiont, podle LINDEGAARDA et al. (1998) vázaný na vysokou teplotu vody v zimě. Larvy staví v mezerách mezi balvany podlouhlé sítě z velmi jemné síťoviny a s malým ústím, do nichž se zachycují drobné organické částice sloužící jako potrava (EDINGTON & HILDREW 1995, EDINGTON 1968). V Anglii byl zaznamenán u tohoto druhu dvouletý vývojový cyklus (MACKERETH 1960 in EDINGTON & HILDREW 1995).

Parachiona picicornis je krenobiontní a madikolní druh, HOFFSTEN & MALMQVIST (2000) jeho výskyt spojuje s velkým průtokem vody v prameni a vysokými teplotami vody v létě. Živí se jako kouskovač-herbivor a detritovor zejména mechem, cévnatými rostlinami a listím (IVERSEN 1988). SEHNAL (1962a) uvádí u tohoto druhu univoltinní vývojový cyklus a 5 larválních instarů, dospělci létají od března do května.

Na pramenech jsou významně zastoupeny tři druhy čeledi Beraeidae: *Beraea pullata*, *B. maurus* a *Ernodes articularis*. Druh *Beraea pullata* je rozšířen po celé Evropě včetně Skandinávie (ANDERSEN 1980, VAILLANT 1982). Larvy se vyskytují ve velmi malé vrstvě vody nebo částečně mimo vodu na jemném substrátu, typicky na okrajích helokrénních pramenů a stružek (VAILLANT 1982). VAILLANT (1982) larvy nachází také ve vysychajícím prameni rheokrénního typu v Alpách, a to na podzim a v zimě,

dospělce zaznamenává v červnu. Z toho lze usuzovat, že má univoltinní cyklus. *Beraea maurus* je také rozšířen po celé Evropě, v jižní Skandinávii patrně velmi vzácně (VAILLANT 1982, ANDERSEN 1980). Larvy žijí na březích helokrénních a rheokrénních pramenů na smáčených kamenech pokrytých mechy a méně v listovém opadu (VAILLANT 1982). Emergenci zaznamenává VAILLANT (1982) na různých pramenech v jihozápadních Alpách od května do začátku července. *Ernodes articularis* má podobné rozšíření a osídluje obdobné habitaty jako *B. maurus*. VAILLANT (1982) nachází larvy na smáčených kamenech, dospělce zaznamenává od května do června (v nadm. výšce 800 m n.m.), ale i v červenci a srpnu (nad 1000 m n.m.).

Tabulka 4: Taxony chrostíků zaznamenané v jednotlivých studiích, horizontálními čarami odděleny čeledi (zkratky viz tab. 2), vpravo frekvence taxonu, dole celkový počet taxonů ve studiích.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	frek.
		Fennoskandie			stř.Evropa			Alpy a Jura				záp.Evropa				
RH	<i>Rhyacophila bonaparti</i> Schmid, 1947							+								1
	<i>Rhyacophila dorsalis</i> (Curtis, 1834)							+			+					2
	<i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen, 1859		+	+											+	3
	<i>Rhyacophila glareosa</i> McLachlan, 1867							+								1
	<i>Rhyacophila hirticornis</i> McLachlan, 1879							+								1
	<i>Rhyacophila intermedia</i> McLachlan, 1868							+								1
	<i>Rhyacophila laevis</i> Pictet, 1834						+								+	2
	<i>Rhyacophila</i> cf. <i>obliterata</i> McLachlan, 1863							+								1
	<i>Rhyacophila philopotamoides</i> McLachlan, 1879														+	1
	<i>Rhyacophila</i> cf. <i>praemorsa</i> McLachlan, 1879														+	1
	<i>Rhyacophila pubescens</i> Pictet, 1834								+	+	+	+			+	5
	<i>Rhyacophila simulatrix</i> McLachlan, 1879											+				1
	<i>Rhyacophila</i> spp.									+		+	+		+	4
	<i>Rhyacophila stigmatica</i> Kolenati, 1859								+							1
	<i>Rhyacophila</i> cf. <i>producta</i> McLachlan, 1879								+							1
	<i>Rhyacophila tristis</i> Pictet, 1834								+			+				2
	<i>Rhyacophila</i> cf. <i>vulgaris</i> Pictet, 1834								+							1
GL	<i>Agapetus fuscipes</i> Curtis, 1834					+	+		+			+	+	+		7
	<i>Agapetus nimbulus</i> McLachlan, 1879								+							1
	<i>Agapetus</i> cf. <i>ochripes</i> Curtis, 1834														+	1
	<i>Synagapetus dubitans</i> McLachlan 1879								+	+	+	+				4
	<i>Synagapetus</i> cf. <i>krawanyi</i> Ulmer, 1938								+							1
	<i>Synagapetus moselyi</i> Ulmer, 1938						+									1
PT	<i>Ptilocolepus granulatus</i> (Pictet, 1834)						+		+							2
HT	<i>Agraylea</i> cf. <i>multipunctata</i> Curtis, 1834								+							1
	<i>Hydroptila</i> spp.														+	1
	<i>Oxyethira</i> spp.	+	+	+												3
	<i>Stactobia eatoniella</i> McLachlan, 1880								+							1
	<i>Stactobia moselyi</i> Kimmins, 1949								+							1
PI	<i>Philopotamus ludificatus</i> McLachlan, 1878								+							1
	<i>Philopotamus montanus</i> (Donovan, 1813)														+	1
	<i>Wormaldia copiosa</i> McLachlan, 1868								+							1
	<i>Wormaldia occipitalis</i> (Pictet, 1834)					+	+		+	+	+		+	+		7
PO	<i>Plectrocnemia brevis</i> McLachlan, 1871								+					+	+	3
	<i>Plectrocnemia conspersa</i> (Curtis, 1834)	+	+	+	+	+	+		+				+	+	+	11
	<i>Plectrocnemia geniculata</i> McLachlan, 1871						+	+	+	+	+				+	7

Tabulka 4 pokrač.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	frek.
		Fennoskandie			stř.Evropa			Alpy a Jura				záp.Evropa				
PS	<i>Tinodes dives</i> Pictet, 1834								+							1
	<i>Tinodes maclachlani</i> Kimmins, 1966								+							1
	<i>Tinodes pallidulus</i> McLachlan, 1878								+							1
	<i>Tinodes rostocki</i> McLachlan, 1878														+	1
	<i>Tinodes unicolor</i> (Pictet, 1834)										+					1
HS	<i>Diplectrona felix</i> McLachlan, 1878								+						+	2
	<i>Hydropsyche fulvipes</i> (Curtis, 1834)								+						+	2
PR	<i>Trichostegia minor</i> (Curtis, 1834)														+	1
BR	<i>Micrasema gelidum</i> McLachlan, 1876			+												1
GO	<i>Lithax niger</i> (Hagen, 1859)					+	+			+	+					4
	<i>Silo nigricornis</i> (Pictet, 1834)									+		+				3
	<i>Silo pallipes</i> (Fabricius, 1781)												+	+	+	3
LE	<i>Crunoecia irrorata</i> (Curtis, 1834)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	14
	<i>Crunoecia</i> cf. <i>kempnyi</i> Morton, 1901								+							1
AP	<i>Apatania eatoniana</i> McLachlan 1880									+						1
	<i>Apatania fimbriata</i> (Pictet, 1834)					+	+								+	3
	<i>Apatania muliebris</i> McLachlan 1866					+								+		2
	<i>Apatania</i> cf. <i>zonella</i> (Zetterstedt, 1840).			+												1
LI	Limnephilidae g. sp.	+	+		+	+				+	+		+	+		8
	<i>Cryptothrix nebulicola</i> McLachlan, 1867									+						1
	<i>Drusus annulatus</i> (Stephens, 1837)								+	+		+			+	4
	<i>Drusus biguttatus</i> (Pictet, 1834)								+			+				2
	<i>Drusus chrysotus</i> (Rambur, 1842)								+	+						2
	<i>Drusus destitutus</i> (Kolenati, 1848)								+	+						1
	<i>Drusus discolor</i> (Rambur, 1842)								+							1
	<i>Drusus monticola</i> McLachlan, 1876								+							1
	<i>Drusus trifidus</i> McLachlan, 1868					+										1
	<i>Ecclisopteryx</i> cf. <i>asterix</i> Malicky, 1979									+						1
	<i>Ecclisopteryx dalecarlica</i> Kolenati, 1848													+		1
	<i>Metanoea rhaetica</i> Schmid, 1955									+						1
	<i>Consoerophylax consors</i> McLachlan, 1880									+						1
	<i>Enoicyla pusilla</i> (Burmeister, 1839)						+								+	2
	<i>Glyphotaelius pellucidus</i> (Retzius, 1783)			+								+		+		3
	<i>Grammotaulius</i> spp.			+												1
	<i>Limnephilus auricula</i> Curtis, 1834					+									+	2
	<i>Limnephilus bipunctatus</i> Curtis, 1834														+	1
	<i>Limnephilus centralis</i> Curtis, 1834			+	+	+									+	4
	<i>Limnephilus coenosus</i> Curtis, 1834			+	+	+										3
	<i>Limnephilus extricatus</i> McLachlan, 1865			+										+	+	3
	<i>Limnephilus flavicornis</i> (Fabricius, 1787)			+												1
	<i>Limnephilus hirsutus</i> (Pictet, 1834)														+	1
	<i>Limnephilus ignavus</i> McLachlan, 1865	+	+												+	3
	<i>Limnephilus lunatus</i> Curtis, 1834	+	+											+	+	4
	<i>Limnephilus rhombicus</i> (Linnaeus, 1758)			+												1
	<i>Limnephilus</i> cf. <i>sericeus</i> (Say, 1824)			+												1
	<i>Limnephilus sparsus</i> Curtis, 1834					+									+	2
	<i>Limnephilus</i> spp.				+		+					+	+	+		6
	<i>Limnephilus stigma</i> Curtis, 1834														+	1
	<i>Rhadicoleptus alpestris</i> (Kolenati, 1848)					+										1
	<i>Annitella obscurata</i> (McLachlan, 1876)								+							1
	<i>Chaetopterygopsis</i> spp.					+										1
	<i>Chaetopteryx fusca</i> Brauer, 1857								+							1
	<i>Chaetopteryx major</i> McLachlan, 1876						+									1
	<i>Chaetopteryx sahlbergi</i> McLachlan, 1876			+												1
	<i>Chaetopteryx</i> spp.					+				+						2
	<i>Chaetopteryx villosa</i> (Fabricius, 1789)	+	+	+	+							+	+	+		8
	<i>Pseudopsilopteryx zimmeri</i> (McLachlan, 1876)							+	+		+					3

Tabulka 4 pokrač.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	frek.
	Fennoskandie			stř.Evropa			Alpy a Jura					záp.Evropa			
								+	+						2
								+							1
								+							1
			+	+											2
												+			1
								+							1
	+	+	+												3
								+	+						2
									+		+			+	3
		+	+	+									+	+	5
														+	2
		+	+					+				+	+		5
					+					+			+		3
											+				1
				+	+			+				+	+	+	6
						+		+				+			5
														+	2
		+										+			2
	+	+	+	+		+		+		+		+	+	+	10
			+						+	+					3
												+	+		2
															1
															1
SE		+			+	+	+	+			+	+	+		8
									+	+				+	3
OD								+	+		+				3
BE						+			+			+	+	+	5
					+	+			+			+	+	+	6
						+	+	+				+	+	+	6
LC					+										1
						+	+							+	3
															počet taxonů
	8	27	16	16	17	15	12	52	19	11	27	25	23	41	

5. MATERIÁL A METODY

5.1 Charakteristika studovaného území a lokalit

Studovanými lokalitami jsou pramenné stružky slatinišť v oblasti Západních Karpat na Slovensku a v České republice. Celkem se jedná o 58 lokalit v nadmořské výšce 405–930 m n.m. ve Vnějších i Vnitřních Západních Karpatech (obr. 1).



Obrázek 1: Vyznačení studovaných lokalit na mapě (červeně lokality Vnějších Západních Karpat, žlutě Vnitřních Západních Karpat; podklad z <https://maps.google.cz/>).

Chemismus vody prameništých slatinišť je ovlivněn geologií území. Vnější Západní Karpaty se vyznačují flyšovým podložím třetihorního původu se střídajícími se vrstvami pískovce a jílovce (POPRAWA & NEMČOK 1988). V jihozápadní části území (Bílé Karpaty, Strážovské vrchy) převládají v podloží slíny, vápnité pískovce, jílovce a vápence. Proto i vody prameništých slatinišť mají velký obsah vápníku a hořčíku, navíc v chladné pramenné vodě dochází ke srážení pěnovce. Slatiniště v severovýchodní oblasti moravsko-slovenského pomezí jsou charakteristická zvýšeným obsahem sodíku, draslíku, křemíku a železa (HÁJEK et al. 2002), v podloží převažují pískovce. V nejsevernější části převládají odvápněné pískovce s velkým obsahem železa, vody jsou zde proto acidické, obsahující železo, křemík a sulfáty (HÁJEK et al. 2002). Podobné charakteristiky jako u moravsko-slovenského pomezí platí i pro východní část Vnějších Západních Karpat (Beskydy a Oravský region). Vnitřní Západní Karpaty se vyznačují komplikovější geologickou strukturou, skládají se z jádra z prvohorních krystalických břidlic překrytých druhohorními horninami (břidlicemi, pískovci, vápenci, dolomity), které jsou dále pokryty ještě třetihorními vrstvami (POPRAWA & NEMČOK 1988). Proto mají i pramenné vody v této oblasti různorodý chemismus (RAPANT et al. 1996). V

Západních Karpatech severovýchodním směrem klesá průměrná roční teplota a přibývá srážek (POULÍČKOVÁ et al. 2005).

