

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta

Taxonomická a funkční diverzita vířníků tůní
CHKO Kokořínsko

Bakalářská práce

Michaela Novotná

Školitel: RNDr. Michal Šorf, Ph.D.

Školitel – specialista: RNDr. Miloslav Devetter, Ph.D.

České Budějovice 2018

Novotná M. (2018): Taxonomická a funkční diverzita vířníků tůní CHKO Kokořínsko
[Taxonomic and functional diversity of rotifers in pools of the Protected Landscape Area Kokořínsko, Bc. Thesis, in Czech] 41 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotace

Cílem této bakalářské práce bylo popsat a porovnat taxonomickou a funkční diverzitu vířníků tůní CHKO Kokořínsko. Předkládaná bakalářská práce se dále zabývá rozkladem beta diverzity v teoretické rovině i na vlastních datech.

Annotation

The aim of this thesis was to describe and compare both the taxonomic and functional diversity of rotifers of pools within the Protected Landscape Area Kokořínsko. Presented thesis also includes the theoretical background of the partitioning of beta diversity using SDR-simplex approach and its application on the rotifer data.

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů

V Českých Budějovicích dne

.....

Michaela Novotná

Poděkování

Děkuji především svému školiteli RNDr. Michalu Šorfovi, Ph.D. za neskutečnou trpělivost, ochotu, vstřícnost při konzultacích, odborný dohled, poskytování cenných informací a rad při zpracovávání mé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat RNDr. Miloslavu Devetterovi, Ph.D. za pomoc při nejasné determinaci druhů vířníků. Velké díky patří Mgr. Vandě Šorfové, Ph.D. za pomoc a ochotu při statistickém zpracování dat. Mé díky patří také prof. RNDr. Jaroslavu Vrbovi, CSc. za odborný dohled a poskytování věcných rad a informací. Děkuji také Mgr. Stanislavu Grillovi za zhotovení mapy Kokořínska s vyznačenými tůněmi. V neposlední řadě bych chtěla velmi poděkovat mé rodině, příteli Milanu Jindáčkovi a mé kamarádce Haně Novákové za podporu a vše, co pro mě dělají.

Obsah:

1	Úvod	1
2	Literární přehled	3
2.1	Charakteristika vířníků	3
2.2	Biodiverzita.....	3
2.2.1	Alfa diverzita	4
2.2.2	Beta diverzita.....	6
2.3	Funkční diverzita	11
2.3.1	Funkční znaky	12
2.3.2	Vybrané funkční znaky u vířníků	13
2.3.2.1	Lorika	13
2.3.2.2	Vířivý aparát.....	13
2.3.2.3	Mastax	16
2.3.2.4	Způsob výživy	20
2.4	Souhrn literární rešerše	20
3	Materiál a metody.....	21
3.1	Popis lokality	21
3.2	Způsob odběru vzorků	21
3.3	Statistické zpracování dat	23
4	Výsledky.....	24
4.1	Taxonomická diverzita vířníků.....	24
4.2	Rozklad beta diverzity	26
4.3	Diverzita vířníků dle funkčních znaků.....	27
4.4	Porovnání funkční a taxonomické diverzity	28
5	Diskuze	31
5.1	Taxonomická diverzita	31
5.2	Rozklad beta diverzity	31
5.3	Funkční znaky.....	32
5.4	Srovnání funkční a taxonomické diverzity	33
6	Závěr.....	34
7	Použitá literatura.....	35
7.1	Internetové zdroje	38
8	Přílohy	39

1 Úvod

Tato práce se zabývá funkční a taxonomickou diverzitou vířníků v tůních v CHKO Kokořínsko v letech 2005–2007. Výzkum přispívá k poznání biodiverzity tůní, kterých čím dál více ubývá. Jsou velmi důležitým ekosystémem pro spoustu druhů rostlinných i živočišných organismů, proto je potřeba se těmito ekosystémy zabývat a studovat je.

Tůně jsou přírodně či uměle vytvořené nejčastěji kulaté a oválné prohlubně v terénu se sladkou vodou. Voda se do tůní dostává především z atmosférických srážek, povrchového či podpovrchového odtoku, podzemní vody, povrchových vodních toků či z odtoků vody z drenážních systémů. Přítok ani odtok není ve většině případů viditelný (Cílek 2005). Tůně mohou být stálé (permanentní) či periodické (jarní, letní, podzimní). Často se nacházejí v nivách řek a potoků. Mohou však vznikat i v puklinách nebo prohlubinách skal, v dutinách stromů, a dokonce i mezi listy rostlin. Tyto vodní ekosystémy jsou velmi nestálé. Často může docházet k jejich vysychání. Jejich velikost je velmi variabilní. Pokud opomeneme tůňky ve stromech či mezi listy, pohybuje se např. od jednoho metru čtverečního do několika stovek metrů čtverečních. V poslední době tůně spíše ubývají, než přibývají, ale v CHKO Kokořínsko jich nalezneme velké množství. Jsou velmi důležitým ekosystémem pro život nejrůznějších živočišných i rostlinných organismů. Z rostlinné říše se jedná především o různé typy trav, rákosu, řas a sinic. Z živočichů můžeme najít jak obratlovce (např. žáby, ryby) tak větší (např. plži, mlži, korýši, hmyz) i menší (např. zooplankton, mikroorganismy, prvoci) bezobratlé. Tůně jsou vhodným biotopem pro studování biodiverzity vodních organismů.

Termín biodiverzita je hojně používán v přírodovědných oborech, avšak často jeho definice není zcela jasná (Jost 2006, 2007). Nejčastěji je definována jako rozmanitost druhů, či druhové bohatství. Jedná se o velmi široký pojem, který se dále rozděluje a specifikuje. Rozlišuje se funkční a taxonomická diverzita. Funkční diverzita popisuje dané společenstvo na základě funkčních znaků. Taxonomická diverzita popisuje složení druhů na dané lokalitě.

V této bakalářské práci se budu zabývat sladkovodními, mikroskopickými bezobratlými organismy, konkrétně kmenem vířníků. Pro vířníky jsou tůně častým biotopem. Díky anabióze (tj. klidový stav s velmi pomalým metabolismem) jsou schopni přežívat jejich nepříznivé podmínky, zejména vysychání. U vířníků můžeme popsat několik funkčních znaků, jimiž se rozumí různé morfologické, fyziologické a fenologické znaky, které mají nepřímý vliv na fitness druhu (Violle et al. 2007). Tato bakalářská práce popisuje tři funkční znaky

vířníků – loriku (krunýř), mastax (kousací ústrojí) a koronu (vířivý aparát). Název vířníků je odvozen právě od jejich vířivého aparátu, díky kterému se pohybují a přihánějí potravu.

Cílem bakalářské práce bylo:

1. Shromáždit a zpracovat literaturu týkající se funkční a taxonomické diverzity vířníků.
2. Zjistit taxonomickou diverzitu vířníků tůní CHKO Kokořínsko.
3. Pokusit se rozložit beta diverzitu na jednotlivé složky a popsat změny společenstev vířníků v tůních.
4. Přiřadit vybrané funkční znaky založené na morfologických vlastnostech jednotlivým druhům vířníků.
5. Porovnat funkční a taxonomickou diverzitu.

2 Literární přehled

2.1 Charakteristika vírníků

Vírníci (Rotifera) jsou zejména vodní, mikroskopičtí bezobratlí živočichové. Ve vodním prostředí jsou součástí planktonu, litorálu i bentosu. Vzácněji je můžeme najít i ve slaných vodách. Některé druhy mohou žít i v mechu, půdě či ve vlhkém opadu tropického lesa. Jsou schopni přežít vyschnutí jejich prostředí ve stavu anabiózy.

Tvar těla vírníků je velmi rozmanitý. Skládá se z několika dobře definovaných částí těla (hlavy, krku, trupu a nohy) a je kryto kutikulou, která někdy tvoří pevný krunýř (tzv. loriku). Charakteristickým znakem celé skupiny je různě modifikovaný vířivý aparát umístěný na hlavě (tzv. korona). Korona slouží k pohybu a k získávání potravy. Většina vírníků má na terminálním konci těla nohu, která je opatřena dvěma až čtyřmi prsty. Na konci nohy jsou cementové (lepové) žlázy, které produkují výměšky sloužící k přichycení prstů k podkladu.

Díky schopnosti rychlé reprodukce hrají vírníci důležitou roli ve vodních potravních sítích. Jsou přenašeči energie z nižších trofických vrstev do vyšších. Podílejí se tak na rychlém obratu biomasy. Najdeme mezi nimi druhy herbivorní, omnivorní i karnivorní.

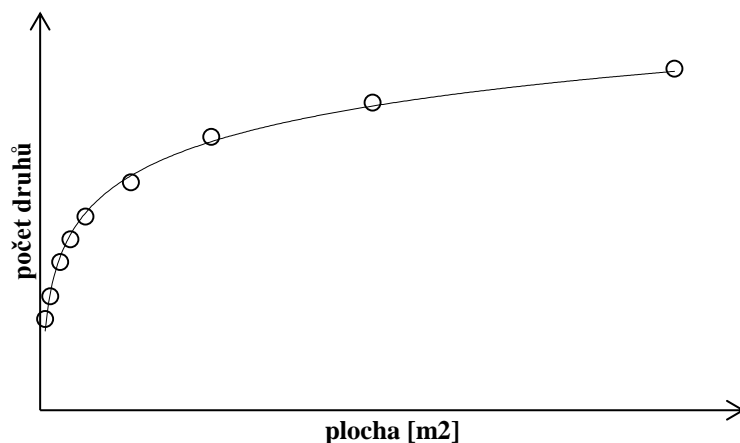
Vírníci mají na člověka pouze nepřímý vliv. Hrají důležitou roli v potravních sítích ve vodě, jelikož jsou například potravou nejmladšího rybího potěru. Jejich dostatek umožňuje úspěšný odchov plůdku. Vírníci jsou indikátory čistoty vod. Často se podílejí na samočištění vod (Bartoš 1959).

2.2 Biodiverzita

Biodiverzita je velmi široký pojem používaný v řadě přírodních věd (Jost 2006, 2007). Její definice se proto od sebe často liší. Nejčastěji je definována jako druhové bohatství či biologická rozmanitost živých organismů. Můžeme na ni nahlížet také na různých úrovních organizace, a to větších či menších (např. genetická rozmanitost uvnitř druhu, rozmanitost typů společenstev v různých biotopech). Biodiverzitu lze například vyjádřit pomocí indexů diverzity, které zahrnují jak druhovou bohatost, tak vyrovnanost v počtu jedinců (Shannonův index, Simpsonův index, Jaccardův index, Sørensenův index) (Begon et al. 1997). Whittaker (1960) rozdělil biodiverzitu dle prostorového měřítka na tři různé úrovně – alfa, beta a gama diverzitu. Alfa diverzita vyjadřuje průměrnou rozmanitost druhů jednotlivých společenstev. Gama diverzita popisuje druhovou bohatost celé oblasti. Je definována jako součin beta

diverzity a průměrné alfa diverzity. Beta diverzita je vztah mezi alfa a gama diverzitou, který popisuje změnu mezi jednotlivými lokalitami (Whittaker 1960; Jost 2007).

Biodiverzitu ovlivňuje několik faktorů. Prvním z nich je velikost plochy: na větší ploše najdeme více druhů. Se zvětšující se plochou klesá rychlost nárůstu počtu druhů, který se ovšem teoreticky nikdy nezastaví (obr. 1). Dále biodiverzitu ovlivňují lokální podmínky prostředí a širší kontext okolní krajiny zahrnující i její historii. Jinak řečeno, druhy se musí na danou lokalitu dostat a musejí zde najít vhodné podmínky pro život (Kolář et al. 2012).



Obr. 1: Příklad obecné závislosti počtu druhů na velikosti plochy (upraveno podle Kolář et al. 2012).

2.2.1 Alfa diverzita

Alfa diverzita popisuje průměrnou druhovou bohatost jednotlivých, dílčích lokalit. Je vyjádřena počtem druhů v daném společenstvu a vyrovnaností relativního zastoupení počtu jedinců (Begon et al. 1997). Můžeme ji vyjádřit Shannonovým a Simpsonovým indexem diverzity (Begon et al. 1997; Pla et al. 2012). Shannonův index (H) se počítá podle následujícího vzorce (Shannon a Weaver 1949):

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \cdot \ln P_i$$

kde S znamená počet druhů a P_i relativní zastoupení druhu i .

Hodnota H se pro daný počet druhů zvyšuje s rostoucí vyrovnaností počtu jedinců a pro danou hodnotu vyrovnanosti se zvyšuje s rostoucím počtem druhů (Begon et al. 1997). Vyjadřuje míru nejistoty určení náhodně vybraného jedince ze společenstva. Shannonův index počítá jak s počtem druhů ve společenstvu, tak i s jejich relativní abundancí (Pla et al. 2012).

Hodnota vyrovnanosti (E) je dána poměrem naměřené diverzity k největší možné za daného počtu druhů. Je vyjádřena následujícím vzorcem:

$$E = \frac{H}{H_{max}}$$

kde H je hodnota Shannonova indexu, H_{max} je jeho maximální hodnota (Begon et al. 1997; Pla et al. 2012).

Shannonův index dosáhne maximální hodnoty pro daný počet druhů (S) v případě, že všechny druhy mají stejnou relativní abundanci (Pla et al. 2012):

$$H_{max} = \ln(S).$$

Nejznámějším indexem diverzity je Simpsonův index diverzity (D). Vyjadřuje pravděpodobnost, že dva náhodně vybraní jedinci ze společenstva budou patřit k různým druhům. Nabývá hodnot od 0 do 1. Čím více se přibližuje hodnotě 1, tím je sledované společenstvo druhů rozmanitější. Jeho hodnota se mění s počtem i poměrem zastoupení druhů. (Begon et al. 1997; Pla et al. 2012). Je vyjádřen následujícím vzorcem (Simpson 1949; Begon et al. 1997; Pla et al. 2012):

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2$$

kde S je počet druhů a P_i relativní zastoupení druhu i .

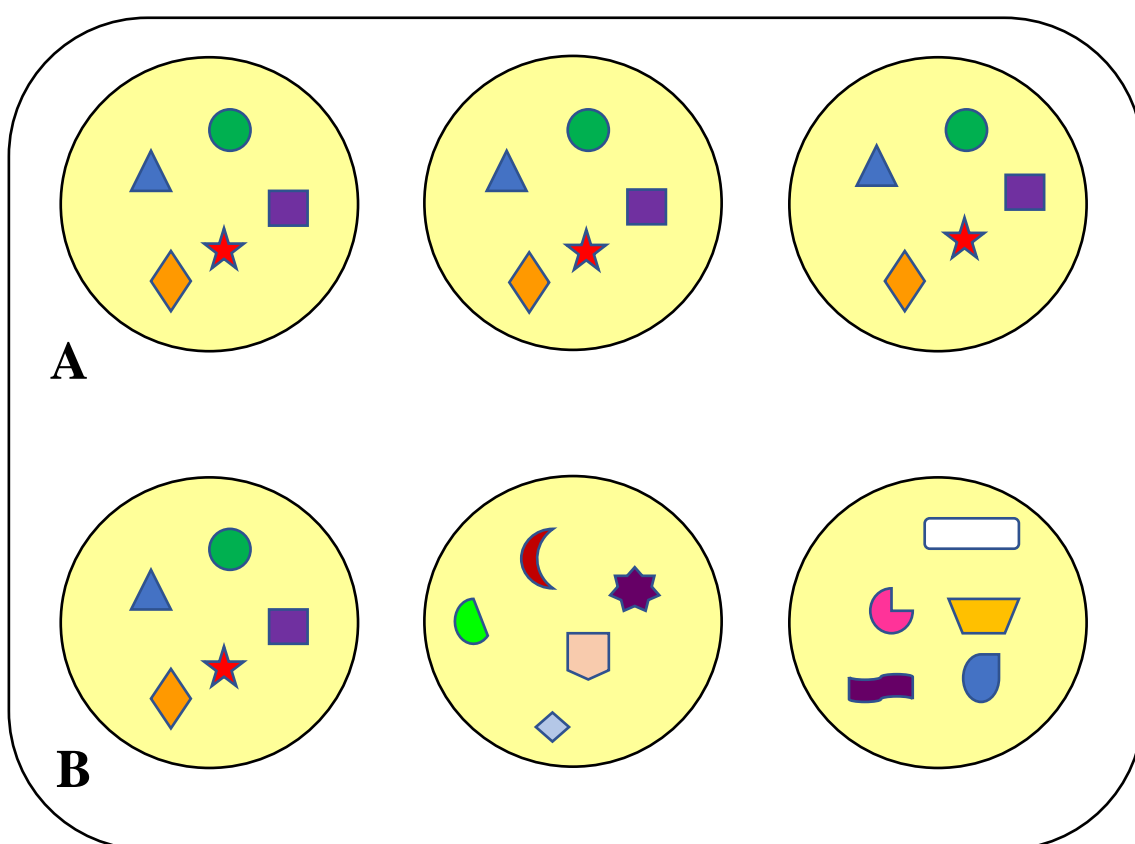
Vyrovnanost nabývá hodnot od 0 do 1. Může být také vyjádřena jako podíl Simpsonova indexu a maximální hodnoty Simpsonova indexu jaké by mohla nabýt za předpokladu rovnoměrného druhového rozložení. Zde je možno vyjádřit maximální hodnotu Simpsonova indexu diverzity jako počet druhů (S) (Begon et al. 1997):

$$E = \frac{D}{D_{max}} = \frac{D}{S}$$

kde D je hodnota Simpsonova indexu, D_{max} je jeho maximální hodnota.

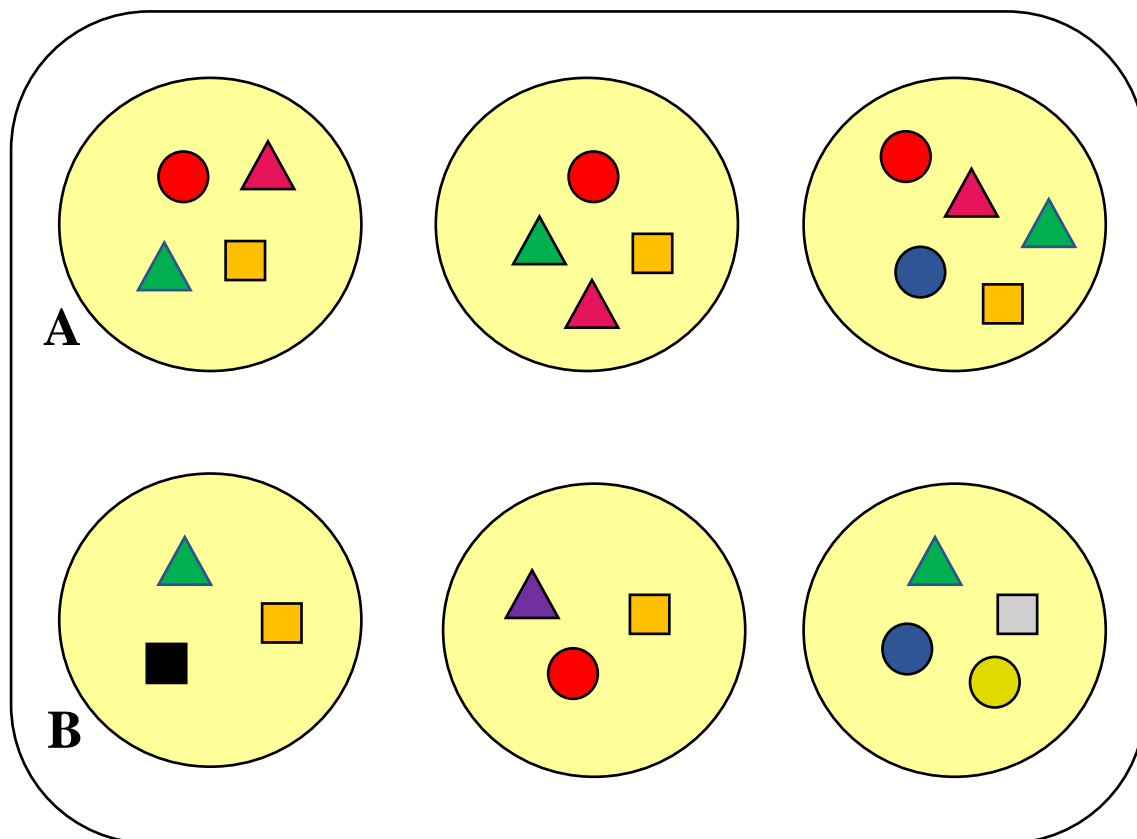
2.2.2 Beta diverzita

Beta diverzita byla poprvé definována Whittakerem v roce 1960 jako „míra změny ve složení společenstva“ mezi jednotlivými lokalitami. Její přesná definice je dnes mezi vědci velmi diskutované téma. Jedná se o vztah mezi gama (regionální) a alfa (lokální) diverzitou (Whittaker 1960; Jost 2007), zároveň ale vyjadřuje i odlišnost mezi jednotlivými společenstvy (Baselga 2017). Alfa a gama diverzita se od sebe liší pouze v případě, že jsou lokální společenstva různá (Baselga 2012). Mohou však nastat krajní případy nejnižší a nejvyšší možné diverzity, kdy jsou dané lokality zcela stejné nebo naopak zcela odlišné jako je tomu níže na ilustrativním obrázku (obr. 2).



Obr. 2: Porovnání dvou oblastí s nízkou (A) a vysokou (B) druhovou diverzitou. Tři velké kruhy znázorňují lokality a různě barevné symboly uvnitř pak druhy. V případě oblasti A, kde je nízká diverzita, je alfa diverzita rovna 5. Gama diverzita je zde rovna také 5, jelikož ve všech lokalitách je 5 stejných druhů. Beta diverzita je podíl gama a alfa diverzity, tudíž 1. V oblasti B s vysokou diverzitou je alfa diverzita rovna též 5. Ovšem gama diverzita je zde rovna 15, beta diverzita je rovna 3. Při maximální druhové diverzitě (tzn. že v každé lokalitě jsou různé druhy) je beta diverzita rovna počtu lokalit (N). V tomto případě lze použít vztah: $\gamma = \alpha * N$ (upraveno podle Baselga 2017).

V praxi se častěji setkáváme s případy, kdy nejsou všechny lokality zcela stejné či zcela odlišné a také v jednotlivých lokalitách většinou nenajdeme stejný počet druhů. Například druhově chudší lokality mohou mít vyšší beta diverzitu než druhově bohatší lokality (obr. 3).



Obr. 3: Porovnání dvou oblastí s nízkou (A) a vysokou (B) druhovou diverzitou. Tři velké kruhy znázorňují lokality a různé barevné symboly uvnitř pak druhy. V případě oblasti A, kde je diverzita nízká, je alfa diverzita rovna 4,3. Gama diverzita je rovna 5, protože se zde v oblasti A nachází celkem 5 druhů. Beta diverzita je podíl gama a alfa diverzity, tudíž 1,2. V oblasti B s vysokou druhovou diverzitou je alfa diverzita rovna 3,3. Gama diverzita je zde rovna 8. Beta diverzita je rovna 2,4 (Baselga 2017, upraveno podle Kolář et al. 2012).

Na obrázcích 2 a 3 je znázorněna hypotetická situace v krajině, ve které jsou různé lokality osídleny odlišnými či stejnými druhy. Beta diverzita zde byla vypočítána multiplikativním způsobem (Baselga 2017).

Na beta diverzitu může být nahlíženo dvěma různými způsoby. Prvním z nich je porovnávání alfa a gama diverzity a zjišťování odlišností mezi nimi (Baselga 2010). Nazýváme ji proporční diverzitou založenou na počtu druhů (Jost 2007). Lze využít dva různé způsoby výpočtu, a to buď multiplikativní či aditivní. Tyto způsoby výpočtu jsou velmi závislé na alfa diverzitě, což by v případě, že je beta diverzita porovnávána v různých regionech mohlo vést k nesprávným výsledkům (Lande 1996; Veech et al. 2002; Jost 2007). Beta

diverzitu lze ale také považovat za míru podobnosti mezi jednotlivými lokalitami (Koleff et al. 2003; Baselga 2010). Tu označujeme jako diferenční diverzitu (Jost 2007). Obvyklé indexy párové podobnosti jsou pouze obměnou Whittakerova multiplikativního vztahu mezi gama a alfa diverzitou (gama/alfa) počítané pro dvě lokality (Jost 2007; Baselga 2010). Jinak řečeno, diferenční diverzita je speciálním případem proporční diverzity pro 2 lokality. Z toho plyne, že indexy párové podobnosti lze zobecnit a aplikovat je i na porovnání více lokalit (Baselga 2010).