Jako hlavní faktor ovlivňující společenstvo prameništích slatinišť se jeví gradient minerální bohatosti (tzv. poor-rich gradient). Podél tohoto gradientu lze slatiniště rozdělit na 5 vegetačních typů: vápnitá se srážením pěnovce, extrémně minerálně bohatá bez srážení pěnovce, s kalcitolerantními rašeliníky (minerálně středně bohatá), mírně bohatá a přechodová (chudá; HÁJEK et al. 2006, HÁJEK & HÁJKOVÁ 2007). Od chudých po bohatá slatiniště stoupá koncentrace vápníku, hořčíku, sodíku, draslíku, síranů a křemíku ve vodě, pH a konduktivita; naopak klesá obsah amonných iontů ve vodě a množství organického dusíku a uhlíku (HÁJEK et al. 2002). Změny společenstva podél gradientu minerální bohatosti byly zaznamenány v Západních Karpatech nejen u cévnatých rostlin, mechů a rozsivek (HÁJEK et al. 2002, FRÁNKOVÁ et al. 2009), ale i u krytenek, vířníků, měkkýšů, vodních opaskovců a dvoukřídlých (HORSÁK & HÁJEK 2003, BOJKOVÁ et al. 2011, HÁJKOVÁ et al. 2011, OMELKOVÁ et al. 2013).

Studované pramenné stružky se značně liší fyzikálními i chemickými vlastnostmi a charakterem substrátu. Podle typu slatiniště, kterým protékají, je můžeme rozdělit na (i) stružky protékající pěnovcovými slatiništi, (ii) stružky protékající bazickými slatiništi a (iii) stružky protékající rašelinnými slatiništi (RÁDKOVÁ 2011). Naměřené hodnoty pH vody ve stružkách se pohybují od 4,5 do 8,5 (průměr a směrodatná odchylka ze všech měření je $7,47 \pm 0,87$), vodivosti od 23 do $609 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ($331,13 \pm 174,47$) a teploty vody od 3 do 23°C ($12,29 \pm 3,20$). Maximální naměřená hloubka je 25 cm a minimální 0,05 cm ($3,19 \pm 3,06$), průtok dosahoval maximálně $2,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, při malých hloubkách byl neměřitelný ($267,83 \pm 388,63$). Substrát dna je tvořen jak organickým materiálem (jemným – FPOM a hrubým – CPOM), tak i anorganickým materiálem různého charakteru (kompaktní substrát, bahno, písek, štěrk, kameny).

5.2. Metodika

5.2.1 Odběr vzorků

Pro bakalářskou práci byl použit jednak materiál ze vzorků makrozoobentosu odebraných v roce 2006 a 2010 na 23 lokalitách v oblasti moravsko-slovenského pomezí, které zpracovávala Vanda Rádková v rámci své diplomové práce (RÁDKOVÁ 2011), a jednak ze vzorků nových, odebraných v letech 2011 a 2012 na 35 lokalitách

v oblasti Vnějších Západních Karpat i Vnitřních Západních Karpat. Vzorky byly odebírány ve dvou sezónách (jaro, podzim), celkový počet je 112 (na 4 lokalitách nebyly na podzim odebrány vzorky z důvodu vyschnutí stružky). Vzorkování proběhlo v homogenním úseku stružky, v němž bylo určeno 10 plošek o rozměrech 25 x 25 cm podle zastoupení jednotlivých mesohabitatů. Z těchto ploch byl semikvantitativně odebrán směsný vzorek. Odebraný materiál byl proplaven přes sítku s oky o velikosti 500 μm a uložen do plastových vzorkovnic, kde byl zafixován formaldehydem na výslednou koncentraci 4 %.

Na lokalitách byly také měřeny fyzikální a chemické proměnné. Rychlost proudění a hloubka vody byly měřeny desetkrát na každé lokalitě (na ploškách, ze kterých se odebíral vzorek), z naměřených hodnot byl vypočítán průměr. Přibližný objem vody protékající stružkou byl odečten z odměrné nádoby, do níž byla zachycována voda pomocí pružné fólie po dobu tří sekund. Dále bylo v každé stružce měřeno pH vody, teplota, konduktivita, obsah rozpuštěného kyslíku a redox potenciál. Vizuálně bylo odhadnuto složení substrátu z jednotlivých velikostních frakcí: kameny, štěrk, písek, bahno, kompaktní substrát, jemné organické sedimenty (FPOM) a hrubá partikulovaná hmota (CPOM). Na podzim byla na většině lokalit odebrána voda a chemickou analýzou byly zjištěny koncentrace iontů Cl^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Zn, Cu a Al.

Vzorky makrozoobentosu byly zpracovány v laboratoři. Živočichové byli ručně vybráni za pomoci binokulární lupy a stereomikroskopu, roztřídění a uloženi do epruvet se 70% lihem. Chrostíci byli determinováni podle klíčů LECHTHALER & STOCKINGER (2005) a WARINGER & GRAF (2011). Druhy byly rozděleny do 5 kategorií prameništtních organismů (krenobiontní, krenofilní, lotické, lentické a eurytopní) na základě habitatových preferencí a do 6 potravních strategií (škrabači, kouskovači, sběrači, predátoři, filtrátoři, xylofágové) na základě převažující potravní strategie podle GRAF et al. (2008).

5.2.3 Hodnocení dat

Základní zpracování dat proběhlo v programu Microsoft Excel. Byly sloučeny vzorky z jarní a podzimní sezóny z dané lokality – abundance byly sečteny a z naměřených abiotických proměnných byl vypočítán průměr. V programu byly

vytvořeny také grafy a tabulky frekvencí a abundancí jednotlivých taxonů, habitatových kategorií a potravních strategií.

V programu Statistica 12 (STATSOFT INC. 2013) byly vypočítány hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu mezi jednotlivými proměnnými prostředí. Na základě výsledné korelační matice bylo vybráno 16 proměnných, které nejsou navzájem výrazně korelované (korelace menší než 0,57) a dobře popisují gradienty v souboru lokalit. Hodnoty pro vápník a hořčík byly sečteny.

Ordinační analýzy byly provedeny v programu Canoco 5 (TER BRAAK & ŠMILAUER 2012). Z analýz byla vyloučena lokalita Vadičov z důvodu významné odlišnosti druhového složení od ostatních lokalit, a druh *Limnephilus hirsutus*, který se vyskytoval pouze na této lokalitě. Metodou nepřímé ordinace DCA byla zjištěna délka hlavního gradientu prostředí, která nedosahovala 4 SDU. Pro další analýzy proto byly zvoleny ordinační metody předpokládající lineární odpověď dat na gradienty prostředí. Druhová data byla před vstupem do ordinačních analýz logaritmicky transformována ($\log(x+1)$). Lokality byly klasifikovány do tří skupin podle typu pramenné stružky (viz. kap. 5.1).

Byla provedena nepřímá ordinační analýza PCA dat o proměnných prostředí (faktorová analýza) pro zjištění hlavních gradientů daných těmito abiotickými podmínkami. Čtyři lokality (Dobšená, Javorůvky, Hanušová, Vřesová stráž) byly z analýzy vyloučeny z důvodu chybějících dat v proměnných. Nepřímá ordinační analýza PCA byla použita také na data o počtu taxonů na jednotlivých lokalitách, čímž byly zjištěny směry variability lokalit z hlediska druhového složení společenstva chrostíků. Pasivně byly do ordinačních diagramů promítnuty proměnné prostředí, které signifikantně korelují s pozicí lokalit na obou osách. Dále byla provedena přímá ordinace RDA s využitím metody postupného výběru proměnných (Forward selection). Statistická významnost proměnných na hladině pravděpodobnosti upravené Bonferroniho korekcí ($p < 0,0031$) byla otestována Monte Carlo permutačním testem při 999 permutacích.

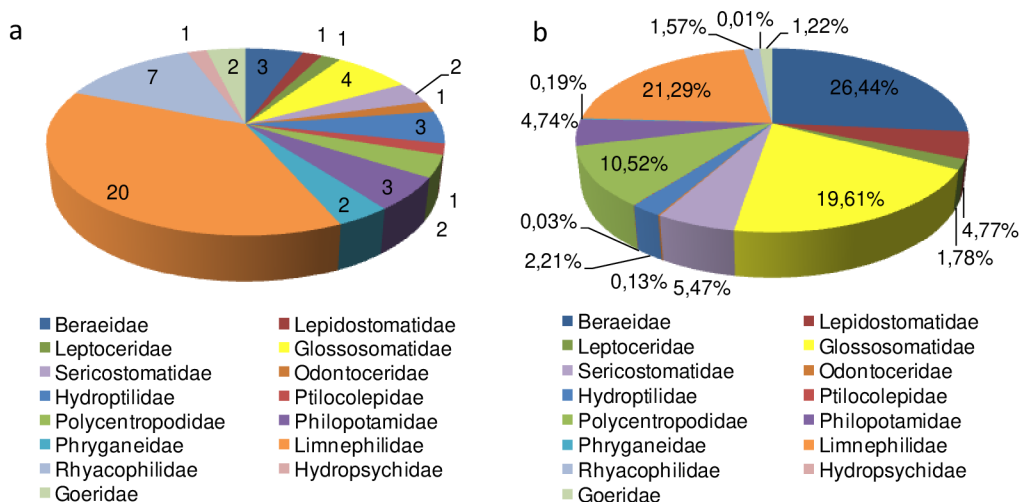
V programu Statistica 12 byly testovány korelace skóre vzorků na 1. až 4. ordinační ose PCA vycházející z druhových dat a proměnných prostředí pomocí Spearmanova korelačního koeficientu na hladině významnosti $p < 0,05$ a $p < 0,0023$ (upraveno Bonferroniho korekcí).

6. VÝSLEDKY

6.1 Složení taxocenózy chrostíků

Ve vzorcích z 58 studovaných lokalit bylo určeno celkem 53 taxonů chrostíků, z nich bylo do druhu určeno 43. Zbylých 10 taxonů není možno v larválním stadiu jednoznačně determinovat do druhu (např. *Hydroptila* sp., *Chaetopteryx fusca/villosa/polonica*) nebo je nelze určit v časných larválních instarech (Limnephilidae g. sp. juv. s jednoduchými žábrami, *Limnephilus* sp. juv.). Taxony zastupují 32 rodů a 15 čeledí. Druhově nejbohatší čeledí je Limnephilidae zahrnující více než třetinu všech taxonů (20), následuje ji čeleď Rhyacophilidae (7) a Glossosomatidae (4). Srovnání počtu druhů v jednotlivých čeledích uvádí obrázek 1a.

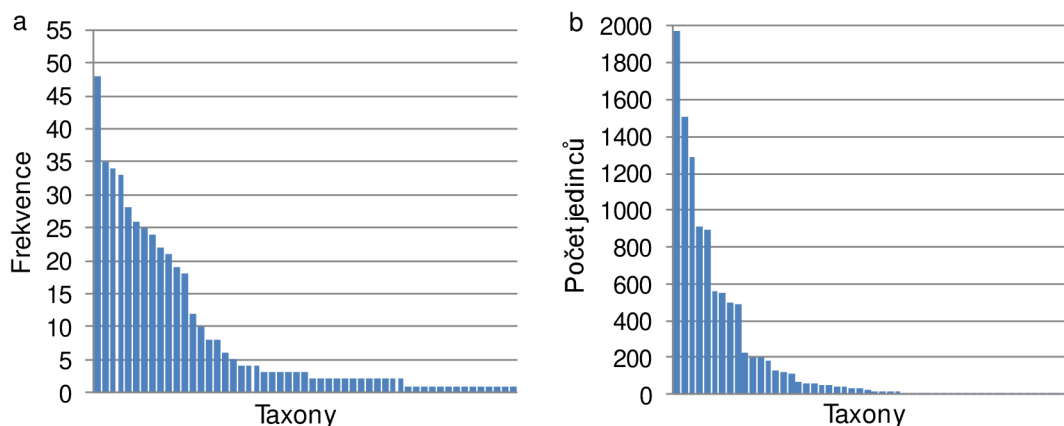
Celkem bylo nalezeno 10397 jedinců chrostíků (obr. 1b). Největší podíl na celkové abundanci představuje čeleď Beraeidae (26,4 %) díky vysoké početnosti všech tří taxonů této čeledi. Následuje čeleď Limnephilidae (21,3 %), kde převažují bližší neurčení juvenilní jedinci, a Glossosomatidae (19,6 %) s dominantním druhem *Agapetus fuscipes*. Naopak např. druhově početná čeleď Rhyacophilidae představuje pouze 1,6 % všech jedinců.