Pro vyjádření beta diverzity jako míry podobnosti mezi lokalitami se používá např. Sørensenův a Jaccardův indexem. Jaccardův index podobnosti je nejstarším indexem sloužící k porovnávání podobností dvou různých společenstev. Jedná se o podíl shodných druhů v obou společenstvech a celkového druhů. Je vyjádřen následujícím vzorcem:

$$Jaccard = \frac{a}{a + b + c}$$

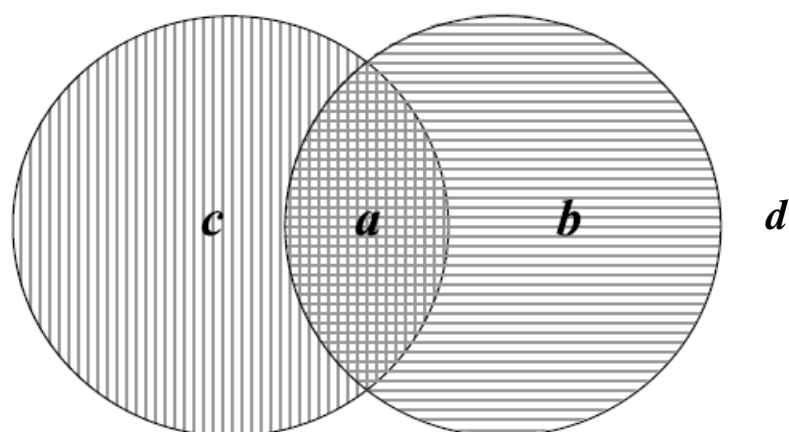
kde a vyjadřuje počet shodných druhů v obou lokalitách, b a c vyjadřují počty odlišných druhů v každé lokalitě (Jaccard 1912; Koleff et al. 2003; Pla et al. 2012).

Sørensenův index podobnosti klade dvojnásobnou váhu na počet společných druhů. Je vyjádřen následujícím vzorcem:

$$Sørensen = \frac{2a}{2a + b + c}$$

kde a vyjadřuje počet shodných druhů v obou lokalitách, b a c vyjadřují počty odlišných druhů v každé lokalitě (Koleff et al. 2003; Pla et al. 2012).

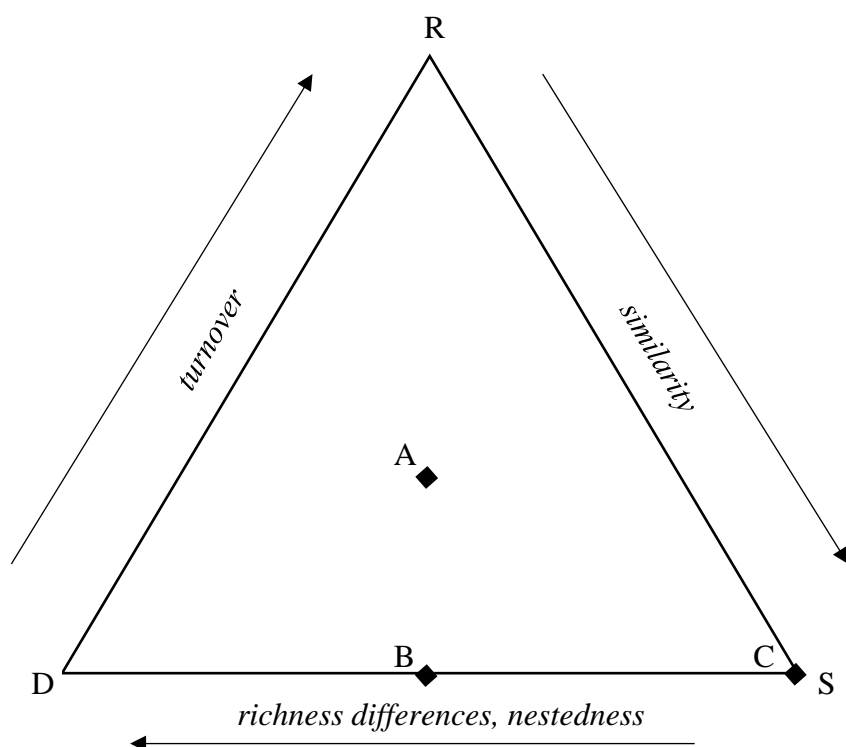
Jednotlivé proměnné Jaccardova a Sørensenova indexu jsou pro lepší pochopení znázorněny na obrázku 4.



Obr. 4: Rozložení druhů ve dvou lokalitách. Jednotlivá písmena vyjadřují počty odlišných druhů v každé lokalitě (b , c), druhy sdílené (a) a druhy mimo lokalitu (d) (Koleff et al. 2003).

V posledních dvou desetiletích se hojně řeší, že beta diverzita může vznikat dvěma mechanismy: *nestedness* (hnízdovitost, vnoření) a *turnover* (výměna druhů) (Baselga et al. 2007; Baselga 2010, 2012). V bakalářské práci budu dále pracovat s anglickými termíny, jelikož české názvosloví není ustálené. *Nestedness* lze definovat jako sdílení druhů podél gradientu, které nastává v případě, když druhově chudá společenstva jsou sdílena v druhově bohaté lokalitě. Druhým mechanismem je prostorový *turnover*, který znázorňuje výměnu druhů jako důsledek náhodných či jasně daných ekologických procesů (Baselga 2010). Naproti tomu Carvalho et al. (2012) a Podani a Schmera (2011) navrhuje rozkládat beta diverzitu na *turnover* a *richness differences* (rozdíly v druhové bohatosti). Struktura společenstva tak může být popsána jednak výměnou druhů a jednak změnami v počtu druhů, které jsou navzájem protikladné. Rozdělení beta diverzity na tyto dvě složky je nezbytné pro pochopení toho, jak společenstva reagují na environmentální, prostorové a časové změny (Gaston et al. 2000; Baselga 2007; Carvalho et al. 2012, 2013).

Pro znázornění beta diverzity byl navržen tzv. *SDR-simplex approach*, který zahrnuje tři charakteristiky společenstev: Jaccardův index podobnosti, *richness differences* a *turnover* (Podani a Schmera 2011). Grafické zobrazení se prezentuje pomocí trojúhelníkového diagramu (obr. 5). Součet hodnot všech tří charakteristik pro jakýkoli bod v diagramu odpovídá číslu 1.



Obr. 5: Trojúhelníkový diagram znázorňující rozdělení beta diverzity – tzv. *SDR simplex approach*. Vrchol trojúhelníku S udává počet sdílených druhů (*shared species*), *similarity* a je počítán pomocí Jaccardova indexu. Vrchol trojúhelníku D vyjadřuje *richness differences*. Vrchol trojúhelníku R představuje *turnover*. Body A, B a C jsou vzorovými příklady pro určité hodnoty. Představují meziroční změny ve společenstvu na dané lokalitě. Bod A: $S = 0,333$; $D = 0,333$; $R = 0,333$. V takovém společenstvu jsou změny z roku na rok náhodné a zahrnují všechny tři mechanismy – některé druhy zůstaly stejné, některé se vyměnily a změnila se i druhová bohatost společenstva. Bod B: $S = 0,5$; $D = 0,5$; $R = 0$. Tento bod naopak ukazuje, že na jiné lokalitě se během jednoho roku žádné druhy nevyměnily a nepodobnost společenstva je dána změnou druhové bohatosti – druhově chudší společenstvo je podsouborem druhově bohatšího společenstva. Bod C: $S = 1$; $D = 0$; $R = 0$. Společenstvo na lokalitě C je z roku na rok stejné, všechny druhy jsou sdílené (upraveno podle Podani a Schmera 2011).

2.3 Funkční diverzita

Funkční diverzita je velmi důležitou složkou biodiverzity. Druhá diverzita je užívaná nejčastěji, ale nezahrnuje všechny fylogenetické a funkční rozdíly mezi druhy. Fylogenetická diverzita zahrnuje změny v evoluční historii druhů (Schmera et al. 2017). Funkční diverzita je tedy rozrůzněnost tzv. funkčních skupin. Funkční skupina je skupina druhů se společnými funkčními znaky. Tyto vlastnosti určují jejich roli ve společenstvu. Funkční diverzita má velký vliv na celý ekosystém – dynamiku, stabilitu, produktivitu, dostupnost živin a mnoho dalších faktorů (Tilman 2001). Také ji můžeme definovat jako propojení mezi fungováním ekosystému a biodiverzitou (Petchey a Gaston 2006). Funkční diverzita je jedním z nejlepších indikátorů funkce ekosystémů (Cadotte et al 2011; Gagic et al. 2015; Schmera et al. 2017). Tento termín je hojně užíván až v posledních několika desetiletích (Petchey a Gaston 2006).

Měřit funkční diverzitu není snadný proces. Jednotlivé organismy mají mnoho funkčních znaků, velké množství různých druhů žije v několika biotopech a také se často přesně neví, které znaky ovlivňují variabilitu ekosystému. Obvykle se funkční diverzita měří jako počet funkčních skupin, které tvoří druhy ve společenstvu (Tilman 2001; Tilman et al. 2001; Petchey a Gaston 2002).

Vybrané funkční znaky procházejí odlišnými evolučními typy: konvergencí a divergencí. Pojmem **konvergence** znaků se rozumí sbíhání znaků u druhů, které nejsou příbuzné, ale žijí ve stejném prostředí. Abiotické faktory selektují podobné znaky, čímž snižují funkční diverzitu. Naproti tomu **divergence** znaků je diferenciací znaků u příbuzných druhů. V důsledku rozdílů funkční diverzity jednotlivých druhů se minimalizuje překryv ekologických nik, čímž se zvyšuje pravděpodobnost lepší koexistence těchto druhů. Biotické faktory selektují odlišné znaky, čímž dochází ke zvyšování funkční diverzity (Begon et al. 1997).

Díky dobře definovaným a snadno měřitelným znakům jednotlivých druhů můžeme pozorovat vliv biodiverzity na fungování ekosystému (McGill et al. 2006; Schmera et al. 2017). Propojení mezi biodiverzitou a fungováním ekosystému závisí na kaskádovém efektu, přítomnosti pozitivních vztahů mezi jednotlivými druhy, pořadí druhové ztráty a na vnějších podmínkách (Schmera et al. 2017). Jelikož ekologická nika je vymezena vzájemnou interakcí mnoha parametrů, je pro správné pochopení vztahu mezi biodiverzitou a fungováním ekosystému nezbytné pozorování z mnoha úhlů (Vaughn 2010; Schmera et al. 2017).

Jednotlivé studie jsou právě často posuzovány pouze na lokální škále a výsledky nelze dále použít v regionálním měřítku (Dolédec a Bonada 2013).

2.3.1 Funkční znaky

Termínem funkční znaky (*functional traits*) se rozumějí morfologické, fyziologické nebo fenologické znaky, které nepřímo ovlivňují fitness druhu, neboť mají vliv na růst, reprodukci a/nebo přežití jedince. Jejich sledování je široce používáno v ekologických a evolučních výzkumech. Z již dříve užívaného termínu „*trait*“ se stalo vědecké označení v různých vědních disciplínách (tj. kvantitativní genetiky, fyziologická ekologie, funkční ekologie, populační demografie, evoluční fyziologie, evoluční biologie) (Violle et al. 2007). Dle Darwina (1859) byly zpočátku tyto znaky používány zejména jako indikátory chování organismů. Funkční znaky jednotlivých individuí nám mohou prozradit mnoho informací o daném druhu: např. podle typu mastaxu můžeme určit čím se daný druh vířníka živí. V rámci funkčních znaků můžeme pozorovat znaky měnící funkce ekosystému (*effect traits*) a znaky, které odpovídají na změnu prostředí (*response traits*). *Effect traits* jsou znaky či procesy navzájem si podobné nebo stejné, kterými organismy působí na funkce a vlastnosti ekosystému (tok energie, cyklus chemických látek) (Violle et al. 2007). Takovými znaky/procesy jsou např. respirace, konzumace, reprodukce, exkrece, defekace (Hébert et al. 2017). *Response traits* jsou podobné či stejné znaky, které odpovídají na změnu ekosystému, kterou může být dostupnost různých zdrojů, disturbance, množství CO₂. Skupina druhů může reagovat např. změnou své velikosti, chováním (Lavorel a Garnier 2002; Violle et al. 2007; Schmera et al. 2017).

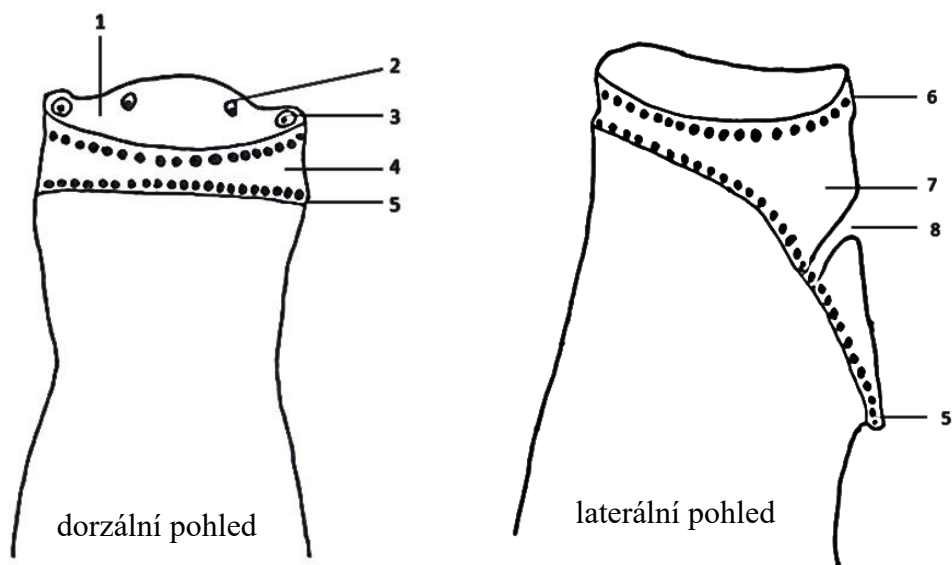
2.3.2 Vybrané funkční znaky u vířníků

2.3.2.1 Lorika

Tělo vířníků je kryto kutikulou, která neobsahuje chitin. Její tloušťka je různá nejen u odlišných druhů, ale i na různých částech těla. Některé druhy vířníků mají na těle pevný krunýř – tzv. loriku. Slouží jim jako ochrana před predátory. Lorika může být složena z několika menších či větších destiček. Lorikátní druhy bývají často drozo-ventrálně či laterálně zploštělé. Loriky jsou tvarově velmi variabilní (Bartoš 1959). Mohou mít na sobě různé výrůstky, trny, jejich okraje mohou být různě zašpičatělé. Tyto modifikace loriky mohou být odezvou na zvýšený počet predátorů (Gilbert a McPeck, 2013). Pro každý druh je charakteristický jiný typ loriky. Dělíme je do několika skupin dle jejich rozsahu.

2.3.2.2 Vířivý aparát

Dalším funkčním znakem, který můžeme u této skupiny pozorovat je typ vířivého aparátu (corona) (obr. 6). Nachází se na hlavě a tvoří pásy brv okolo ústního otvoru. Slouží jim k pohybu (plavání) a k tvorbě proudu, kterým si nahánějí potravu do úst. Je složen ze třech základních částí – apikální (temenní), cirkumapikální (okružní pás brv) a příústní pole. Na apikální části jsou umístěna smyslová ústrojí a vývod mozkové uzliny. U některých druhů není apikální část obrvená. Pokud jsou více vyvinuty brvy na předních okrajích obústního pole a okružního pásu vířivých brv, vzniká přední věnec vířivých brv – trochus. V případě, kdy jsou více vyvinuty brvy na zadních okrajích, vzniká silný zadní věnec vířivých brv – cingulum. Aparát podléhá několika modifikacím. U druhů třídy Monogonta (točivky) nalezneme sedm typů vířidel, které jsou popsány níže. Druhy třídy Bdelloidea (pijavenky) mohou mít tři různé typy vířidel – typ adineta, philodina a abrochtha (Bartoš 1959; Fontaneto a De Smet 2015).



Obr. 6: Základní schéma vířivého aparátu vířníků z dorzálního a laterálního pohledu. Jednotlivá čísla znamenají: 1 – apikální část, 2 – frontální oko, 3 – laterální oko, 4 – okružní pás brv, 5 – cingulum, 6 – trochus, 7 – obústní pole, 8 – ústa (upraveno podle Wallace et al. 2006; Fontaneto a De Smet 2015).

Základnímu typu se nejvíce podobá typ **notommata**, který má plně vyvinuto temenní pole, okružní pás brv i obrvené příústní pole. Jak již název aparátu napovídá, nachází se u čeledi Notommatidae, dále i u čeledi Proalidae, Tetrastrophonidae, Lindiidae a Birgeidae (Bartoš 1959).

Dalším typem je vířivý aparát tvaru **dicranophorus**. Značnou část tvoří velké, podélně vejčité obrvené obústní pole. Leží na břišní straně hlavy. Ústa jsou umístěna uprostřed. Okružní pás brv buď chybí nebo je nahrazen dvěma štetinkami. Tento typ má čeledi Dicranophoridae a některé druhy čeledi Notomatidae. Druhy se zmíněným typem aparátu plavou jen zřídka a pomalu. Většinou se kloužou po dně a po vodních rostlinách (Bartoš 1959; Fontaneto a De Smet 2015).

Vířivý aparát s malým obrveným obústím, velkým pásmem okružních brv a velkým apikálním polem nazýváme **hexarthra**. Okraje okružního pásu brv vytvořily dva vířivé věnce brv. Z předního se vyvinul velmi nápadný věnec (Bartoš 1959). Tento typ vířidla je vyvinut u přisedle žijících druhů čeledi Flosculariadea, planktonních druhů čeledi Testudinellidae a volně plavajících druhů čeledi Hexarthridae (Fontaneto a De Smet 2015). Obecně druhy s tímto typem vířidla jsou mikrofágové, žijí většinou přisedle, plavou jen zřídka nebo kloužou po dně a vodních rostlinách (Bartoš, 1959).

Pouze u čeledi Conochilidae nalezneme typ **conochilus**. Na hlavě má široký pás vířivých brv do tvaru podkovy, která je otevřena na břišní straně. Ze středu podkovy vybíhá výběžek pásu brv směrem k ústnímu otvoru (Bartoš 1959). Cingulum a trochus jsou velmi dobře vyvinuty (Fontaneto a De Smet 2015). Podobá se typu hexarthra, ale oproti němu je více protažený a ústní otvor leží na hřbetní straně a může být zanořený do obou věnců vířivých brv. Někteří zástupci této čeledi tvoří kulovité kolonie v pelagiále rybníků a jezer, jiní žijí přisedle. Opět se jedná o druhy mikrofágní (Bartoš 1959; Fontaneto a De Smet 2015).

Velmi rozšířeným typem vířivého aparátu je **euchlanis**. Mají ho vířníci čeledí Epiphanidae, Brachionidae, Euchlanidae, Mytilinidae, Trichotriidae, Lepadellidae a Lecanidae (Bartoš 1959). Apikální pole je malé (Fontaneto a De Smet 2015). Obrvené obústní pole je vyvinuto pouze před ústním otvorem. Často se na tomto místě tvoří příčné políčko brv. Jsou zde vidět oblouky či řady silných brv, které tvoří přední okraj obrveného obústního pole. Dohromady tak vytváří pseudotrochus. Na každé straně ústního otvoru je obloukovitá řada brv, se kterou se někdy spojuje nerozlišený okružní pás vířivých brv, čímž vytváří paracingulum (Bartoš 1959, Fontaneto a De Smet 2015). Ostatní části obústí jsou zakrnělé (Bartoš 1959).

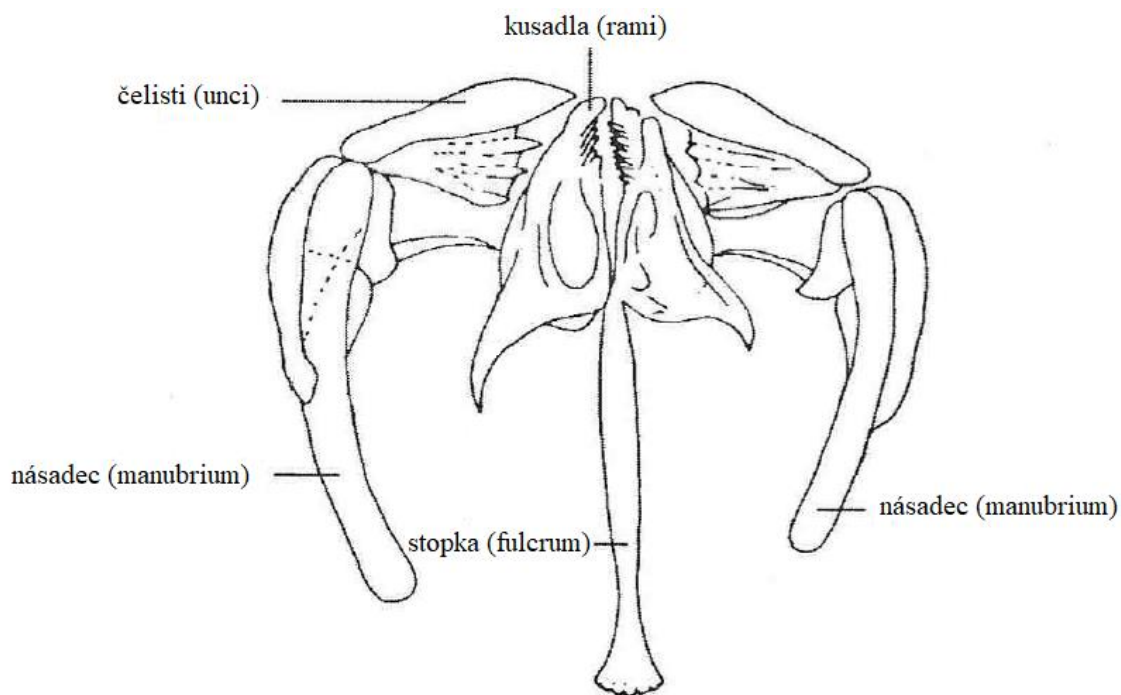
Dalším typem vířivého aparátu je **asplanchna**. Hlavní část tvoří okružní pás vířivých brv, který opět není rozlišený v přední a zadní věnec. Obrvené obústí je redukované či zakrnělé (Bartoš 1959; Fontaneto a De Smet 2015). Okružní pás brv zasahuje do okružních brv kolem velkého apikálního pole. Trochus a cingulum nejsou rozlišeny (Fontaneto a De Smet 2015). Můžeme ho vidět u vířníků čeledí Asplanchnidae, Synchaetidae, Gastropodidae, Trichocercidae občas i u druhů čeledi Notomatidae. Vířníci s vířivým aparátem typu asplanchna aktivně plavou ve vodě. Většinou se jedná o dravé jedince (Bartoš 1959).

Posledním typem vířivého aparátu je typ **collothea**. Skládá se pouze z jednoho okružního věnce vířivých brv. Málokdy je vcelku, často se rozpadá na malé úseky, které obklopují ústní otvor. U dospělců zcela chybí okružní pás vířivých brv. Brvy jsou velmi jemné, málo pohyblivé, tuhé a dlouhé. Typ collothea je vyvinut pouze u druhů čeledi Collothecidae. Některým vířníkům může vířivý aparát chybět ve všech stádiích života nebo ho mají pouze samečci v mládí a později zanikne.

2.3.2.3 Mastax

Velmi důležitým funkčním znakem je kousací ústrojí (mastax) (obr. 7). Mastax je součástí trávicí soustavy. Skládá se z hlavních částí, které mají všechny druhy vířníků a z přídatných částí, které jsou vyvinuty jen u některých čeledí či rodů (Bartoš 1959). Mastax je soustava kutikulárních destiček a tyčinek, které se pohybují pomocí svalů. Tvoří tak vlastní žvýkací orgán (Sedlák 2005). Hlavními částmi jsou stopka (fulcrum) s kusadly (rami), které tvoří kovádlíku (incus) a čelisti (uncii) s násadci (manubria) tvořící kladívko (malleus). Tyto části mohou někdy splývat či srůstat. Stopka je vždy nepárová, široká a tenká destička. Na přední hranu stopky se připojují párová kusadla (rami). Jejich tvar je velmi variabilní, avšak nejčastěji trojboký. Další částí mastaxu jsou čelisti (uncii), což jsou kutikulární destičky (Bartoš 1959). Na povrchu je spousta zubů a lišt. Od kusadel je oddělují záhyby. Počet zubů je mezi druhy velmi variabilní, avšak právě podle tohoto znaku často lze od sebe jednotlivé druhy rozlišit (Wallace et al. 2006). Na zadním konci čelistí jsou párové protáhlé násadce (manubria).