Obrázek 2: Počty taxonů v jednotlivých čeledích chrostíků (a) a podíl zastoupení čeledí na celkovém počtu jedinců v procentech (b).

Frekvence výskytu taxonů na lokalitách se pohybuje od 1 do 48 (obr. 3a), nejfrekventovanější taxony jsou uvedeny v tabulce 4a. Pouze 4 taxony se vyskytovaly na více než polovině lokalit, většina byla nalezena ve velmi malém množství stružek (14 taxonů pouze na jedné lokalitě, 12 na dvou lokalitách). Celkový počet jedinců

jednotlivých taxonů se pohyboval od 1 do 1969 (obr. 3b), taxony s abundancí přesahující 100 jedinců jsou uvedeny v tabulce 4b. Druh s největším počtem jedinců dalece převyšujícím ostatní taxony je *Agapetus fuscipes*, přestože byl nalezen pouze na 12 lokalitách. Podobně rod *Hydroptila* sp. (227 jedinců) se vyskytoval jen na 3 lokalitách a *Drusus discolor* (197 jedinců) pouze na 2 lokalitách. Ostatní taxony s velkým počtem jedinců mají i poměrně velkou frekvenci výskytu.



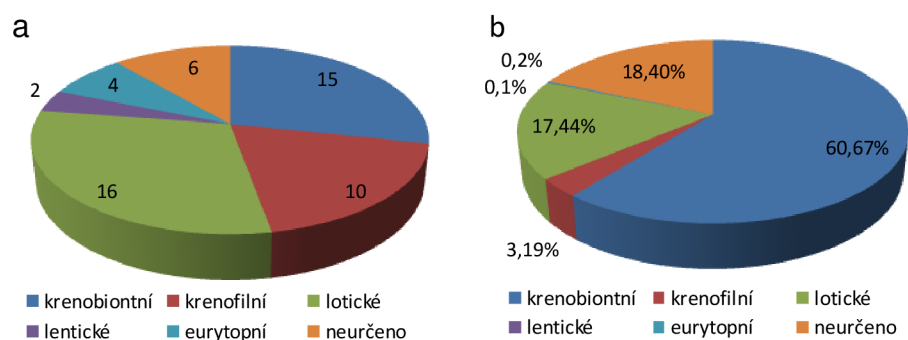
Obrázek 3: Frekvence výskytu jednotlivých taxonů na lokalitách (a) a počet jedinců jednotlivých taxonů (b).

Tabulka 4: Taxony s největší frekvencí výskytu na lokalitách (a) a s nejvyšší celkovou abundancí (b).

	frek.		abun.
Limnephilidae g. sp. juv. s jedn. žábr.	48	<i>Agapetus fuscipes</i>	1969
<i>Ernodes articularis/vicinus</i>	35	Limnephilidae g. sp. juv. s jedn. žábr.	1506
<i>Beraea pullata</i>	34	<i>Beraea maurus</i>	1287
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	33	<i>Beraea pullata</i>	910
<i>Wormaldia occipitalis</i>	28	<i>Plectrocnemia conspersa</i>	897
<i>Potamophylax nigricornis</i>	26	<i>Sericostoma personatum/schneiderii</i>	555
<i>Sericostoma personatum/schneiderii</i>	25	<i>Ernodes articularis/vicinus</i>	552
<i>Beraea maurus</i>	24	<i>Crunoecia irrorata</i>	496
<i>Crunoecia irrorata</i>	22	<i>Wormaldia occipitalis</i>	485
<i>Chaetopteryx fusca/villosa/polonica</i>	21	<i>Hydroptila</i> spp.	227
<i>Plectrocnemia brevis</i>	19	<i>Plectrocnemia brevis</i>	197
<i>Adicella filicornis</i>	18	<i>Drusus discolor</i>	197
<i>Agapetus fuscipes</i>	12	<i>Adicella filicornis</i>	185
<i>Potamophylax cingulatus/luctuosus/latipennis</i>	10	<i>Limnephilus</i> sp. juv.	126
<i>Chaetopteryx major</i>	8	<i>Chaetopteryx fusca/villosa/polonica</i>	124
<i>Limnephilus</i> sp. juv.	8	<i>Potamophylax nigricornis</i>	108

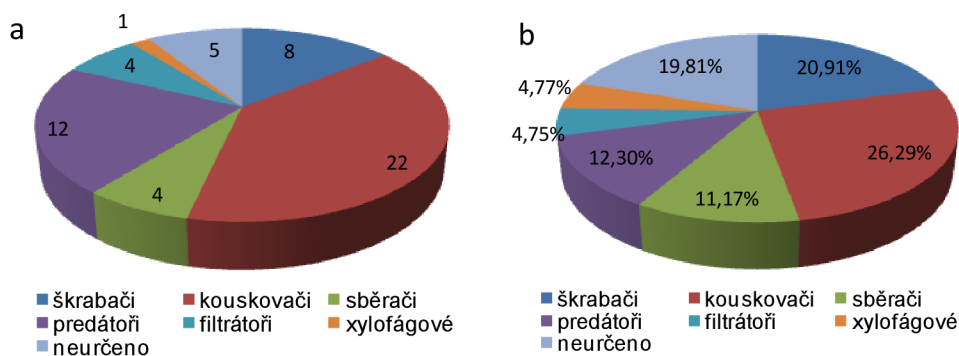
Druhy byly rozděleny do 5 kategorií prameništtních organismů (krenobiontní, krenofilní, lotické, lentické a eurytopní) na základě habitatových preferencí. Zhlediska počtu taxonů v jednotlivých kategoriích (obr. 4a) je nejvíce druhů lotických (16),

následují krenobiontní (15) a krenofilní (10). Chrostíci pro prameny typické (krenobiontní a krenofilní) tedy tvoří téměř polovinu všech taxonů. Mezi lentické byly zařazeny 2 druhy, mezi eurytopní 4 druhy. Zhlediska podílu na celkové abundanci (obr. 4b) tvoří největší podíl krenobiontní chrostíci (60,7 %) a s krenofilními druhy (3,2 %) tak tvoří zhruba 2/3 všech jedinců. Lotické druhy tvoří menší podíl jedinců (17,4 %), pravděpodobně by se k nim však řadila řada neurčených jedinců z čeledi Limnephilidae. Lentické a eurytopní tvoří zanedbatelný podíl z celkové abundance (0,1 % a 0,2 %).



Obrázek 4: Počty taxonů v jednotlivých kategoriích prameništtních organismů (a) a podíl jednotlivých kategorií na celkovém počtu jedinců (b).

Druhy byly rozděleny do 6 potravních strategií (škrabači, kouskovači, sběrači, predátoři, filtrátoři, xylofágové) na základě převažující potravní strategie. Zhlediska počtu druhů v jednotlivých kategoriích (obr. 5a) převažují kouskovači (22) následovaní predátory (12) a škrabači (8). Jako filtrátoři se živí 4 druhy, stejný počet spadá mezi sběrače. Mezi xylofágní druhy patří pouze *Crunoecia irrorata*. Zhlediska abundance (obr. 5b) je největší podíl jedinců tvořen kouskovači (26,3 %) a škrabači (20,9 %). Množství predátorů a sběračů je podobné (12,3 % a 11,2 %), filtrátoři tvoří nejmenší podíl (4,8 %).

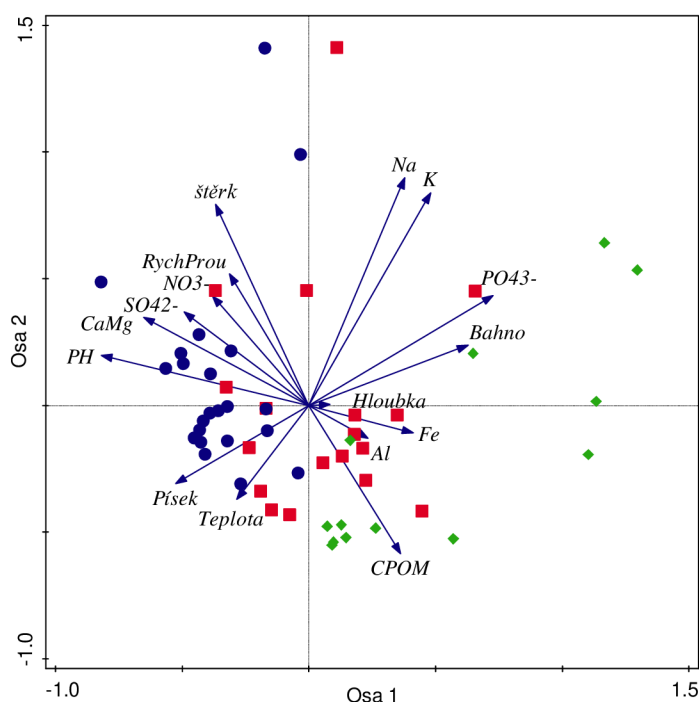


Obrázek 5: Počty taxonů řadících se k jednotlivým potravním strategiím (a) a podíl chrostíků náležících k jednotlivým potravním strategiím na celkovém počtu jedinců (b).

6.2 Charakteristika studovaných lokalit na základě proměnných prostředí

Ordinační diagram PCA dat o proměnných prostředí (faktorová analýza) ukazuje hlavní gradienty v proměnných prostředí naměřených na studovaných lokalitách (obr. 6). Šestnáct abiotických faktorů vybraných tak, aby spolu jednotlivé proměnné silně nekorelovaly, vysvětluje na prvních dvou osách 37,6 % variability.

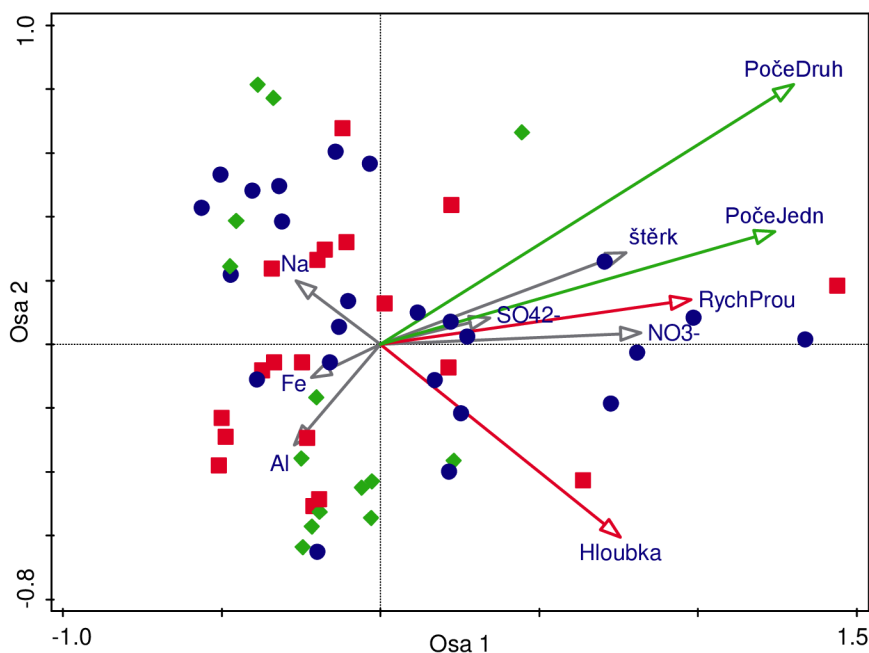
Podél první osy se mění zejména složení substrátu, minerální bohatost vody vyjádřená pH a koncentrací kationtů a rychlost proudu. Směrem doleva se mění substrát ze silně organického (množství CPOM) na anorganický (množství štěrku a s ním pozitivně silně korelující množství kamenů a negativně množství FPOM, viz příloha 2) a zvyšuje se pH vody, množství vápníku a hořčíku a s nimi korelovaná konduktivita vody (příloha 2). Stoupá též rychlost proudění, s nímž silně pozitivně koreluje obsah kyslíku rozpuštěného ve vodě a negativně množství FPOM, zvyšuje se též množství síranů a dusičnanů a klesá obsah železa a hliníku. Gradient představovaný první osou také odráží klasifikace lokalit podle typu slatiniště. V levé části diagramu jsou umístěny stružky protékající pěnovecovými slatiništi vyznačující se právě vysokými hodnotami pH a konduktivity, extrémně velkým obsahem vápníku a hořčíku a kamenitým až písčitém substrátem. Stružky protékající bazickými slatiništi jsou rozmístěny nejvíce ve středové části diagramu, jsou charakteristické převážně písčitém či bahnitým substrátem, voda je stále minerálně bohatá a má malou rychlost proudění. Na pravé straně diagramu jsou pak zobrazeny stružky protékající rašelinnými slatiništi, jejichž substrát je tvořen především organickým materiálem, voda má nízké pH, větší hloubku a vysoký obsah hliníku a železa. Podél druhé osy se směrem k horní části diagramu mění substrát od písčitého k bahnitému, klesá teplota a přibývá množství sodíku, draslíku a fosforečnanů.



Obrázek 6: Ordinační diagram PCA lokalit na základě proměnných prostředí. Modré kruhy – stružky protékající pěnovcovými slatiništi, červené čtverce – stružky protékající bazickými slatiništi, zelené kosočtverce - stružky protékající rašelinnými slatiništi.