K přídatným částem kousacího ústrojí řadíme podčelisti, vmezežené tyčinky, svrchní a spodní destičky žvýkadla, příuštní destičky, postranní tyčinky a vazy. Podčelisti jsou párové zdrsňené útvary horních stěn záhybu žvýkadla mezi čelistmi a kusadly. Vmezežené tyčinky nalezneme mezi čelisti a násadci na obou stranách. V prostoru mezi kladívkem a kovádlíkou jsou často kloubně spojeny se zadním okrajem kusadel. Svrchní destičky jsou tvořeny jednou nebo dvěma kutikulárními destičkami, které zpevňují hřbetní strop dutiny žvýkadla. Nalezneme je pouze u virgátního a kardátního typu. Stavba destiček je často velmi složitá. U některých druhů se destička může vysouvat z úst, u jiných může tvořit pár zahnutých háčků, které jsou často nazývány jako nepravé čelisti. Slouží k lovení potravy jako pravé čelisti. Jejich chemické složení není u všech druhů stejné. Dělí se podle toho, zda jsou rozpustné v hydroxidu draselném. Dalším přídatným útvarem jsou příuštní destičky, které leží na břišní straně žvýkadla v blízkosti ústního otvoru. Jejich vznik je často popsán jako zdrsňení břišní stěny přední části žvýkadla. U některých druhů může ležet na zevní straně úst, poté ale patří k povrchové kutikule. Spodní destičky žvýkadla jsou umístěny na spodní části žvýkadla u virgátního kousacího ústrojí. Upíná se k nim silný sval, který pracuje jako píst. Postranní tyčinky jsou umístěny vedle kusadel nebo za nimi. V místě vyústění do jícnu slouží jako opory stěn žvýkadla. Mají svislý, zahnutý či rovný tvar (Bartoš 1959). Posledním přídatným útvarem jsou vazy. Jedná se o zesílené oblasti kutikuly žvýkadlové dutiny. Spojují hlavní kutikulární části kusadel (Martini 1922 in Bartoš 1959).



Obr. 7: Schéma mastaxu vířníků z dorzální strany (upraveno podle Koste a Shiel 1987; Wallace et al. 2006).

Gosse (1856) určil základní typy kousacího ústrojí a vyzdvihl jejich význam. Tvar mastaxu se liší u jednotlivých druhů podle typu potravy jedince (obr. 8).

Základním tvarem je ten nejsložitější – malleátní. Díky specializaci a zjednodušování se vyvinuly ostatní typy kousacího ústrojí. U **malleátního typu** kousacího ústrojí můžeme pozorovat tři druhy pohybů – lapací, třecí – slouží k rozmělnění kousků potravy a polykací pohyby. Jeho tvar je velmi variabilní (Bartoš 1959). Kladívko a kovadlinka jsou velmi dobře vyvinuty. Na masivních kusadlech na vnitřním okraji mohou růst zuby (Wallace et al. 2006). Najdeme ho u spousty čeledí vířníků, jako např. Epiphanidae, Brachionidae, Euchlanidae, Mytilinidae, Trichotriidae a Lepadellidae (Bartoš 1959).

Dalším typem kousacího ústrojí je **virgátní typ**. Tato ústrojí si nejsou podobná ani tak tvarem, ale hlavně funkcí, kterou je sání. Jak již bylo zmíněno, nachází se zde sval (hypofarynx), který funguje jako píšť. Čelisti a kusadla mají na starost lapací pohyb. Třecí pohyb tento typ mastaxu vykonávat neumí, pouze jen u přechodného malleátně-virgátního tvaru kousacího ústrojí (Bartoš 1959). Má velká kusadla, trojúhelníkovitého tvaru (Fontaneto a De Smet 2015). Slouží zejména k vyztužení stěn žvýkadla (Bartoš, 1959). Na čelistech je většinou málo zubů. Na každé straně čelisti je jeden velký a ostatní jsou jen lištvité nebo zcela chybí (Fontaneto a De Smet 2015). Virgátní typ mastaxu se vyznačuje výskytem svrchních destiček žvýkadla či jiných přídatných útvarů (Bartoš 1959). Ne pokaždé je tento

typ mastaxu symetrický (např. *Trichocerca*) (Wallace et al. 2006; Fontanento a De Smet 2015). Pravý virgátní typ kousacího ústrojí najdeme u druhů čeledí Notommatidae, Trichocercidae, Gastropodidae a Synchaetidae. Druhy čeledí Lecanidae a Proalidae mají přechodný typ mezi malleátním a virgátním (Bartoš 1959).

Jiným kousacím ústrojím sloužícím také hlavně k sání je **kardátní typ**. Podobá se virgátnímu typu (Wallace et al. 2006). Ovšem zde se nevyvinul hypofaryngeální sval. Píst je tvořen čelistmi, které se pohybují dozadu a dovnitř (třecí pohyb) a kusadly. Za sací funkci zodpovídá žvýkací dutina před čelistmi. Zuby na čelistech jsou vyvinuty jen málo. Žvýkadlo je kulovitého, vzadu trojlaločného tvaru. Kardátní kousací ústrojí se vyskytuje pouze u jedné čeledi – Lindiidae (Bartoš 1959; Fontanento a De Smet 2015).

Dalším kousacím ústrojím je **forcipátní typ**, jehož hlavní úlohou je lapání potravy, nikoli sání. Tuto činnost vykonávají mohutná, klíškovitě zahnutá kusadla s čelistmi (Bartoš 1959). Mastax je dorzoventrálně zploštělý, protáhlého tvaru a je vysunovatelný, přičemž kusadlo se neotočí (Bartoš 1959; Wallace et al. 2006). Kusadla jsou na předním konci opatřena ostrými zuby. Na vnitřní straně nalezneme početné a různě velké zoubky. Třecí a sací funkce u tohoto typu zcela zanikla. Forcipátní typ můžeme vidět pouze u druhů čeledi Dicranophoridae.

Kousací ústrojí se stejnou hlavní funkcí nazýváme **inkudátní typ**. Od forcipátního typu se liší obrácenou polohou kousacího ústrojí, hřbetní vychlípeninou žvýkadla a zakrnělými násadci. Krátká stopka směřuje dopředu, tudíž, než se kousací ústrojí vysune, žvýkadlo se otočí o 90 až 180° (Bartoš 1959). Slouží především k lapacímu způsobu získávání potravy (Wallace et al. 2006). Zachovala ale i sací funkce, kterou umožňuje zvláštní hřbetní vychlípenina žvýkadla. Klíškovitá kusadla jsou mnohem více vyvinuta než u forcipátního typu. Na vnitřní straně mohou být zuby (Bartoš 1959). Párová kladívka jsou velmi malá, redukována. Je vyvinut u druhů čeledi Asplanchnidae (Wallace et al. 2006).

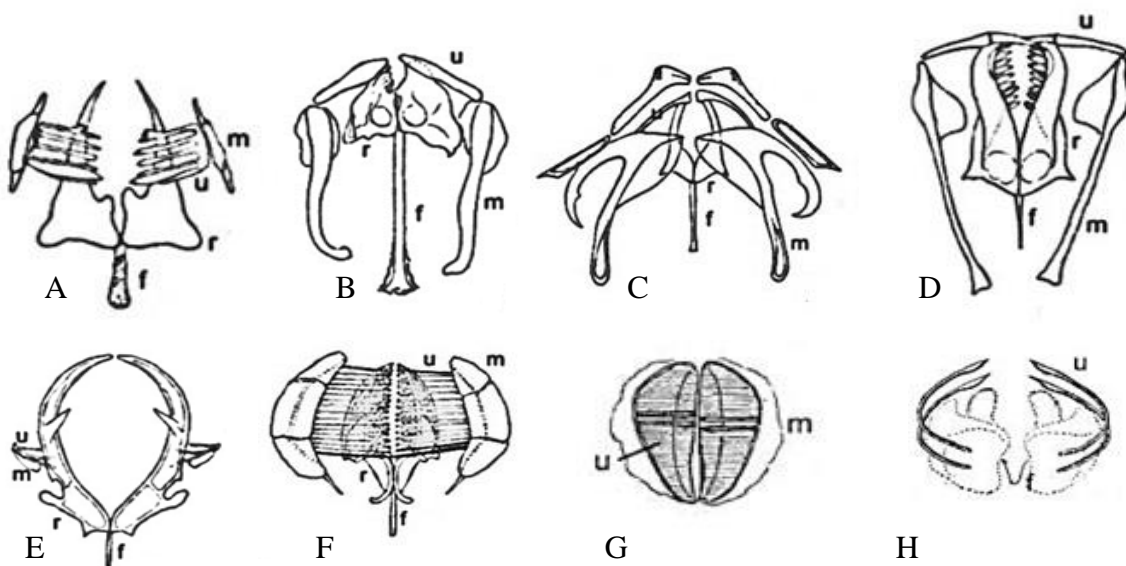
Přechodným typem mezi malleátním a ramátním kousacím ústrojím je **malleoramátní typ**. Má velké a volné čelisti (Bartoš 1959). Oproti malleátnímu typu má více zubů na kusadlech a čelisti mají více tenkých zubů (Wallace et al. 2006). Zuby plní i filtrační funkci (bakterivoři). Nalezneme ho u všech druhů řádu Flosculariaceae (Bartoš 1959).

Dalším typem kousacího ústrojí je **ramátní typ**. Toto pojmenování je trochu zavádějící, jelikož jeho nejdůležitější a největší částí nejsou kusadla, nýbrž půlměsíčkové čelisti (Bartoš 1959; Wallace et al. 2006). Slouží zejména ke tření, při němž se čelisti po sobě převalují. Kusadla jsou umístěna pod vnitřními okraji čelistí. U ramátního typu stopku nenalezneme. Nebyla vyvinuta sací funkce. U odlišných druhů čeledi Philodinavidae je

vyvinuta funkce lapací, u ostatních druhů s tímto typem mastaxu nikoliv. Typický ramátní typ mastaxu se nachází u pijavenek (Bdelloidea) (Bartoš 1959).

Charakteristickým typem mastaxu pro řád *Collothecacea* je **uncinátní typ**. K trávení potravy dochází ve velkém vaku s velkou dutinou. Vak je přeměněná část žvýkadla. Tento typ kousacího ústrojí se podobá ramátnímu tvaru mastaxu. Liší se však přítomností podčelistí, které ramátní typ nemá. Podčelisti plní třetí funkci (Bartoš 1959). Čelisti mají pouze málo zubů, většinou 1 velký a několik málo menších (Wallace et al. 2006). Jelikož nemají třetí destičky, slouží nejspíš k převracení potravy v žaludku (Bartoš 1959).

Posledním typem mastaxu je **fulkrátní typ**. Slouží k napichování potravy. Je složen ze tří podélných kutikulárních útvarů. Místo čelistí a kusadel je vyvinuta kutikulární trubice (Bartoš 1959). Stopka je dlouhá a dobře vyvinutá. Čelisti jsou malé a násadce zcela chybí (Fontaneto a De Smet 2015). Tento typ nalezneme pouze u mořských druhů třídy Seisonidea, která zahrnuje pouze dva rody (Wallace et al. 2006).



Obr. 8: Hlavní typy kousacího ústrojí (mastaxů) vířníků. Velká písmena znázorňují jednotlivé typy: A – malleátní, B – virgátní, C – kardátní, D – forcipátní, E – inkudátní, F – malleoramátní, G – ramátní, H – uncinátní. Malá písmena označují hlavní části mastaxů: m – násadce (manubria), u – čelisti (unci), r – kusadla (rami), f – stopka (fulcrum) (upraveno podle Fontaneto a De Smet 2015).

2.3.2.4 Způsob výživy

Vířníci získávají potravu dvěma způsoby – jsou buď mikrofágní či draví. U mikrofágních druhů je ústní dutina velmi dobře vyvinutá. Obústní pole je hustě obrvené, aby brvy mohly pohánět potravu od úst do hltanu. Mikrofágní vířníci jsou vířiči. Jejich potravu tvoří drobné částky detritu, mikroskopické řasy, bičíkovci a bakterie. Mezi tuto skupinu vířníků patří většina druhů třídy pijavenek.

Naopak u dravých druhů s částečně nebo úplně vysunovacím mastaxem ústní dutina chybí, aby mohli potravu uchopit a ukusovat. Živí se drobnými rostlinkami či živočichy (Asplanchnidae, Synchaetidae) nebo částmi těl větších kořistí, nejčastěji nálevníků. Jednotlivé kusy z těla kořisti vytrhávají pomocí kusadel. Tento způsob lovu můžeme vidět u čeledi Dicranophoridae.

Třída Monogononta (točivky) má neúplně vyvinutou ústní dutinu a je velmi variabilní. Může mít jak obrvené obústní pole nálevkovitého tvaru (Euchlanidae, Brachionidae, Mytilinidae, Trichotriidae) tak i dlouhou ústní trubici (Flosculariidae) (Bartoš 1959).

2.4 Souhrn literární rešerše

Biodiverzitu lze popsat různými způsoby. Jedním z nich je popis taxonomické diverzity pomocí alfa diverzity jako prostý počet druhů na dané lokalitě. Dále lze sledovat změny v biodiverzitě společenstev – beta diverzitu. Beta diverzitu můžeme rozložit na tři charakteristiky společenstev, které jsou zahrnuty v trojúhelníkových SDR grafech. Pomáhají nám tak lépe popsat změny ve společenstvu. Biodiverzitu můžeme také popsat na základě funkčních znaků – funkční diverzita. U vířníků lze použít jako funkční znaky založené na morfologických vlastnostech loriku, typ mastaxu či vířivého aparátu. Druhy živící se dravým způsobem jsou převážně nelorikátní, mají virgátní typy mastaxu a typ vířivého aparátu asplanchna či notommata. Z velké části se jedná o aktivní plavce. Kdežto velká část mikrofágních vířníků je lorikátních s malleátním typem mastaxu a vířidlem typu euchlanis. Většinou se nechávají pouze unášet proudy ve vodě.

3 Materiál a metody

3.1 Popis lokality

Chráněná krajinná oblast Kokořínsko – Máchův kraj se řadí díky své rozloze 410 km² mezi větší CHKO. Samotná oblast Kokořínska byla vyhlášena jako CHKO roku 1976. Její rozloha činí 274 km². Až nedávno, 1. 9. 2014, se k CHKO Kokořínsko připojila oblast Máchova kraje s rozlohou 136 km². Jedná se o oblast, která přímo nesousedí s Kokořínkem. Celá CHKO se rozkládá především ve Středočeském a Libereckém kraji, kde se nachází její nejvyšší hora Vlhošť (614 m n. m.). Malou částí zasahuje i do Ústeckého kraje (obr. 9).

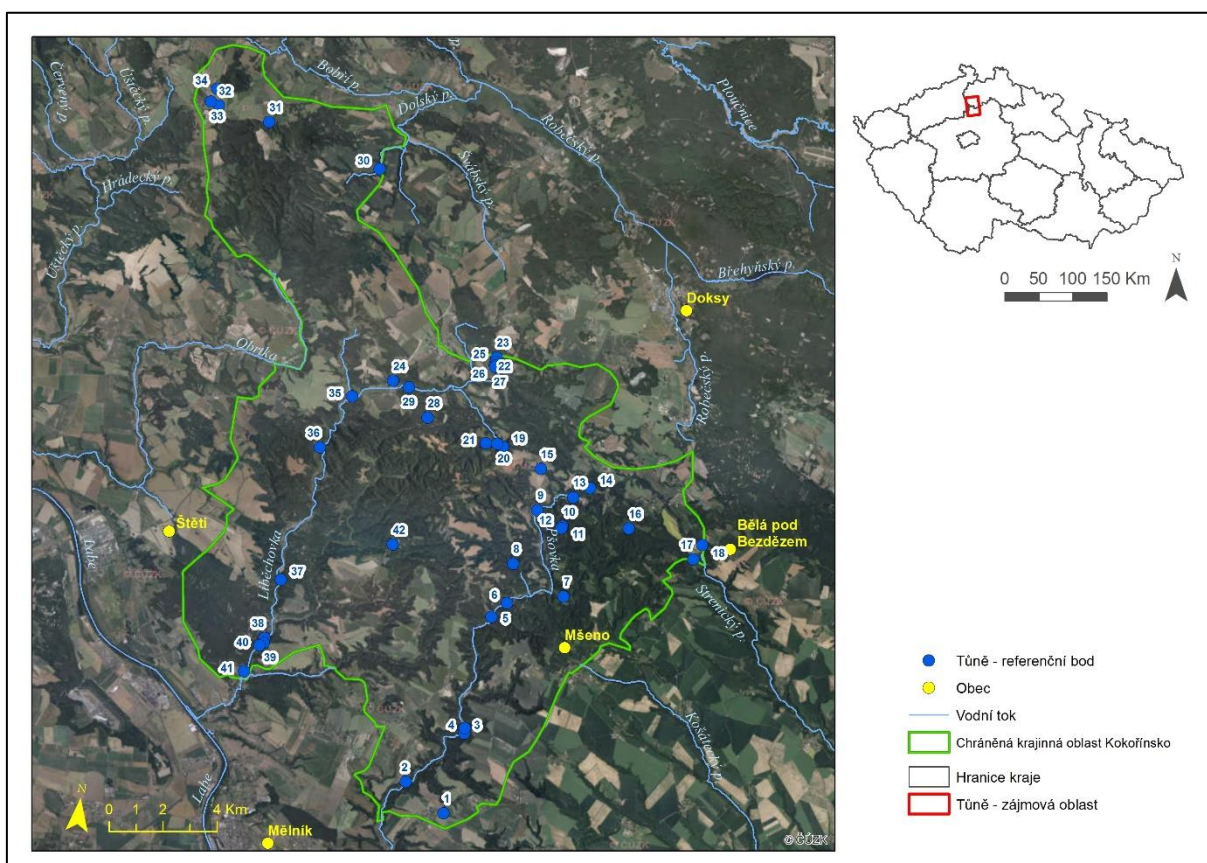
Kokořínská krajina je zalesněná oblast pahorkatinného typu se specifickou geomorfologií. Je velmi jedinečná a unikátní. Kyselé kvádrové pískovce zde vytvářejí velké útvary v podobě rozsáhlých plošin a údolí. Nalezneme zde několik skalních městeček, bran, pokliček a dalších zajímavých přírodních útvarů. Oblast zdaleka není jednotvárná. Je charakteristická značnou variabilitou různých ekosystémů, díky nimž má tato CHKO vysokou biodiverzitu. Převážná část krajiny je zalesněná. Na pískovcových skalách jsou dominantou borové lesy. Skalní hrany jsou porostlé především vřesem a různými druhy lišejníků. Zajímavostí je nejvyšší hora Vlhošť, kde severní a severovýchodní svahy jsou oproti jižním a jihozápadním podstatně vlhčí. Podklad severních a severovýchodních vlhkých svahů je tvořen vyvřelými horninami. Jsou porostlé zejména květnatými bučinami s často pralesním charakterem. Na jižních a jihozápadních svazích nalezneme především borové lesy. Nesmíme zapomenout na velmi důležitý ekosystém, kterým jsou mokřady. Mokřady v nivách potoků Liběchovky a Pšovky jsou zapsány v seznamu mezinárodně významných mokřadů chráněných tzv. Ramsarskou úmluvou. Na Kokořínku jsou velké zásoby kvalitní podzemní vody. Právě kolem potoků Pšovky a Liběchovky se nachází většina zkoumaných tůní (<http://kokorinsko.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/>).

3.2 Způsob odběru vzorků

V letních obdobích byly odebrány kvalitativní vzorky ze 42 kokořínských tůní po dobu 3 let – 2005, 2006, 2007. Polohu studovaných lokalit znázorňuje mapa níže (obr. 9). Některé tůně vznikly obnovením původních, jiné byly nově vyhloubené. Jednotlivé vzorky byly odebírány pomocí vrhací planktonní sítě s velikostí oček 40 µm. Na každé tůni bylo provedeno několik tahů nebo byla voda nalévána do sítě nádobou (zejména tam, kde bylo vyšší množství

makrofyt). Následně byly vzorky zafixovány formaldehydem. Dále byly zaznamenány vybrané abiotické faktory. V roce 2005 byly měřeny hodnoty koncentrace kyslíku, vodivost, pH, teplota. Tyto hodnoty byly měřeny víceparametrovou sondou zjišťující kvalitu vody (YSI 556 MPS; YSI, Yellow Springs, USA). O rok později se začala měřit i hloubka a odhad pokryvnosti makrofyt v tůních. V roce 2007 byla měřena koncentrace chlorofylu a, průhlednost vody pomocí Secchiho deskou a rozměry tůní. Ve všech vzorcích byly na optickém mikroskopu Leica DM750 determinovány jednotlivé druhy vířníků. K určování byly použity následující určovací klíče: Bartoš (1959), Koste (1978), Segers (1995), Nogrady a Segers (2002).

Pro bakalářskou práci byla k dispozici data z let 2005 a 2006. Mým podílem na získaných datech bylo zpracovat druhové složení vířníků z roku 2007 a podílet se na odběrech v roce 2017, které v budoucnu použijeme pro hledání změn na delší časové škále.



Obr. 9: Mapa CHKO Kokořínsko s vyznačenými jednotlivými tůněmi (autor Stanislav Grill).

3.3 Statistické zpracování dat

Základní práce s daty a tvorba grafů byla provedena v MS Office. Pro párová porovnání všech tůní mezi sebou v rámci jednoho roku byl použit statistický program SDRSimplex (<http://ramet.elte.hu/~podani>), jehož výsledky byly vykresleny pomocí balíčku „plotrix“ (Lemon 2006) ve statistickém softwaru R 3.4.2 (R Core Team 2017). Trojúhelníkové grafy znázorňující rozložení beta diverzity mezi jednotlivými roky byly také vytvořené ve statistickém softwaru R 3.4.2 (R Core Team 2017).

Rozdělení tůní do skupin podle taxonomického zastoupení druhů bylo provedeno pomocí balíčků „vegan“ (Oksanen et al. 2017) a „rpart“ (Therneau et al. 2017) ve statistickém softwaru R 3.4.2 (R Core Team 2017).

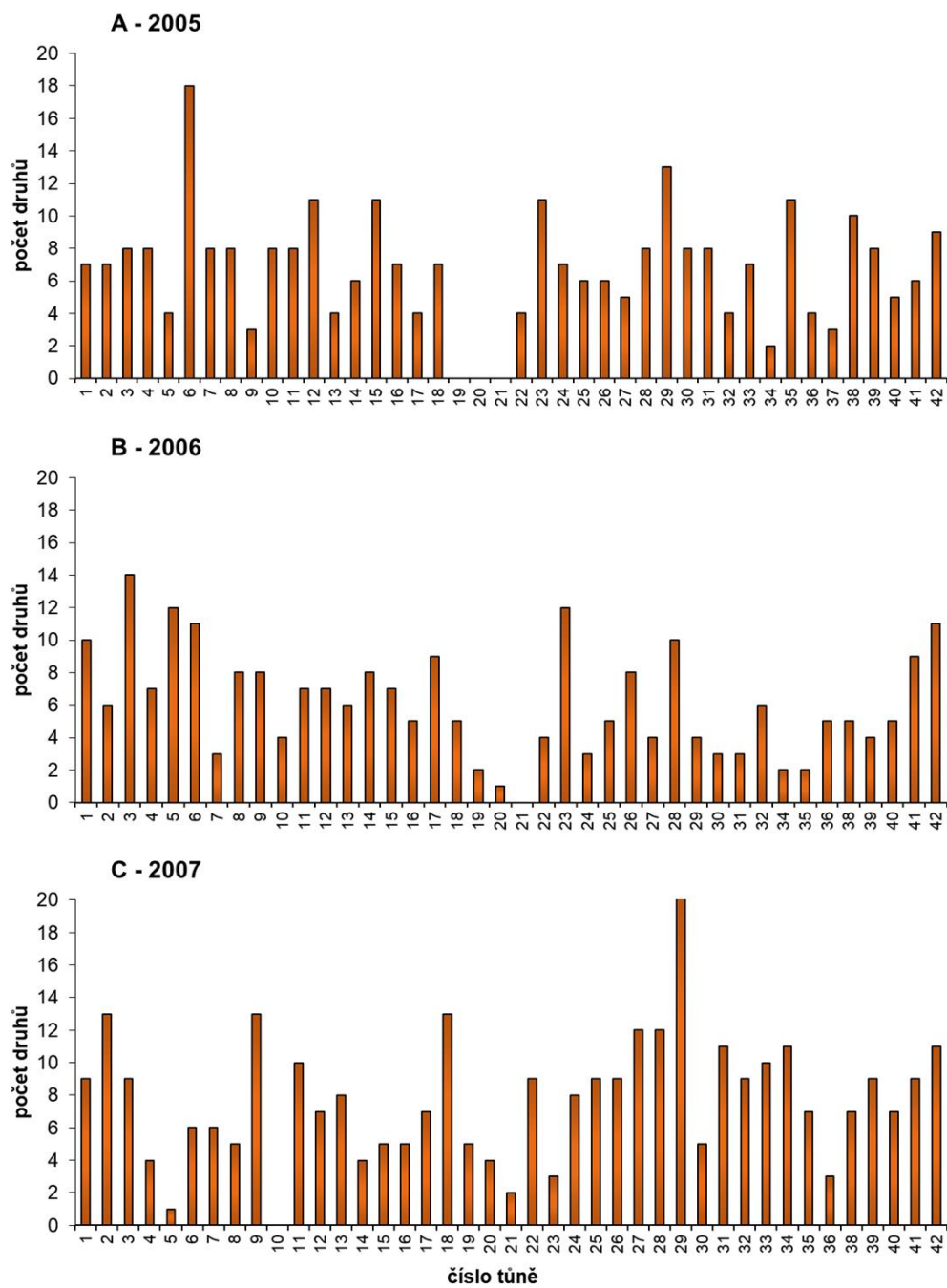
Vyhodnocování dat bylo průběžně konzultováno se školitelem a aktivně jsem se na něm podílela.