6.3 Faktory prostředí ovlivňující strukturu společenstva chrostíků ve stružkách

V ordinačním diagramu PCA druhových dat jsou zobrazeny lokality rozmístěné na základě složení společenstva chrostíků a pasivně jsou promítnuty statisticky významné proměnné prostředí (obr. 7). Korelace proměnných se skóre lokalit na jednotlivých osách ordinačního diagramu je uvedena v tabulce 5. Hlavní gradient probíhající podél první osy (20,1 % vysvětlené variability) je charakterizován zejména zvyšující se rychlostí proudění a částečně i hloubkou vody. Směrem k pravé části diagramu se zvyšuje také množství dusičnanových iontů a snižuje množství železa, sodíku a hliníku. Stejným směrem se přibývá počet druhů a jedinců chrostíků. Druhý významný gradient podél druhé osy ordinačního diagramu (15,1 % vysvětlené variability) je tvořen zejména hloubkou vody a částečně změnami substrátu. Směrem k horní části diagramu se snižuje hloubka a substrát se mění z organického na anorganický. Tímto směrem také stoupá počet druhů. Po Bonferroniho korekci významně koreluje s prvními dvěma osami pouze hloubka a rychlost proudění. Rozložení lokalit podél prvních dvou os neodpovídá kategorizace lokalit podle typu slatinišť, kterým stružky prochází a který odvodňují.



Obrázek 7: Ordinační diagram PCA lokalit na základě logaritmovaných abundancí chrostitků. Pasivně jsou promítnuty pouze proměnné prostředí statisticky významně korelující s prvními dvěma osami na hladině významnosti $p < 0,05$ (šedé šipky) a $p < 0,0021$ (červené šipky). Zelené šipky zobrazují počet druhů a jedinců. Symboly typů lokalit viz. obr. 6.

Tabulka 5: Spearmanovy korelace mezi skóre lokalit na 1. až 4. ordinační ose a hodnotami proměnných prostředí. Světle zvýrazněné = hodnoty statisticky významné na $p < 0,05$; tmavě zvýrazněné = stat. význ. na hladině $p < 0,0023$ (upraveno Bonferroniho korekcí).

	Osa 1	Osa 2	Osa 3	Osa 4
pH	0,197740	0,218104	0,254422	-0,136647
teplota	-0,114320	-0,212448	0,378015	0,223427
NO ₃ ⁻	0,395847	0,035715	0,078319	-0,192560
PO ₄ ³⁻	-0,083286	0,071026	0,015702	0,018371
SO ₄ ²⁻	-0,023414	0,286998	0,272963	0,121726
CaMg	0,200577	0,216739	0,136941	-0,063276
Na	-0,346146	0,145638	-0,168979	0,115118
K	-0,190981	0,238384	-0,107576	0,118326
Fe	-0,301435	-0,047573	-0,044771	0,043541
Al	-0,336657	0,044444	-0,015450	0,017072
hloubka	0,290969	-0,440473	-0,122118	0,289997
rychlost proudu	0,484841	0,079662	-0,085398	-0,074282
štěrk	0,327138	0,268441	0,023926	-0,039175
písek	0,123986	0,205829	0,092688	-0,114932
bahno	-0,203544	0,186758	-0,217225	-0,160987
CPOM	-0,128871	-0,184110	-0,362644	-0,154338
počet jedinců	0,301642	0,166880	-0,436371	0,112949
počet druhů	0,597630	0,504319	-0,238575	-0,358009

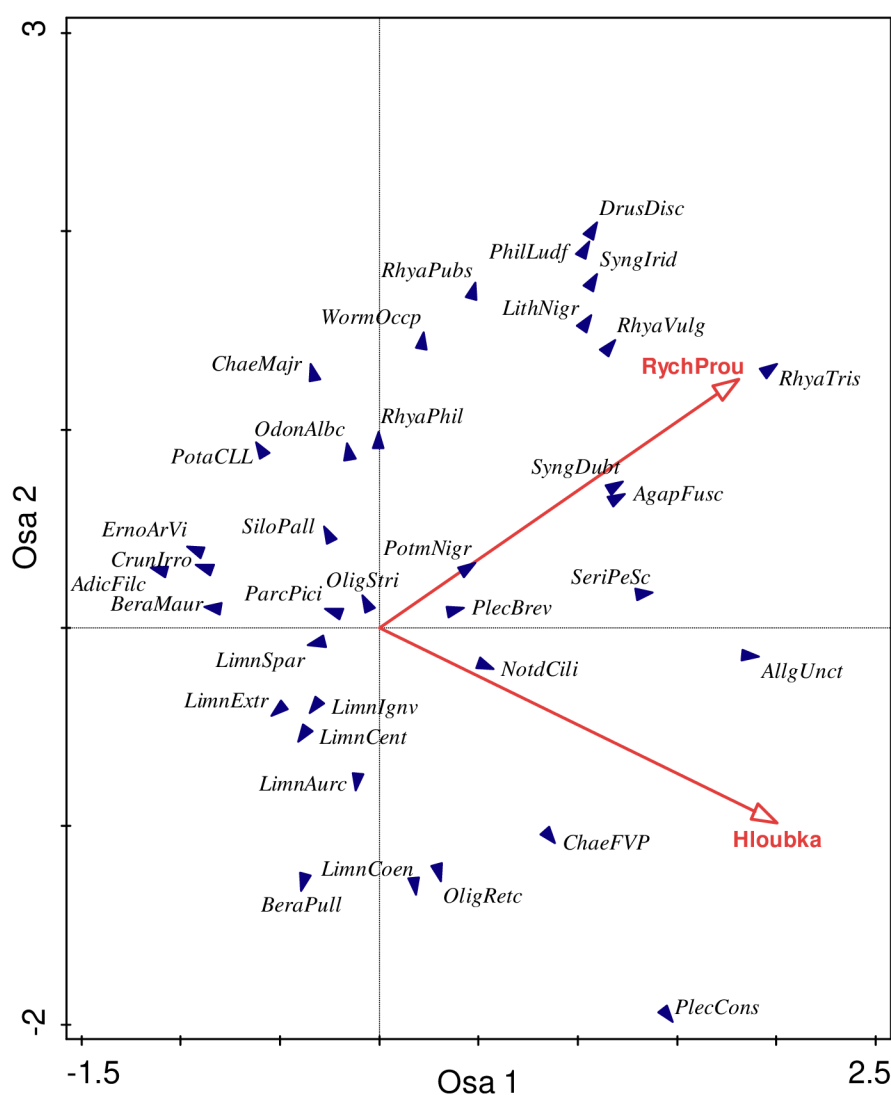
Pro přímou ordinační analýzu RDA druhových dat byly metodou Forward selection vybrány jako signifikantní po Bonferroniho korekci 2 proměnné, a to hloubka a rychlost proudu, což potvrzuje výsledky z PCA analýzy. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 6. Obě vybrané proměnné korelují zejména s první ordinační osou (0,59 a 0,53), méně s druhou osou (-0,35 a 0,44).

Tabulka 6: Výsledky Forward selection. Uvedeno je procento vysvětlené variability, statistická významnost je testovaná na hladině $p = 0,05$ a $p = 0,0031$ (upraveno Bonferroniho korekcí). Označeny jsou vybrané statisticky významné proměnné pro RDA.

	vysvětlená variabilita	P	P(adj)
hloubka	7 %	0,001	0,016
rychlost proudění	6,3 %	0,001	0,016
štěrka	3,6 %	0,018	0,288
Na	4,2 %	0,004	0,064
bahno	2,5 %	0,106	1,000
CPOM	2,3 %	0,140	1,000
NO ₃ ⁻	2,2 %	0,166	1,000
pH	1,9 %	0,260	1,000
písek	1,9 %	0,272	1,000
teplota	1,7 %	0,400	1,000
CaMg	1,8 %	0,278	1,000
SO ₄ ²⁻	1,9 %	0,286	1,000
K	1,7 %	0,363	1,000
PO ₄ ³⁻	1,3 %	0,567	1,000
Al	1,3 %	0,618	1,000
Fe	0,5 %	0,981	1,000
<i>Celkem</i>	41,80%		

Do ordinačního diagramu RDA analýzy byly promítnuty druhy chrostíků, jejichž celková abundance byla vyšší než 3 (obr. 8). V pravé horní části diagramu se shromáždily reofilní druhy preferující štěrkový či písčité substrát – druhy čeledi Rhyacophilidae, většina z čeledi Glossosomatidae (*Agapetus fuscipes*, *Synagapetus* spp.) a Philopotamidae (*Wormaldia occipitalis* a *Philopotamus ludificatus*), dále také *Drusus discolor* a *Lithax niger*. V pravé části v blízkosti první osy nalezneme taxony, které pravděpodobně preferují hluboké a zároveň rychle tekoucí vody (*Sericostoma personatum/scheniderii*, *Potamophylax nigricornis*, *Plectrocnemia brevis*, *Notidobia ciliaris*). V dolní části diagramu v blízkosti korelují druhy s zejména hloubkou vody (*Plectrocnemia conspersa*, *Chaetopteryx fusca/villosa/polonica*, *Beraea pullata*, *Oligostomis reticulata*). V levé dolní čtvrtině diagramu jsou zobrazeny všechny druhy rodu *Limnephilus*, preferující převážně organický substrát, malou hloubku a rychlost proudu. Tomu odpovídá zařazení některých z nich mezi eurytopní (*L. ignavus*, *L.*

extricatus, *L. auricula*) či lentické druhy (*L. coenosus*). Nejvíce nalevo v blízkosti první osy se shromáždily krenobiontní madikolní druhy *Beraea maurus*, *Ernodes articularis/vicinus*, *Crunoecia irrorata*, *Adicella filicornis* a *Parachiona picicornis* preferující nízkou rychlost proudění, malou hloubku a bahnitý substrát. Vpravo nahoře jsou některé lotické a krenofilní taxony (*Chaetopteryx major*, *Potamophylax latipennis/luctuosus/cingulatus*, *Odontocerum albicorne*, *Silo pallipes*), které se vyskytovaly převážně na pěnovcových lokalitách.



Obrázek 8: Ordinační diagram RDA se zobrazenými druhy a statisticky významnými proměnnými prostředí vybranými metodou Forward selection. Nejsou zobrazeny druhy vyskytující se v počtu jedinců 3 a méně. Zkratky druhů viz příloha 1.

6.4 Srovnání zjištěného druhového složení chrostíků s evropskými prameny

Porovnáním druhového složení chrostíků stružek Západních Karpat s prameny Evropy byly zjištěny rozdíly mezi jednotlivými geografickými oblastmi (tab. 5). Dominantní druhy Záp. Karpat v porovnání s frekvencí výskytu v jednotlivých studiiích jsou v tabulce 6. Nejmenší podíl společných druhů (z celkového součtu druhů dané oblasti a Západních Karpat) Evropy je u Fennoskandie (23,8%), která má i nejmenší celkový počet taxonů, a to i přes vysoký počet studovaných lokalit. Hodně významných druhů Karpat zde nebylo vůbec nalezeno, neboť se zde nachází severní hranice jejich areálu (druhy čeledi Beraeidae, *Wormaldia occipitalis*, *Agapetus fuscipes*). V Alpách a Juře je 30,9 % společných druhů, některé taxony Záp. Karpat byly nalezeny pouze zde (např. *Drusus discolor*, *Hydroptila* spp.). Ve střední Evropě se 35 % společných druhů se podobně výhradně vyskytují taxony *Adicella filicornis*, *Chaetopteryx major*. Západní Evropa má největší procento společných druhů (38 %). Pokud porovnáme procento společných druhů pouze ze souboru karpatských druhů, je nejméně našich druhů v oblasti Fennoskandie (30 %) a ve střední Evropě (42 %) a nejvíce v západní Evropě (54 %) a Alpách a Juře (58 %).

Tabulka 7: Srovnání procentuálního podílu společných druhů (resp. rodů) mezi společenstvem stružek slatinišť Západních Karpat a prameny v jednotlivých geografických oblastech Evropy – procento z celkového součtu druhů v Západních Karpatech a z dané oblasti a procento pouze z počtu druhů Západních Karpat.

oblast	počet prací	celkový počet lokalit	počet taxonů	druhy společné se Záp. Karpaty – procento z celkové sumy druhů	druhy společné se Záp. Karpaty – procento z karpatských druhů
Fennoskandie	3	182	31	23,81%	30%
střední Evropa	3	110	34	35%	42%
Alpy a Jura	5	147	77	30,85%	58%
záp. Evropa	3	211	55	38,03%	54%
Záp. Karpaty	1	58	53	100%	100%

Tabulka 8: Nejvýznamnější druhy Západních Karpat (z hlediska frekvence výskytu na lokalitách a abundance) a jejich frekvence výskytu v dalších oblastech Evropy.