4 Výsledky

4.1 Taxonomická diverzita vířníků

V letních měsících v letech 2005–2007 bylo v tůních nalezeno celkem 88 druhů vířníků (viz. příloha). Nejčastějším druhem byla dravá, nelorikátní *Polyarthra dolichoptera*. Dalšími hojnými druhy byly lorikátní *Anuraeopsis fissa*, *Lepadella patella*, *Keratella testudo*, *Lecane closterocerca* a *Colurella uncinata*. Značnou část společenstev tvořila třída Bdelloidea. Méně často se vyskytujícími druhy byly *Mytilina mucronata*, *Mytilina ventralis*, *Lecane luna*, *Lecane lunaris*, *Euchlanis dilatata*, *Keratella quadrata*, *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris*, *Filinia longiseta*, *Trichocerca rattus*, *Trichocerca bicristata*, *Trichocerca bidens*, *Synchaeta pectinata*. Vzácnými druhy těchto lokalit byly *Filinia terminalis*, *Proales* sp., *Notommata* sp., *Monommata* sp., *Brachionus diversicornis*, *Kellicottia longispina*, *Keratella serrulata*, *Lepadella oblonga*, *Squatinella mutica*, *Leacne ludwigii*. Z čeledi Trichocercidae zde bylo zastoupeno velké množství druhů, ale většina z nich byla nalezena jen vzácně (např. *Trichocerca tetractis*, *Trichocerca weberi*, *Trichocerca tenuior*, *Trichocerca rousseleti*, *Trichocerca parvula*, *Trichocerca inermis*, *Trichocerca* cf. *cylindrica*).

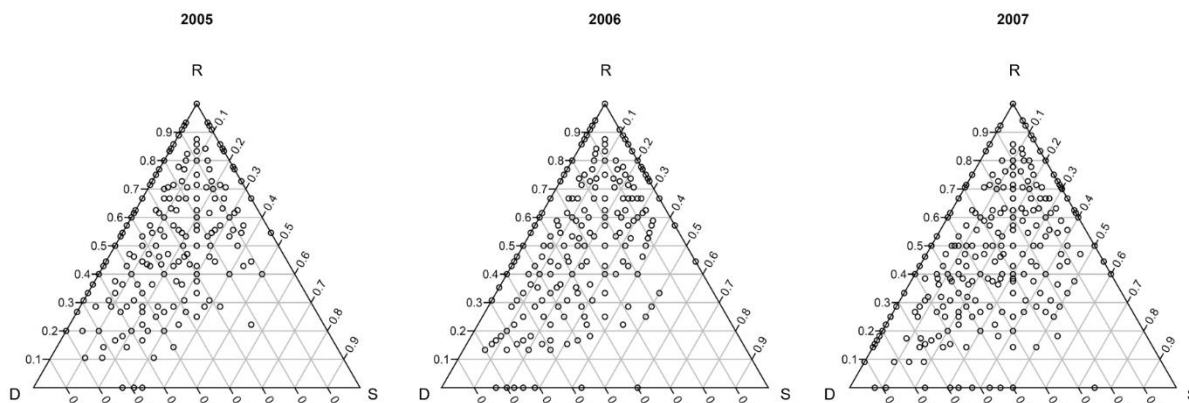
Počty druhů v jednotlivých tůních se během tří let (2005–2007) měnily. Druhově nejchudší byl rok 2006, naopak druhově bohaté byly tůně v roce 2007. V některých tůních nebyly nalezeny žádné druhy. Konkrétní počty druhů v jednotlivých lokalitách během tří let jsou znázorněny na obr. 10.



Obr. 10: Počet druhů v jednotlivých lokalitách ve všech hodnocených letech.

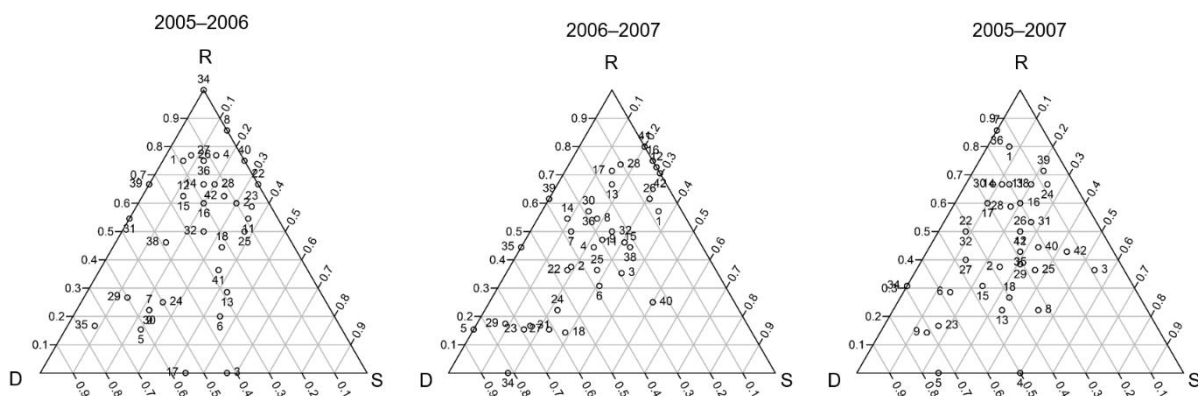
4.2 Rozklad beta diverzity

Z hlediska duhového složení se tůň mezi sebou liší. Dokazují to nízké hodnoty *similarity*. Ve všech třech letech je trend rozkladu beta diverzity obdobný. Přejíždí z *nestedness* do vyšších hodnot *turnover* a *richness differences*. Během tří sledovaných let se zvyšuje *similarity*, tzn. ve více tůň se vyskytuje více stejných druhů (obr. 11).



Obr. 11: Rozklad beta diverzity během jednotlivých let. Jednotlivé body v trojúhelníkovém grafu znázorňují párové porovnání lokalit.

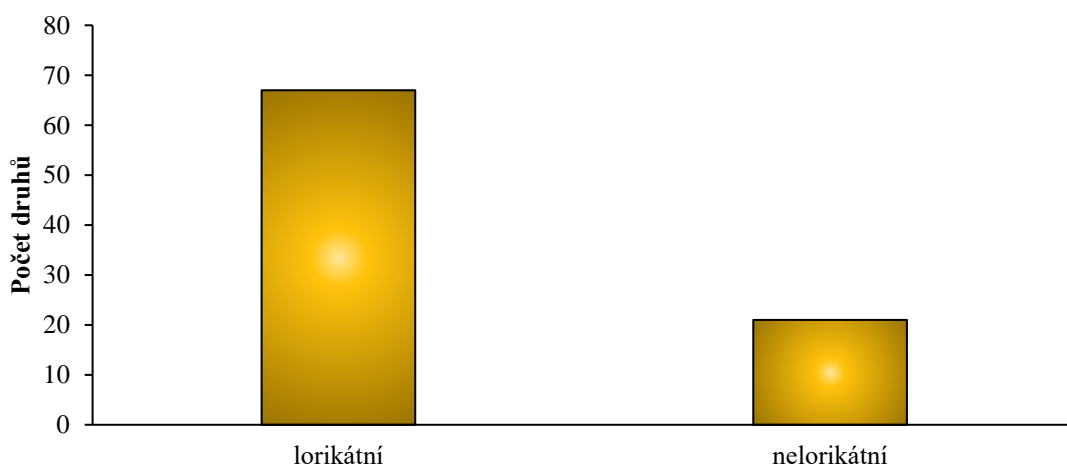
Změny v rozmístění druhů nebyly náhodné (obr. 12). Hodnoty *similarity* byly nízké, kdežto hodnoty *turnover* spíše vyšší, což nám prozrazuje, že druhové složení se v tůň z roku na rok měnilo. Během prvního sledovaného roku se v naprosté většině tůň mnoho druhů vyměnilo. Vyplyvá to z vysokých hodnot *turnover*. *Species richness* je u většiny tůň nízká. Druhů v tůň nepřibývalo. Během druhého roku (2006–2007) se hodnoty *species richness* zvýšily. Počet druhů vzrostl. Během dvou let se velká část druhů vyměnila. Počet druhů se mírně zvýšil.



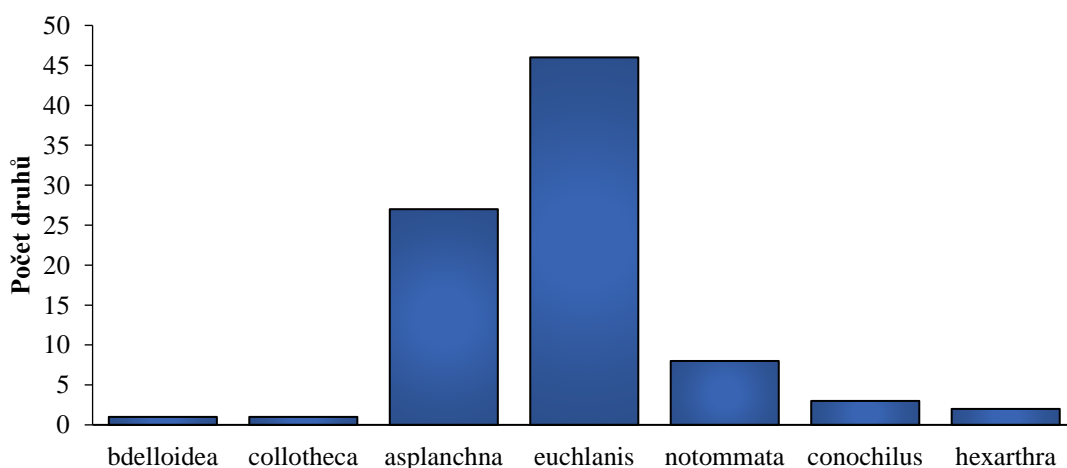
Obr. 12: Rozklad beta diverzity mezi jednotlivými roky (2005–2006, 2006–2007) a celkové změny v taxonomické diverzitě vířníků v tůň (2005–2007).

4.3 Diverzita vířníků dle funkčních znaků

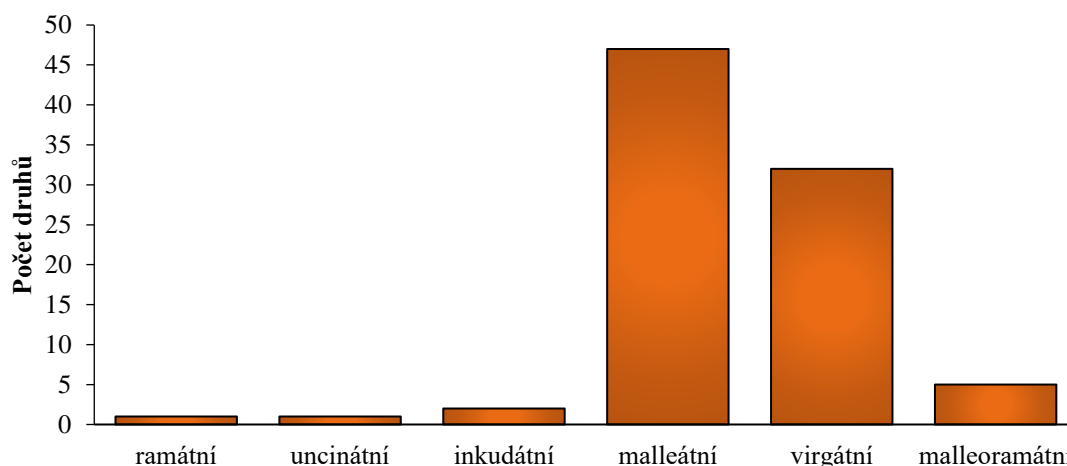
V tůních CHKO Kokořínsko jednoznačně dominovaly lorikátní druhy (67 druhů) (obr. 13). Nejvíce se vyskytovaly druhy s vířidlem typu euchlanis (46 druhů) a asplanchna (27 druhů) (obr. 14) a malleátním (47 druhů) a virgátním (32 druhů) typem mastaxu (obr. 15). Ostatní typy vířidel byly přítomné v maximálním počtu osmi druhů (obr. 14), ostatní typy mastaxů v maximálním počtu pěti druhů (obr. 15). Ramátní typ mastaxu je zde pouze jedenkrát, jelikož se vyskytuje u třídy pijavenek (Bdelloidea), které nebyly kvůli komplikované determinaci určovány do druhů.



Obr. 13: Počty lorikátních a nelorikátních druhů všech studovaných tůní v letních obdobích v letech 2005–2007.



Obr. 14: Počty druhů s různými typy vířidel ve všech sledovaných tůních v letních obdobích v letech 2005–2007.