	Fenn.	stř.Evr.	A.a J.	z.Evr.
<i>Ernodes articularis/vicinus</i>	-	+	++	+++
<i>Beraea pullata</i>	-	++	+	+++
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	+++	+++	++	+++
<i>Wormaldia occipitalis</i>	-	++	+++	++
<i>Potamophylax nigricornis</i>	+++	++	++	+++
<i>Sericostoma personatum/schneiderii</i>	+	++	+++++	+++
<i>Beraea maurus</i>	-	+	+	+++
<i>Crunoecia irrorata</i>	+++	+++	+++++	+++
<i>Chaetopteryx fusca/villosa</i>	++	++	+++	+++
<i>Plectrocnemia brevis</i>	-	-	+	++
<i>Adicella filicornis</i>	-	+	-	-
<i>Agapetus fuscipes</i>	-	++	++	+++
<i>Potamophylax cingulatus/luctuosus/latipennis</i>	++	+	++	+++
<i>Chaetopteryx major</i>	-	+	-	-
<i>Hydroptila spp.</i>	-	-	+	-
<i>Drusus discolor</i>	-	-	+	-

7. DISKUZE

7.1 Druhové složení chrostíků pramenných stružek Západních Karpat a dalších oblastí Evropy

Dominantní čeledě a druhy stružek Západních Karpat jsou srovnatelně významné i ve stružkách dalších oblastí Evropy (viz tab. 2 a obr. 2, tab. 8). Nejpočetnější čeledí stružek Západních Karpat i všech ostatních geografických oblastí jsou Limnephilidae (21 taxonů), což může být dáno tím, že je to druhově nejbohatší čeleď chrostíků v Palearktické oblasti (524 druhů, DE MOOR & IVANOV 2008) i u nás (74 v ČR a 72 na Slovensku, CHVOJKA & NOVÁK 2001, CHVOJKA & KOMZÁK 2008). Také je to jedna z ekologicky nejdiversifikovanějších čeledí chrostíků a na severní polokouli mají chrostíci této čeledi nezastupitelnou roli v akvatických ekosystémech jako kouskovači a detritovoři (WIGGINS 2004). V této čeledi byli nalezeni zástupci všech kategorií prameništích organismů (krenobiontní, krenofilní, lotické, lentické i eurytopní). Krenobiontní druh *Potamophylax nigricornis* dosahoval z čeledi Limnephilidae největší frekvence v Západních Karpatech i v ostatních oblastech Evropy. *Chaetopteryx villosa* a *P. cingulatus* jsou také významně zastoupeny v evropských prameništích, zato *Ch. major* byl z ostatních studií nalezen pouze v Německu (FISCHER et al. 1998).

Druhá u nás nejpočetnější čeleď je Rhyacophilidae, z dalších oblastí Evropy je početná zejména v Alpách. To souvisí pravděpodobně s jejich biologií, neboť se jedná o chrostíky obývající především přežnaté chladné toky (i když existuje i řada eurytopních druhů), takže velká diverzita čeledi je situována do horských oblastí (WIGGINS 2004). V prameništích Západních Karpat je nejčastějším druhem krenofilní *Rhyacophila pubescens*, který je vázaný na toky se srážením pěnovce v horských oblastech střední Evropy (ENGELHEARDT et al. 2008). Také v Západních Karpatech byl nalézán zejména na stružkách protékajících pěnovcovými slatiništi. Jako krenobiont je označován i *R. philopotamoides*, ostatní druhy jsou lotické. V Alpách bylo nalezeno několik dalších krenobiontních (např. *R. bonaparti*, *R. hirticornis*) a krenofilních (*R. stigmatica*, *R. producta*) druhů rodu *Rhyacophila*, které se jinde nevyskytovaly.

Nejvýznamější z hlediska celkové abundance ve stružkách Západních Karpat je čeleď Beraeidae tvořící více než čtvrtinu jedinců. *Ernodes articularis/vicinus* a *Beraea pullata* jsou také nejčastěji se vyskytujícími druhy nalezenými na více než polovině lokalit, největší abundance však dosahoval druh *B. maurus*. Tyto druhy byly nalezeny

ve všech geografických oblastech kromě Fennoskandie, neboť severní hranice jejich rozšíření dosahuje pouze na jih Skandinávie (ANDERSEN 1980). *Beraea maurus* je také uváděn jako jeden z druhů s největší abundancí v evropských pramenech (např. u MARTIN & BRUNKE 2012). Zástupci čeledi Beraeidae spolu s druhy *Crunoecia irrorata* (Leptoceridae) a *Parachiona picicornis* (Limnephilidae) patří mezi typické madikolní druhy. Ty potřebují ke svému životu převážně jemný substrát omývaný pouze tenkou vodou, která je však dobře prokysličená, a detrit, kterým se živí jako kouskovači a sběrači (VAILLANT 1956). Tento specifický habitat jim poskytují právě prameny, zejména helokrény a mělké pramenné stružky, proto zde dosahují tak vysokých abundancí.

Jako nejpodobnější stružkám Západních Karpat na základě druhového složení jsou stružky západní Evropy mimo Alp, následně střední Evropy a alpské oblasti Evropy. Pokud však srovnáme podíl společných druhů ze Západních Karpat, je největší procento našich druhů nalezeno v alpské oblasti (tab. 7). Výhradně s Alpami sdílí Karpaty některé druhy omezené na horské oblasti, jako je *Drusus discolor* (PAULS et al. 2006) či vázané na horní úseky toků (*Rhyacophila pubescens*, *R. tristis*, *Synagapetus dubitans*). Fennoskandie vyšla jako nejméně podobná oblast a druhově nejchudší, neboť areál některých významných taxonů Karpat zde vůbec nezasahuje (Beraeidae, *Agapetus fuscipes*, *Wormaldia occipitalis*, MALICKY et al. 2004). Procento druhů společných s ostatními oblastmi však může být ovlivněno i počtem studovaných lokalit, kterých je např. u západní Evropy téměř dvakrát více než ve střední Evropě (tab. 7), a také úspěšností determinace na druhovou úroveň (v některých studiích např. není určen rod *Limnephilus*; HAHN 2000, MARTIN & BRUNKE 2012). Může zde hrát roli také fakt, že v Západních Karpatech byly zkoumány jen stružky helokrénů, zatímco ve ostatních studiích bylo zahrnuto více typů pramenů (eukrenál typu limnokrénu, helokrénu, reokrénu, různé typy stružek; viz. tab. 1). Studované helokrény Západních Karpat jsou navíc slatiništního charakteru, tedy jsou to mokřady se silným ukládáním organogenních sedimentů a specifickou živinově limitovanou vegetací přizpůsobenou trvalému nadbytku vody (HÁJEK et al. 2002). Stružky protékající slatiništi pak mohou přitahovat i druhy vázané na jiné než pramenné podmínky, např. *Oligostomis reticulata* (Phryganeidae) nalezený pouze v Západních Karpatech na 2 lokalitách preferuje podle SOMMERHÄUSERA et al. (1997) dystrofní vody mokřadů. Studované území se navíc

vyznačuje rozmanitou geologií a proto i chemismem vody (viz kap. 5.1), a velkým podílem slatinišť se srážením pěnovce, která jsou v oblasti Západních Karpat a podhůří Alp běžná, zato téměř chybí ve Fennoskandii (HÁJEK et al. 2002).

Polovina chrostíků nalezených ve slatiných stružkách Západních Karpat se řadí mezi krenobiontní nebo krenofilní druhy (obr. 4a). Podobný podíl krenotypické fauny uvádí MARTIN & BRUNKE (2012) z pramenů severního Německa, FUMETTI & NAGEL (2012) potvrzuje až 43–50 % z pramenů Jury ve Švýcarsku. Naopak málo krenobiontních a krenofilních bezobratlých (25 % z druhů chrostíků) uvádějí HOFFSTEN & MALMQVIST (2000), což odůvodňují vysycháním některých studovaných lokalit, čímž zároveň poukazují na vazbu krenobiontních druhů na permanentní prameny. Typickými krenobionty a krenofily celé Evropy včetně Karpat jsou *Crunoecia irrorata* a *Potamophylax nigricornis*, mimo Fennoskandii jsou významné ještě výše zmíněné madikolní druhy čeledi Beraeidae a *Agapetus fuscipes*. V Západních Karpatech byly nalezeny také některé specifické krenobiontní druhy. *Adicella filicornis* (Leptoceridae) je významný druh studovaných stružek z hlediska frekvence i abundance, z dalších studií byl nalezen pouze na Šumavě (KUBÍKOVÁ et al. 2012). Podle WALLACE (1981) se obvykle vyskytuje na kamenitém substrátu a v mechu ve velmi drobných tocích v blízkosti pramenů. Ve studovaných stružkách se však vyskytuje na různých substrátech, upřednostňuje malou hloubku a nízkou rychlost proudu, a řadil by se tedy spíše k madikolní druhům (obr. 8). Podobně významný karpatský krenobiont *Plectrocnemia brevis* byl nalezený pouze v Západní Evropě a Alpách. Podle WALLACE & WALLACE (1983) se obvykle vyskytuje v tocích se srážením pěnovce, ve studované oblasti byl však nalézán také ve stružkách bazických a rašelinných. Krenobionti *Synagapetus iridipennis* (nebyl uveden v žádné ze studovaných evropských prací) a *S. dubitans* (nalézáný pouze v Alpách) jsou vázáni na horské oblasti, stejně tak krenofilní *Drusus discolor* (GRAF et al. 2008). Naopak významným krenobiontem evropských pramenů, který nebyl zjištěn ve stružkách Západních Karpat, je např. *Plectrocnemia geniculata*. V ČR je tento druh veden jako zranitelný (CHVOJKA et al. 2005) a na Slovensku dosud zaznamenán nebyl (CHVOJKA & NOVÁK 2001).

7.2 Faktory ovlivňující složení taxocenóz chrostíků v pramenných stružkách

Vícerozměrnými analýzami byly určeny jako hlavní proměnné, které ovlivňují složení taxocenózy chrostíků ve stružkách, hloubka a rychlost proudu (tab. 6). Faktor rychlost proudění souvisí s množstvím rozpuštěného kyslíku ve vodě a celkovým průtokem, které s rostoucí rychlostí proudu rostou, a také s množstvím jemné organické hmoty v substrátu, jenž naopak s rostoucí rychlostí klesá (viz příloha 2). Počet druhů a jedinců chrostíků stoupá podél hlavního gradientu tvořeného těmito společně působícími proměnnými (viz obr. 7). Charakter proudění je spolu se substrátem hlavním faktorem rozdělovacím základní typy pramenů a proto často bývá statisticky významnou proměnnou i v dalších studiích pramenišť. ILMONEN & PAASIVIRTA (2005) určili ve finských pramenech jako hlavní proměnné rychlost proudu a přítomnost minerogenního substrátu, které odlišují faunu lentických (helokrén, limnokrén, mechové koberce) a lotických habitatů (organogenní a minerogenní stružky). Podobně v alpských pramenech má největší vliv na druhové složení a bohatost proudění (MAIOLINI et al. 2011), nejvíce druhů tam bylo nalezeno v rheokrénách a hydropetrických habitatech, nejméně pak v limnokrénu. HOFFSTEN & MALMQVIST (2000) uvádějí průtok jako nejdůležitější faktor ovlivňující faunu švédských pramenů a podle KUBÍKOVÉ et al. (2012) průtok spolu s heterogenitou substrátu určuje druhovou bohatost v pramenech na Šumavě.

Kombinace hloubky a rychlosti proudu znázorněná na prvních dvou osách přímé ordinační analýzy ilustruje preference chrostíků podél gradientu proudových podmínek. Skupina druhů preferující nízké rychlosti proudění a také hloubky zahrnuje především madikolní druhy (viz kap. 7.1). Druhy hlubších stružek s nízkým prouděním jsou především chrostíci s větší mírou preference lentických stanovišť a eurytopní druhy (někteří zástupci rodu *Limnephilus*). Jejich přítomnost může souviset s větším množstvím hrubého organického detritu, který se v těchto stružkách hromadí, a jímž se živí zejména jako kouskovači (GRAF et al. 2008), nebo zde pronikají z přilehlého helokrénu. Na opačné straně gradientu jsou druhy rheofilní a lotické. Proudění vody jsou zde žijící chrostíci specificky přizpůsobeni – predátoři čeledi Rhyacophilidae mají vřetenovité dorzoventrálně zploštělé tělo a tvoří přichytná vlákna, kterými se mohou přichycovat na substrátu (WIGGINS 2004). Škrabači čeledi Glossosomatidae si staví těžké kopulovité schránky z kamenů s velkými otvory, které umožňují průchod proudu

vody k dýchání (WIGGINS 2004). Podobný gradient od lotických k lentickým bezobratlým byl popsán také ZOLLHÖFEREM et al. (2000) v pramenech pohoří Jura.

Z výsledků analýz vyplývá, že klasifikace pramenných stružek podle typu slatiniště, kterým protékají, nelze uplatnit na složení taxocenóz chrostíků. Významnějšími faktory jsou průtokové poměry určené hloubkou a rychlostí proudu a s nimi do jisté míry související substrátové poměry.

8. ZÁVĚR

Chrostíci jsou významnou skupinou bezobratlých v pramenných biotopech, ve kterých tvoří specifické komplexní taxocenózy. Prameny poskytují organismům v nich žijícím relativně stabilní podmínky prostředí dané malým kolísáním fyzikálních a chemických abiotických faktorů, ale naopak je mohou omezovat svou malou velikostí či specifickými proudovými podmínkami. Rozmanitost chrostíků je však v evropských pramenech i pramenných stružkách poměrně vysoká, můžeme zde nalézt zástupce téměř všech v Evropě známých čeledí. Tyto druhy pokrývají všechny kategorie pramenných organismů od úzce specializovaných krenobiontních, krenofilních a madikolních druhů, přes druhy horních úseků tekoucích vod, drobných mokřadů až po druhy široce rozšířené v různých stanovištích.

Tato bakalářská práce měla za cíl popsat strukturu taxocenózy chrostíků v pramenných stružkách protékajících slatiništi v Západních Karpatech. Výsledky ukázaly, že polovina nalezených druhů se řadí mezi krenobiontní a krenofilní a tyto také dosahují největších početností (druhy čeledi Beraeidae, *Agapetus fuscipes*, *Wormaldia occipitalis*, *Potamophylax nigricornis*, *Crunoecia irrorata*). Významně jsou zastoupeny také druhy lotické (*Plectrocnemia conspersa*, *Sericostoma personatum/schneiderii*). Západní Karpaty se v porovnání s prameny jiných oblastí Evropy ukázaly z hlediska dominantních druhů podobné, ale někteří zástupci zde běžní se vyskytují v jiných oblastech ojediněle (*Plectrocnemia brevis*, *Adicella filicornis*). Jako druhově nejpodobnější oblasti se jeví západní Evropa a jako nejméně podobná Fennoskandie.

Výsledky ordinačních analýz ukázaly, že druhové složení taxocenózy chrostíků západokarpatských slatinných stružek signifikantně ovlivňuje rychlost proudu a hloubka vody, s nimiž souvisí také obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě, celkový průtok a množství jemné organické hmoty. Skupina druhů preferující nízké rychlosti proudění a také hloubky odpovídá především madikolním chrostíkům (*Beraea maurus*, *Ernodes articularis/vicinus*, *Crunoecia irrorata*), v hlubších stružkách s nízkým prouděním se vyskytují zejména lentické a eurytopní druhy. Na opačné straně gradientu jsou druhy rheofilní a lotické (*Agapetus fuscipes*, *Wormaldia occipitalis*, *Rhyacophila* spp.).

CITOVANÁ LITERATURA

- ANDERSEN T. 1980: On the occurrence of Beraeidae (Trichoptera) in Western Norway. *Fauna norvegica, Serie B* 27: 22-24.
- ANDERSEN T. & TYSSE Å. 1984: Life cycle of *Chaetopteryx villosa* (Fabricius, 1798) (Trichoptera: Limnephilidae) in a lowland-and a mountain-stream in western Norway. *Aquatic Insects* 6: 217-231.
- BECKER G. 2005: Life cycle of *Agapetus fuscipes* (Trichoptera, Glossosomatidae) in a first-order upland stream in central Germany. *Limnologica* 35: 52-60.
- BOJKOVÁ J., SCHENKOVÁ J., HORSÁK M. & HÁJEK M. 2011: Species richness and composition patterns of clitellate (Annelida) assemblages in the treeless spring fens: the effect of water chemistry and substrate. *Hydrobiologia* 667: 159-171.
- BORNHAUSER K. 1913: Die Tierwelt der Quellen in der Umgebung Basels. *Internationale Revue gesamten Hydrobiologie* Suppl. 5: 1-90.
- CANTONATI M., GERECKE R. & BERTUZZI E. 2006: Springs of the Alps – sensitive ecosystems to environmental change: from biodiversity assessments to long-term studies. *Hydrobiologia* 562: 59-96.
- CAPINERA J.L. 2004: Caddisflies (Trichoptera). In: *Encyclopedia of entomology*. Volume 1 A-E. Kluwer Academic Publishers, Dodrecht, pp. 445-448.
- CIANFICCONI F., CORALLINI C. & MORETTI G.P. 1998: Trichopteran fauna of the Italian springs. In: BOTOSANEANU L. (ed.): *Studies in Crenobiology: The biology of springs and springbrooks*. Backhuys Publishers, Leiden, pp. 125-140.
- DE MOOR F.C. & IVANOV V.D. 2008: Global diversity of caddisflies (Trichoptera: Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 393-407.
- EDINGTON J.M. 1968: Habitat preferences in net-spinning caddis larvae with special reference to the influence of water velocity. *Journal of Animal Ecology* 37: 675-692.
- EDINGTON J.M. & ALDERSON R. 1973: The taxonomy of British psychomyiid larvae (Trichoptera). *Freshwater Biology* 3: 463-478.
- EDINGTON J.M. & HILDREW A.G. 1995: *A revised key to the caseless caddis larvae of the British Isles with notes on their ecology*. Freshwater Biological Association, Ambleside, UK, 134 pp.
- ENGELHARDT C.H., PAULS S.U. & HAASE P. 2008: Population genetic structure of the caddisfly *Rhyacophila pubescens*, Pictet 1834, north of the Alps. *Fundamental and Applied Limnology* 173: 165-176.
- ERMAN N.A. & ERMAN D.C. 1995: Spring permanence, Trichoptera species richness, and the role of drought. *Journal of the Kansas Entomological Society* 68: 50-64.

- FERRINGTON L.C. 1995: Biodiversity of aquatic insects and other invertebrates in springs: introduction. *Journal of the Kansas Entomological Society* 68: 1-3.
- FISCHER J., FISCHER F., WAGNER R. & BOHLE H.-W. 1998: Die Quellfauna der hessischen Mittelgebirgsregion: Besiedlungsstrukturen, Anpassungsmechanismen und Habitatbindung der Makroinvertebraten am Beispiel von Quellen aus dem Rheinischen Schiefergebirge und der osthessischen Buntsandsteinlandschaft. In: BOTOSANEANU L. (ed.): *Studies in Crenobiology: The biology of springs and springbrooks*. Backhuys Publishers, Leiden, pp. 183-199.
- FRÁNKOVÁ M., BOJKOVÁ J., POULÍČKOVÁ A. & HÁJEK M. 2009: The structure and species richness of the diatom assemblages of the Western Carpathian spring fens along the gradient of mineral richness. *Fottea* 9: 355-368.
- FRIBERG N. & JACOBSEN D. 1999: Variation in growth of the detritivore-shredder *Sericostoma personatum* (Trichoptera). *Freshwater Biology* 42: 625-635.
- GERECKE R., MEISCH C., STOCH F., ACRI F. & FRANZ H. 1998: Eucrenon-hypocrenon ecotone and spring typology in the Alps of Berchtesgaden: A study of microcrustacea (Crustacea: Copepoda, Ostracoda) and water mites (Acari: Halacaridae, Hydrachnellae). In: BOTOSANEANU L. (ed.): *Studies in Crenobiology: The Biology of Springs and Springbrooks*. Backhuys Publishers, Leiden: 167-182.
- GERECKE R., STOCH F., MEISCH C. & SCHRANKEL I. 2005: Die Fauna der Quellen und des hyporheischen Interstitials in Luxemburg unter besonderer Berücksichtigung der Milben (Acari), Muschelkrebse (Ostracoda) und Ruderfusskrebse (Copepoda). *Ferrantia* 41: 1-139.
- GLAZIER D.S. 1998: Springs as model systems for ecology and evolutionary biology: A case study of Gammarus minus Say (Amphipoda) in differing in pH and ionic content. In: BOTOSANEANU L. (ed.): *Studies in Crenobiology: The biology of springs and springbrooks*. Backhuys Publishers, Leiden: 49-62.
- GLAZIER D.S. & GOOCH J.L. 1987: Macroinvertebrate assemblages in Pennsylvania (U. S. A.) springs. *Hydrobiologia* 150: 33-43.
- GRAF W., MURPHY J., DAHL J., ZAMORA-MUNOZ C., & LÓPEZ-RODRÍGUEZ M.J. 2008: *Distribution and ecological preferences of European freshwater organisms. Volume 1. Trichoptera*. Pensoft Publishing, Sofia, 388 pp.
- HAHN H.J. 2000: Studies on Classifying of Undisturbed Springs in Southwestern Germany by Macroinvertebrate Communities. *Limnologica* 30: 247-259.
- HÁJEK M. & HÁJKOVÁ P. 2007: Hlavní typy rašelinišť ve střední Evropě z botanického hlediska. *Zprávy České botanické společnosti* 22: 19-28.
- HÁJEK M., HEKERA P. & HÁJKOVÁ P. 2002: Spring fen vegetation and water chemistry in the Western Carpathian flysch zone. *Folia Geobotanica* 37: 205-224.

- HÁJEK M., HORSÁK M., HÁJKOVÁ P. & DÍTĚ D. 2006: Habitat diversity of central European fens in relation to environmental gradients and an effort to standardise fen terminology in ecological studies. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 8: 97-114.
- HÁJKOVÁ P., BOJKOVÁ J., FRÁNKOVÁ M., OPRAVILOVÁ V., HÁJEK M., KINTROVÁ K. & HORSÁK M. 2011: Disentangling the effects of water chemistry and substratum structure on moss-dwelling unicellular and multicellular microorganisms in spring-fens. *Journal of Limnology* 70(suppl. 1): 54-64.
- HARDING D.J.L. 1998: Distribution and population dynamics of a litter-dwelling caddis, *Enoicyla pusilla* (Trichoptera). *Applied Soil Ecology* 9: 203-208.
- HIGLER L.W.G. & SOLEM J.O. 1986: Key to the larvae of North-West European *Potamophylax* species (Trichoptera, Limnephilidae) with notes on their biology. *Aquatic Insects* 8: 159-169
- HILDREW A.G. & WAGNER R. 1992: The briefly colonial life of hatchlings of the net-spinning caddisfly *Plectrocnemia conspersa*. *Journal of the North American Benthological Society* 11: 60-68.
- HINTON H.E. 1981: *Biology of insect eggs*. Pergamon Press, Oxford, 1125 pp.
- HOFFSTEN P.-O. & MALMQVIST B. 2000: The macroinvertebrate fauna and hydrobiology of springs in central Sweden. *Hydrobiologia* 436: 91-104.
- HOLZENTHAL R.W., BLAHNIK R.J., PRATHER A.L., & KJER K.M. 2007: Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), Caddisflies. *Zootaxa* 1668: 639-698.
- HOLZENTHAL R.W., BLAHNIK R.J., PRATHER A. & KJER K. 2010: Trichoptera. Caddisflies. Dostupné z <http://tolweb.org/Trichoptera/8230>. Verze z 20.6.2010.
- HORSÁK M. & HÁJEK M. 2003: Composition and species richness of molluscan communities in relation to vegetation and water chemistry in the western Carpathian spring fens: the poor–rich gradient. *Journal of Molluscan Studies* 69: 349-357.
- HYNES H.B.N. 1970: *The ecology of running waters*. University of Toronto Press, Toronto, 555 pp.
- CHVOJKA P., NOVÁK K. & SEDLÁK E. 2005: Trichoptera (chrostíci). In: FARKAČ J., KRÁL D. & ŠKORPÍK M. (eds.): *Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Red List of Threatened Species in the Czech Republic. Invertebrates*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, pp. 168–171.
- CHVOJKA P. & KOMZÁK P. 2008: The history and present state of Trichoptera research in the Czech Republic. In: MEYER M., NEU P. (eds) *Proceedings of the first conference on faunistics and zoogeography of European Trichoptera*. Luxembourg 2nd - 4th September 2005. Ferrantia 55, Musée national d'histoire naturelle, Luxembourg, pp. 11-21.

- CHVOJKA P. & NOVÁK K. 2001: Additions and corrections to the checklist of Trichoptera (Insecta) from the Czech and Slovak Republics. *Acta Musei Nationalis Pragae, Series B* 56: 103-120.
- ILMONEN J. & PAASIVIRTA L. 2005: Benthic macrocrustacean and insect assemblages in relation to spring habitat characteristics: patterns in abundance and diversity. *Hydrobiologia* 533: 99-113.
- ILMONEN J. 2008: *Crunoecia irrorata* (Curtis) (Trichoptera: Lepidostomatidae) and conservation of boreal springs: indications of clustering of red-listed species. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 18: 6-18.
- ILMONEN J., PAASIVIRTA L., VIRTANEN R. & MUOTKA T. 2009: Regional and local drivers of macroinvertebrate assemblages in boreal springs. *Journal of Biogeography* 36: 822-834.
- ITO T. 1998: The biology of the primitive, distinctly crenophilic caddisflies, Ptilocolepinae (Trichoptera: Hydroptilidae). A review. In: BOTOSANEANU L. (ed.): *Studies in Crenobiology: The Biology of Springs and Springbrooks*. Backhuys Publishers, Leiden, pp. 85-94.
- IVANOV V.D. 1997: Vibrations, pheromones, and communication patterns in Trichoptera. In: *Proceedings of the 8th International Symposium on Trichoptera*. Ohio Biological Survey, Columbus, Ohio, pp. 183-188.
- IVERSEN T.M. 1973: Life cycle and growth of *Sericostoma personatum* Spence (Trichoptera, Sericostomatidae) in a Danish spring. *Entomologica scandinavica* 4: 323-327.
- IVERSEN T.M. 1988: Secondary production and trophic relationships in a spring invertebrate community. *Limnology and Oceanography* 33: 582-592.
- KJER K.M., BLAHNIK R.J. & HOLZENTHAL R.W. 2002: Phylogeny of caddisflies (Insecta, Trichoptera). *Zoologica Scripta* 31: 83-91.
- KOMZÁK P. & CHVOJKA P. 2012: Caddis flies (Trichoptera) of the Bílé Karpaty Protected Landscape Area and Biosphere Reserve (Czech Republic). In: MALENOVSKÝ I., KMENT P. & KONVIČKA O. (eds.) *Species inventories of selected insect groups in the Bílé Karpaty Protected Landscape Area and Biosphere Reserve (Czech Republic)*. Acta Musei Moraviae, Scientiae biologicae (Brno) 96, pp. 697-761.
- KOMZÁK P. & KROČA J. 2011: New faunistic records of Trichoptera (Insecta) from the Czech Republic, IV. *Acta Musei Moraviae, Scientiae Biologicae* 96(1): 189-192.
- KUBÍKOVÁ L., SIMON O.P., TICHÁ K., DOUDA K., MACIAK M. & BÍLÝ M. 2012: The influence of mesoscale habitat conditions on the macroinvertebrate composition of springs in a geologically homogenous area. *Freshwater Science* 3: 668-679.

- LECHTHALER W. & STOCKINGER W. 2005: *Trichoptera. Key to Larvae from Central Europe*. Eutaxa, Vienna.
- LINDEGAARD C. 1995: Chironomidae (Diptera) of European cold springs and factors influencing their distribution. *Journal of the Kansas Entomological Society* 68: 108-131.
- LINDEGAARD C., BRODERSEN K.P., WIBERG-LARSEN P. & SKRIVER J. 1998: Multivariate Analyses of Macrofaunal Communities in Danish Springs and Springbrooks. In: BOTOSANEANU L. (ed.): *Studies in Crenobiology: The biology of springs and springbrooks*. Backhuys Publishers, Leiden, pp. 201-219.
- LUKÁŠ J. & CHVOJKA P. 2011: New faunistic records of Trichoptera from Slovakia. Nové faunistické nálezy chrostíků (Trichoptera) ze Slovenska. *Klapalekiana* 47: 115–117.
- MACKAY R.J. & WIGGINS G.B. 1979: Ecological diversity in Trichoptera. *Annual Review of Entomology* 24: 185-208.
- MAIOLINI B., CAROLLI M. & SILVERI L. 2011: Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera in springs in Trentino (south-eastern Alps). *Journal of Limnology* 70: 122-133.
- MAJECKA K., MAJECKI J. & WALASZEK A. 2011: Important life history traits of *Chaetopteryx villosa* (Fabricius, 1798) (Trichoptera, Limnephilidae). *Zoosymposia* 5: 288-296.
- MALICKY H., BARNARD P. & DE JONG Y.S.D.M. 2004: Trichoptera. Fauna Europaea. Dostupné z http://www.faunaeur.org/full_results.php?id=12238. Verze 1.0. z 27.9.2004.
- MARTIN P. & BRUNKE M. 2012: Faunal typology of lowland springs in northern Germany. *Freshwater Science* 31: 542-562.
- McCABE D.J. & SYKORA J.L. 2000: Community structure of caddisflies along a temperate springbrook. *Archiv für Hydrobiologie* 148: 263-282.
- McCABE D. J. 1998: Biological communities in springbrooks. In: BOTOSANEANU L. (ed.): *Studies in Crenobiology: The Biology of Springs and Springbrooks*. Backhuys Publishers, Leiden: 221-228.
- MORSE J.C. 1997: Phylogeny of trichoptera. *Annual Review of Entomology* 42: 427-450.
- MORSE J.C. 2003: Trichoptera (Caddisflies). In: RESH, V.H. & CARDÉ R.T. (eds.): *Encyclopedia of insects*. Academic Press, Boston, pp. 1145-1151.
- MORSE J.C. 2014: Trichoptera world checklist [online]. Dostupné z: <http://www.clemson.edu/cafls/departments/esps/database/trichopt/>. Verze z 14.3.2014.

- NEBOISS A. 1991: Trichoptera (Caddis-flies, caddises). In: NAUMANN I. D. et al. (eds.): *The Insects of Australia: a textbook for students and research workers*. 2nd ed. Melbourne University Press, Carlton, pp. 787-816.
- NOVÁK K. & SEHNAL F. 1963: The development cycle of some species of the genus *Limnephilus* (Trichoptera). *Časopis Československé společnosti entomologické* 60: 68-80.
- OMELKOVÁ M., SYROVÁTKA V., KŘOUPALOVÁ V., RÁDKOVÁ V., BOJKOVÁ J., HORSÁK M., ZHAI M. & HELEŠIC J. 2013: Dipteran assemblages of spring fens closely follow the gradient of groundwater mineral richness. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 70: 689–700.
- PAULS S.U., LUMBSCH H.T. & HAASE P. 2006: Phylogeography of the montane caddisfly *Drusus discolor*: evidence for multiple refugia and periglacial survival. *Molecular Ecology* 15: 2153-2169.
- POPRAWA D. & NEMČOK J. (eds.) 1988: Geological atlas of the Western Outer Carpathians. *Państwowy Instytut Geologiczny*, Warszawa, 16 pp.
- POULÍČKOVÁ A., HÁJEK M. & RYBNÍČEK K. 2005: *Ecology and palaeoecology of spring fens of the West Carpathians*. Palacký University Press, Olomouc, 209 pp.
- RÁDKOVÁ V. 2011: *Makrozoobentos pramenných stružek slatinišť moravsko-slovenského pomezí*. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Brno.
- RAPANT S., VRANA K. & BODIŠ D. 1996: *Geochemical atlas of Slovakia. Part I Groundwater*. Geologická služba Slovenskej Republiky, Bratislava, 58 pp.
- REISINGER W., BAUERNFEIND E. & LOIDL E. 2006: Entomologie pro muškaře: od přírodního vzoru k napodobenině. 1. vyd. Fraus, Plzeň, 283 pp.
- RIEK E. F. 1977: The marine caddisfly family Chathamidae (Trichoptera). *Australian Journal of Entomology* 15: 405-419.
- SANGPRADUB N., GILLER P.S. & O'CONNOR J.P. 1999: Life history patterns of stream-dwelling caddis. *Archiv für Hydrobiologie* 146: 471-493.
- SCARSBROOK M., BRAQUÍN J. & GRAY D. 2007: New Zealand coldwater springs and their biodiversity. *Science for Conservation* 278: 1-13.
- SEHNAL F. 1962a: Zur Kenntnis von *Parachiona picicornis* Pict. (Trichoptera). *Acta entomologica bohemoslovaca* 59: 142-151.
- SEHNAL F. 1962b: Příspěvek k poznání biologie několika druhů chrostíků. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis: Facultas rerum naturalium* 11: 301-312.

- SOMMERHÄUSER M., ROBERT B. & SCHUHMACHER H. 1997: Flight periods and life history strategies of caddisflies in temporary and permanent woodland brooks in the Lower Rhine area (Germany). In: *Proceedings of the 8th International Symposium on Trichoptera*, pp. 425-433.
- STATSOFT INC. 2013: *Electronic Statistics Textbook*. Tulsa, OK: StatSoft. Dostupné z: <http://www.statsoft.com/textbook/>.
- STAUDACHER K. & FÜREDER L. 2007: Habitat Complexity and Invertebrates in Selected Alpine Springs (Schütt, Carinthia, Austria). *International Review of Hydrobiology* 92: 465–479.
- TER BRAAK C.J.F. & ŠMILAUER P. (2012) *Canoco Reference Manual and User's Guide: Software for Ordination (Version 5.0)*. Microcomputer Power.
- THORUP J. 1963: Growth and life-cycle of invertebrates from Danish springs. *Hydrobiologia* 22: 55-84.
- TOWNSEND C.R. & HILDREW A.G. 1979: Resource partitioning by two freshwater invertebrate predators with contrasting foraging strategies. *Journal of Animal Ecology* 48: 909-920.
- TRIPLEHORN C.A. & JOHNSON N.F. 2005: Order Trichoptera: Caddisflies. In: *Borror and DeLong's introduction to the study of insects*. 7th ed. Thomson Brooks/Cole, Australia, pp. 558-570.
- VAILLANT F. 1956. Recherches sur la faune madicole (hygropétrique s. l.) de France, de Corse et d'Afrique du Nord. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Serie A Zoologie* 11: 1-258.
- VAILLANT F. 1982: The Trichoptera Beraeidae from the eastern part of France. *Aquatic Insects* 4: 253-259.
- VAN DER KAMP G. 1995: The hydrogeology of springs in relation to the biodiversity of spring fauna: a review. *Journal of Kansas Entomological Society* 68: 4–17.
- VON FUMETTI S. & NAGEL P. 2012: Discharge variability and its effect on faunistic assemblages in springs. *Freshwater Science* 31: 647-656.
- VON FUMETTI S., NAGEL P. & BALTES B. 2007: Where a springhead becomes a springbrook - a regional zonation of springs. *Fundamental and Applied Limnology* 169: 37-48.
- WAGNER R. 1990: A laboratory study on the life cycle of *Sericostoma personatum* (Kirby & Spence), and light dark-dependent food consumption. *Hydrobiologia* 208: 201-212.
- WALLACE I.D. 1981: A key to larvae of the family Leptoceridae (Trichoptera) in Great Britain and Ireland. *Freshwater Biology* 11: 273-297.

- WALLACE I.D. & WALLACE B.A. 1983: A revised key to larvae of the genus *Plectrocnemia* (Polycentropodidae: Trichoptera) in Britain, with notes on *Plectrocnemia brevis* McLachlan. *Freshwater Biology* 13: 83-87.
- WARINGER J. & GRAF W. 2011: *Atlas der mitteleuropäischen Köcherfliegenlarven. Atlas of Central European Trichoptera Larvae*. Erik Mauch Verlag, Dinkelscherben, 468 pp.
- WELLS A. 2005: Parasitism by hydroptilid caddisflies (Trichoptera) and seven new species of Hydroptilidae from northern Queensland. *Australian Journal of Entomology* 44: 385-391.
- WHEELER W. 2001: The Phylogeny of the Extant Hexapod Orders. *Cladistics* 17: 113-169.
- WIGGINS G.B. 2004: *Caddisflies: the underwater architects*. University of Toronto Press, Buffalo, 292 pp.
- WILLIAMS D.D. & WILLIAMS N.E. 1998: Invertebrate communities from freshwater springs: What can they contribute to pure and applied ecology? In: BOTOSANEANU L. (ed.): *Studies in Crenobiology: The biology of springs and springbrooks*. Backhuys Publishers, Leiden. pp. 251-261.
- WINTERBOURN M.J. & ANDERSON N.H. 1980: The life history of *Philanisus plebeius* Walker (Trichoptera: Chathamidae), a caddisfly whose eggs were found in a starfish. *Ecological Entomology* 5: 293-304.
- ZOLLHÖFER J.M., BRUNKE M. & GONSER T.A. 2000: A typology of springs in Switzerland by integrating habitat variables and fauna. *Archiv für Hydrobiologie* 121: 349-376.

PŘÍLOHY

Příloha 1: Seznam druhů chrostíků nalezených v pramenných stružkách slatinišť Západních Karpat. (zkr. = zkratka druhu použita v přímé ordinační analýze, frek. = frekvence výskytu na lokalitách, abun. = celkový počet jedinců, hab. kat. = kategorie dle habitatových preferencí, potr. strat. = dominantní potravní strategie)

taxon	čeled'	zkr.	frek.	abun.	hab. kat.	potr. strat.
<i>Beraea maurus</i> (Curtis, 1834)	Beraeidae	BeraMaur	24	1287	krenobiont	kouskovač
<i>Beraea pullata</i> (Curtis, 1834)	Beraeidae	BeraPull	34	910	krenobiont	sběrač
<i>Ernodes articularis</i> (Pictet, 1834)/ <i>vicinus</i> (McLachlan, 1879)	Beraeidae	ErnoArVi	35	552	krenobiont	sběrač, kouskovač
<i>Crunoecia irrorata</i> (Curtis, 1834)	Lepidostomatidae	CrunIrro	22	496	krenobiont	xylofág
<i>Adicella filicornis</i> (Pictet, 1834)	Leptoceridae	AdicFilc	18	185	krenobiont	kouskovač
<i>Agapetus fuscipes</i> Curtis, 1834	Glossosomatidae	AgapFusc	12	1969	krenobiont	škrabač
<i>Glossosoma intermedium</i> Klapálek 1892	Glossosomatidae	-	1	2	krenofil	škrabač
<i>Synagapetus dubitans</i> McLachlan, 1879	Glossosomatidae	SyngDub	3	25	krenobiont	škrabač
<i>Synagapetus iridipennis</i> McLachlan, 1879	Glossosomatidae	SyngLrid	3	43	krenobiont	škrabač
<i>Notidobia ciliaris</i> (Linnaeus, 1761)	Sericostomatidae	NotdCili	2	14	lotický	kouskovač
<i>Sericostoma personatum</i> Kirby & Spencer, 1826/ <i>schneiderii</i> (Kolenati, 1848)	Sericostomatidae	SeriPeSc	25	555	lotický	kouskovač
<i>Odontocerum albicorne</i> (Scopoli, 1763)	Odontoceridae	OdonAlbi	4	14	lotický	predátor
<i>Stactobia eatoniella</i> McLachlan, 1880	Hydroptilidae	-	1	2	krenobiont	škrabač
<i>Hydroptila</i> spp.	Hydroptilidae	HydrpSp	3	227	-	-
<i>Oxyethira</i> spp.	Hydroptilidae	-	1	1	-	-
<i>Ptilocolepus granulatus</i> (Pictet, 1834)	Ptilocolepidae	-	2	3	krenobiont	kouskovač
<i>Plectrocnemia conspersa</i> (Curtis, 1834)	Polycentropodidae	PlecCons	33	897	lotický	predátor
<i>Plectrocnemia brevis</i> McLachlan, 1871	Polycentropodidae	PlecBrev	19	197	krenobiont	predátor
<i>Philopotamus ludificatus</i> McLachlan, 1878	Philopotamidae	PhilLudf	1	7	lotický	filtrátor
<i>Wormaldia copiosa</i> McLachlan, 1868	Philopotamidae	-	1	1	krenofil	filtrátor
<i>Wormaldia occipitalis</i> (Pictet, 1834)	Philopotamidae	WormOccp	28	485	krenobiont	filtrátor
<i>Oligostomis reticulata</i> (Linnaeus, 1761)	Phryganeidae	OligRetc	2	12	eurypní	sběrač, škrabač
<i>Oligotricha striata</i> (Linnaeus, 1758)	Phryganeidae	OligStri	1	8	lentický	predátor
<i>Halesus</i> sp.	Limnephilidae	-	1	1	-	kouskovač
<i>Allogamus uncatus</i> (Brauer, 1857)	Limnephilidae	-	1	3	lotický	kouskovač
<i>Drusus discolor</i> (Rambur, 1842)	Limnephilidae	DrusDisc	2	197	krenofil	predátor
<i>Chaetopteryx fusca</i> Brauer, 1857/ <i>villosa</i> (Fabricius, 1789)/ <i>polonica</i> (Dziedzielewicz, 1889)	Limnephilidae	ChaeFVP	21	124	lotický	kouskovač
<i>Chaetopteryx major</i> McLachlan, 1876	Limnephilidae	ChaeMajr	8	29	krenofil	kouskovač
<i>Limnephilus auricula</i> Curtis, 1834	Limnephilidae	LimnAurc	1	2	eurypní	kouskovač
<i>Limnephilus coenosus</i> Curtis, 1834	Limnephilidae	LimnCoen	2	2	lentický	kouskovač
<i>Limnephilus ignavus</i> McLachlan, 1865	Limnephilidae	LimnIgnv	3	5	eurypní	kouskovač
<i>Limnephilus sparsus</i> Curtis, 1834	Limnephilidae	LimnSpar	2	4	lotický	kouskovač
<i>Limnephilidae</i> g. sp. juv.	Limnephilidae	-	48	1506	-	-
<i>Limnephilus</i> sp. juv.	Limnephilidae	-	8	126	-	-
<i>Limnephilus centralis</i> Curtis, 1834	Limnephilidae	LimnCent	2	2	krenofil	kouskovač
<i>Limnephilus extricatus</i> McLachlan, 1865	Limnephilidae	LimnExtr	2	2	eurypní	kouskovač
<i>Limnephilus hirsutus</i> (Pictet, 1834)	Limnephilidae	-	1	12	lotický	kouskovač
<i>Melampophylax nepos</i> (McLachlan, 1880)	Limnephilidae	-	1	3	lotický	-
<i>Micropterna lateralis</i> (Stephens, 1834)	Limnephilidae	-	2	2	krenofil	kouskovač
<i>Micropterna nycterobia</i> (McLachlan, 1875)	Limnephilidae	-	1	2	krenofil	kouskovač
<i>Parachiona picicornis</i> (Pictet, 1834)	Limnephilidae	ParaPici	6	39	krenobiont	sběrač, kouskovač
<i>Potamophylax nigricornis</i> (Pictet, 1834)	Limnephilidae	PotmNigr	26	108	krenobiont	kouskovač

Příloha 1 pokrač.

taxon	čeleď	zkr.	frek.	abun.	hab. kat.	potr. strat.
<i>Potamophylax cingulatus</i> (Stephens, 1837)/ <i>luctuosus</i> (Piller & Mitterpacher, 1738)/ <i>latipennis</i> (Curtis, 1834)	Limnephilidae	PotmCLL	10	45	lotický	kouskovač
<i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen, 1859	Rhyacophilidae	-	2	3	lotický	predátor
<i>Rhyacophila pubescens</i> Pictet, 1834	Rhyacophilidae	RhyaPubs	5	31	krenofil	predátor
<i>Rhyacophila philopotamoides</i> McLachlan, 1879	Rhyacophilidae	RhyaPhil	3	7	krenobiont	predátor
<i>Rhyacophila tristis</i> Pictet, 1834	Rhyacophilidae	RhyaTris	3	62	lotický	predátor
<i>Rhyacophila polonica</i> McLachlan, 1879	Rhyacophilidae	-	1	2	lotický	predátor
<i>Rhyacophila vulgaris</i> Pictet, 1834	Rhyacophilidae	RhyaVulg	2	6	lotický	predátor
<i>Rhyacophila</i> s. stricto	Rhyacophilidae	-	4	52	-	predátor
<i>Hydropsyche fulvipes</i> (Curtis, 1834)	Hydropsychidae	-	1	1	krenofil	filtrátor
<i>Lithax niger</i> (Hagen, 1859)	Goeridae	LithNigr	4	65	krenofil	škrabač
<i>Silo pallipes</i> (Fabricius, 1781)	Goeridae	SiloPall	2	62	lotický	škrabač

Příloha 2: Korelační matice abiotických proměnných na lokalitách. Zvýrazněny jsou hodnoty statisticky významné na hladině pravděpodobnosti 0,05 a korelace vyšší než 0,57 (červeně)

	pH	teplota	vodivost	O2	%O2	redox	průtok	NO3-
pH	1,000							
teplota	0,024	1,000						
vodivost	0,543	0,295	1,000					
O2	0,423	-0,470	0,073	1,000				
%O2	0,552	-0,216	0,193	0,840	1,000			
redox	-0,972	-0,090	-0,599	-0,356	-0,505	1,000		
průtok	0,224	-0,011	0,258	0,078	0,256	-0,214	1,000	
NO3-	0,470	-0,146	0,581	0,287	0,330	-0,518	0,197	1,000
NH4-	-0,458	0,022	-0,513	-0,088	-0,201	0,422	-0,467	-0,404
PO43-	-0,009	-0,040	0,013	0,229	0,118	0,019	-0,154	-0,121
SO42-	0,274	-0,064	0,516	0,208	0,174	-0,281	0,136	0,477
Ca	0,471	0,361	0,706	0,010	0,089	-0,497	0,221	0,331
Mg	0,498	0,308	0,684	-0,039	0,157	-0,539	0,328	0,419
CaMg	0,491	0,375	0,727	-0,003	0,098	-0,524	0,228	0,364
Na	-0,148	0,063	-0,218	-0,249	-0,183	0,137	-0,207	-0,357
K	-0,234	0,119	0,119	-0,206	-0,150	0,187	0,011	-0,007
Fe	-0,529	-0,260	-0,659	-0,101	-0,297	0,536	-0,430	-0,542
Mn	-0,282	-0,028	-0,502	-0,111	-0,230	0,320	-0,413	-0,440
Zn	-0,231	-0,253	-0,547	0,106	-0,039	0,240	-0,386	-0,226
Cu	-0,113	0,287	0,188	-0,223	-0,067	0,093	0,041	-0,077
Al	-0,155	-0,116	-0,262	0,125	-0,009	0,186	-0,353	-0,249
hloubka	-0,275	-0,264	-0,135	-0,214	-0,215	0,254	0,563	-0,052
rychlost proudu	0,492	-0,236	0,277	0,609	0,737	-0,453	0,575	0,339
kameny	0,417	-0,099	0,123	0,420	0,496	-0,381	0,063	0,103
štěrk	0,537	0,077	0,398	0,402	0,559	-0,532	0,156	0,308
písek	0,120	0,056	0,355	0,199	0,313	-0,186	-0,008	0,305
bahno	0,040	-0,145	-0,203	0,057	0,066	0,021	-0,256	-0,040
kompaktní subst.	0,403	0,042	0,001	0,213	0,340	-0,411	0,114	0,076
FPOM	-0,683	-0,054	-0,306	-0,495	-0,618	0,648	-0,152	-0,230
CPOM	-0,310	-0,159	-0,268	-0,236	-0,359	0,285	-0,012	-0,128
počet druhů	0,452	-0,179	0,358	0,285	0,345	-0,451	0,184	0,387
počet jedinců	0,002	-0,295	0,099	0,070	0,001	0,041	0,173	0,189

	NH4-	PO43-	SO42-	Ca	Mg	CaMg	Na	K
NH4-	1,000							
PO43-	-0,175	1,000						
SO42-	-0,304	0,196	1,000					
Ca	-0,440	-0,102	0,316	1,000				
Mg	-0,646	-0,133	0,148	0,779	1,000			
CaMg	-0,489	-0,096	0,309	0,991	0,837	1,000		
Na	0,042	0,223	-0,185	-0,051	-0,197	-0,079	1,000	
K	-0,177	0,151	0,015	0,038	0,127	0,056	0,464	1,000
Fe	0,532	0,074	-0,393	-0,500	-0,618	-0,547	0,262	-0,043
Mn	0,491	-0,115	-0,314	-0,236	-0,451	-0,282	0,321	-0,055
Zn	0,646	-0,063	-0,311	-0,512	-0,670	-0,570	0,153	-0,179
Cu	-0,349	0,119	-0,109	0,251	0,392	0,297	0,421	0,636
Al	0,302	0,356	0,049	-0,180	-0,407	-0,215	0,153	0,018
hloubka	0,053	-0,225	-0,042	-0,186	-0,174	-0,205	-0,172	-0,187
rychlost proudu	-0,325	-0,023	0,230	0,042	0,160	0,042	-0,341	-0,162
kameny	-0,136	0,217	0,052	-0,124	0,095	-0,106	-0,208	-0,088
štěrk	-0,248	0,070	0,113	0,145	0,298	0,155	-0,225	-0,054
písek	-0,089	0,013	0,393	0,090	0,098	0,124	-0,238	-0,028
bahno	0,032	-0,140	-0,157	-0,190	-0,202	-0,201	0,264	0,106

Příloha 2 pokrač.

	NH4-	PO43-	SO42-	Ca	Mg	CaMg	Na	K
kompaktní subst.	-0,082	0,239	0,158	-0,083	-0,043	-0,076	0,203	0,060
FPOM	0,291	-0,072	-0,164	-0,220	-0,362	-0,247	0,209	0,185
CPOM	0,145	-0,106	-0,267	-0,059	-0,035	-0,038	0,046	-0,123
počet druhů	-0,314	-0,192	0,005	0,289	0,507	-0,021	-0,334	-0,028
počet jedinců	-0,236	-0,269	-0,178	-0,024	0,219	0,304	-0,329	0,078

	Fe	Mn	Zn	Cu	Al	hloubka	rychlost proudu	kameny
Fe	1,000							
Mn	0,678	1,000						
Zn	0,588	0,600	1,000					
Cu	-0,191	-0,050	-0,464	1,000				
Al	0,499	0,481	0,323	-0,099	1,000			
hloubka	0,121	-0,127	0,002	-0,365	-0,160	1,000		
rychlost proudu	-0,373	-0,371	-0,099	-0,269	-0,177	0,158	1,000	
kameny	-0,124	-0,121	0,091	-0,124	0,046	-0,251	0,453	1,000
štěrk	-0,304	-0,165	-0,013	0,026	-0,032	-0,263	0,555	0,662
písek	-0,415	-0,356	-0,227	0,021	-0,098	-0,078	0,260	0,050
bahno	0,307	0,429	0,233	0,067	0,238	-0,301	-0,090	0,021
kompaktní sub.	-0,252	-0,216	0,077	-0,062	-0,039	-0,219	0,301	0,245
FPOM	0,548	0,382	0,209	0,119	0,251	0,335	-0,609	-0,522
CPOM	0,176	0,060	-0,015	-0,038	-0,192	0,317	-0,300	-0,582
počet druhů	-0,362	-0,372	-0,206	-0,048	-0,399	-0,068	0,408	0,410
počet jedinců	0,016	-0,142	0,000	-0,096	-0,166	0,255	0,211	0,046

	štěrk	písek	bahno	komp. sub.	FPOM	CPOM	počet druhů	počet jedinců
štěrk	1,000							
písek	0,169	1,000						
bahno	-0,047	-0,386	1,000					
kompaktní subst.	0,322	0,034	0,003	1,000				
FPOM	-0,612	-0,216	0,010	-0,502	1,000			
CPOM	-0,513	-0,064	-0,253	-0,186	0,384	1,000		
počet druhů	0,419	0,127	-0,094	0,102	-0,533	-0,061	1,000	
počet jedinců	0,192	-0,163	-0,050	-0,199	0,030	0,109	0,447	1,000