Obr. 15: Počty druhů s různými typy mastaxů ve všech sledovaných tůňích v letních obdobích v letech 2005–2007.

4.4 Porovnání funkční a taxonomické diverzity

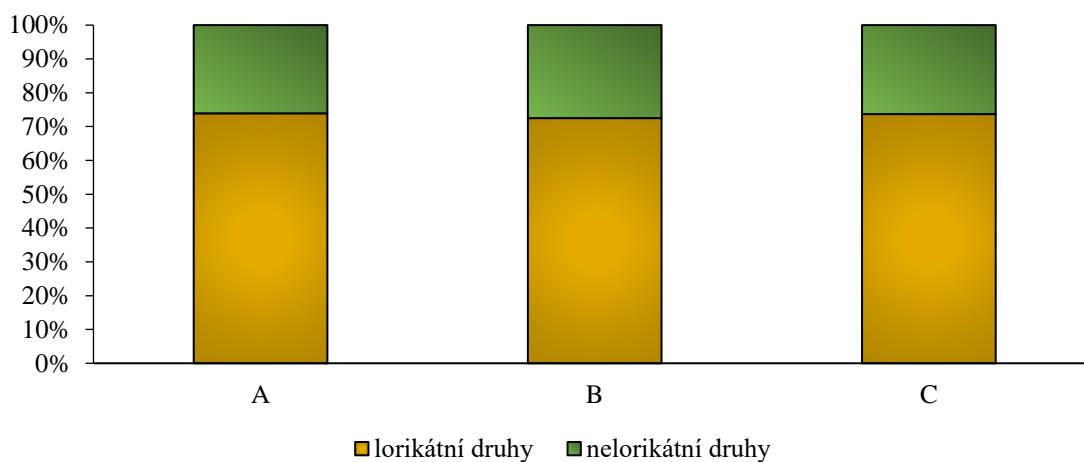
Tůňe z roku 2007 byly na základě měřených proměnných prostředí rozděleny do tří skupin (A, B, C) podle hloubky a stáří (viz. Tab. 1). Nejvíce tůňí (16) bylo hlubších než 0,9 m bez ohledu na stáří tůňe. Pouze o jednu tůň méně bylo ve skupině tůňí, jejichž hloubka nepřesahovala 0,9 m a zároveň byla mladší než 6,5 let. V hlubokých, věkem neomezených tůňích bylo nalezeno nejvíce druhů. V této skupině je zároveň nejvíce tůňí. V mělkých a mladších tůňích, kde je pouze o jednu tůň méně, bylo nalezeno v průměru pouze o 1,5 druhů méně.

Tab. 1: Rozdělení tůňí dle hloubky a stáří do 3 skupin a jejich průměrný počet druhů.

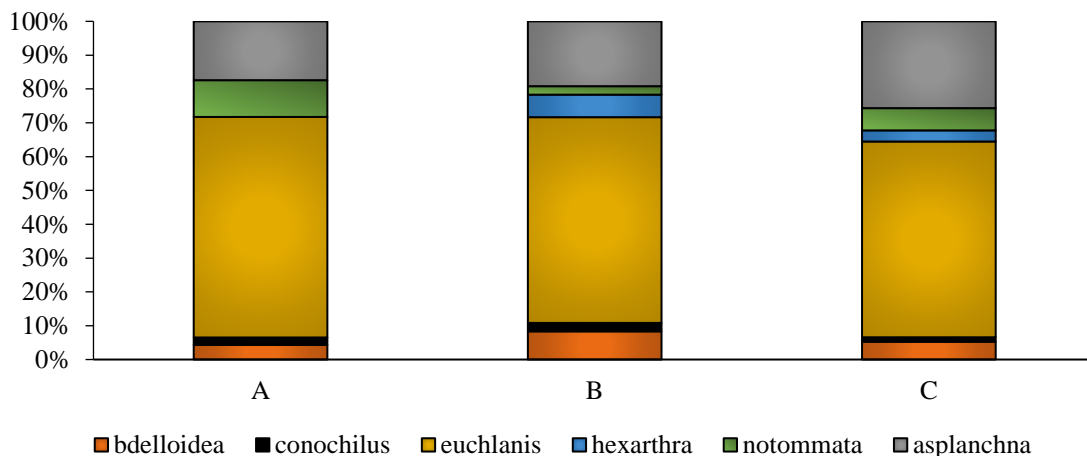
	hloubka [m]	stáří [roky]	počet tůňí	průměrný počet druhů v jedné tůňi
A	<0,9	>6,5	10	4,6
B	<0,9	<6,5	15	8
C	>0,9	-	16	9,5

Pro jednotlivé skupiny tůní (A, B, C) byly stanoveny průměrné počty druhů na jednu lokalitu, průměrné počty lorikátních a nelorikátních vířníků, průměrné počty druhů s různým typem vířivého aparátu a průměrné počty druhů s různým typem mastaxu pro jednu tůň v daných skupinách. Procentuální zastoupení druhů s jednotlivými funkčními znaky pro tůň dané skupiny jsou znázorněna na obrázcích 16, 17 a 18.

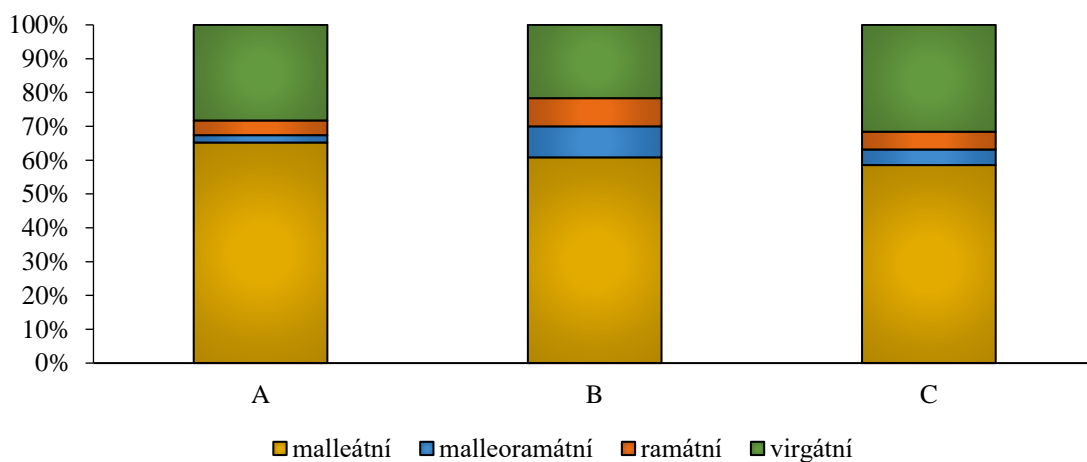
Lorikátní druhy mají ve všech třech skupinách tůní přibližně stejnou převahu nad nelorikátními (obr. 16). Jednoznačně dominují druhy s typem vířidla *euchlanis* ve všech třech skupinách tůní. Druhy s typem vířidla *hexarthra* se v mělkých a starších tůních (skupina A) nevyskytují zcela vůbec. V hlubokých, věkově neomezených tůních se vyskytují jen ojediněle. Vířníci s typem *asplanchna* se průměrně nejvíce vyskytovali v hlubokých, věkově neomezených tůních (obr. 17). Dominantou ve všech tůních jsou druhy s malleátním typem mastaxu. Častými jsou i druhy s virgátním typem. V mělkých mladších tůních je výskyt druhů s virgátním typem mastaxu v poměru s jinými typy nejnižší. Naopak nejvyšší je v hlubších, věkově neomezených tůních. Druhy s malleátním typem mastaxu se nejčastěji vyskytují v mělkých a starších tůních (obr. 18).



Obr. 16: Procentuální zastoupení lorikátních a nelorikátních druhů vířníků ve třech skupinách tůní (A, B, C).



Obr. 17: Procentuální zastoupení druhů vířníků s různým typem vířidla ve třech skupinách tůní (A, B, C).



Obr. 18: Procentuální zastoupení druhů vířníků s různým typem mastaxu ve třech skupinách tůní (A, B, C).

5 Diskuze

5.1 Taxonomická diverzita

Výzkum vířníků probíhá na území České republiky zhruba 160 let, ovšem jednotlivé výzkumy probíhají s velkými pauzami a jsou nesystematické a často příliš obecné. Z oblasti CHKO Kokořínsko nejsou dosud žádné výzkumné práce zaměřené právě na tento kmen živočichů. Nejbližší oblast, kde se uskutečnil výzkum vířníků je oblast Máchova kraje. Výzkum byl prováděn v Máchově jezeře, Břehyňském a Novozámeckém rybníku (Sládeček 1951) a v některých polabských tůních (Hrbáček a Novotná-Dvořáková 1965). Tyto výzkumy jsou ovšem už velmi zastaralé a dnešní diverzita druhů může být zcela odlišná (Devetter 2006).

V letech 2005 a 2006 při trojím odběru (jaro, léto, podzim) bylo nalezeno celkem 92 druhů vířníků (Šorf, nepubl. data). Ve vzorcích z letního období z let 2005, 2006 a 2007 jich bylo nalezeno celkem 88. Dominovaly lorikátní druhy, avšak nejčastějším druhem byla nelorikátní *Polyarthra dolichoptera*. Tento druh je kosmopolitně rozšířen. Žije v eutrofních vodách s rozsahem pH 4,2–8,6 (Nogrady a Segers 2002). Tůně Kokořínska měly hodnoty pH v rozsahu 6,2–9,4. *Polyarthra dolichoptera* se vyskytuje nejvíce mezi dubnem a červnem (Bartoš 1959). Kokořínské tůně jsou tedy pro tento druh vhodným habitatem. Počty druhů v jednotlivých letech se měnily. V roce 2006 byly tůně druhově nejchudší. Jednou z příčin může být velmi suché léto tohoto roku či jiné nepříznivé podmínky pro život způsobené různými faktory.

5.2 Rozklad beta diverzity

V této bakalářské práci byly použity pro rozklad beta diverzity SDR trojúhelníkové grafy, které názorně ilustrují změny společenstev vířníků mezi tůněmi v čase (z roku na rok) a změny společenstev vířníků mezi tůněmi v každém roce. Výhodou je současné zobrazení tří indexů popisujících mechanismy změn společenstev. V případě kokořínských tůní byly zjištěny velmi nízké hodnoty *similarity* jak při porovnání tůní mezi sebou v každém roce, tak i při porovnání tůní mezi jednotlivými roky (2005–2006, 2006–2007) tak i v celkových změnách v taxonomické diverzitě během dvou let (2005–2007). Jednotlivé tůně se mezi sebou liší jak ve složení druhů, tak v druhové bohatosti. Byl zjištěn trend rozkladu beta diverzity, který přechází z *nestedness* do vysokých hodnot *turnover* a vysokých hodnot *richness differences*.

Jedním z důvodů nízkých hodnot *similarity* může být lokace tůní. Většina tůní se nachází podél dvou potoků (Pšovka a Liběchovka). Při rozvodnění těchto potoků může docházet ke

změně taxonomické diverzity v tůních. Jiným důvodem výměny druhů i jejich bohatosti může být schopnost vířníků přežívat v sedimentu či na vyschlém břehu díky trvalým vajíčkům. Při následovném zaplavení tůně jsou tyto druhy vířníků schopny se vylíhnout a začít s reprodukcí.

Tůně jsou velmi nestálým biotopem. Často může docházet k jejich vyschnutí. Diverzitu může měnit spousta událostí, např. disturbance typu vyvrácení stromu, který zvětší plochu tůně, polom stromů přímo do tůně, uhynutí větších či menších živočichů v tůni atd. Zajímavá je lokalita číslo 34. V roce 2005 i 2006 byl počet druhů stejný, ovšem nastal úplný *turnover*, tzn. že v roce 2006 zde byl stejný počet zcela jiných druhů. Z roku 2006 na rok 2007 nastal velký nárůst druhů, vysoká hodnota D (*richness differences*). Druhy, které se vyskytovaly v roce 2006 se vyskytovaly i v roce 2007, nastala tak situace úplná *nestedness*. Během těchto dvou let se tůň velmi změnila. Mnoho druhů přibýlo a některé druhy se obměnily. Jednou z možných příčin může být vyvrácení stromu v období mezi odběry vzorků z let 2006 a 2007, které tak zvětšilo plochu tůně.

Kokořínské tůně se od sebe liší hloubkou, velikostí, polohou (zda se nacházejí na louce, v jehličnatém či listnatém lese atd.), stářím, množstvím makrofyt a fytoplanktonu, množstvím rozpuštěného kyslíku a dalších fyzikálně-chemických parametrů. Přesný důvod, proč se mění druhová bohatost a jejich zastoupení v tůních není zcela jasná, jelikož popisy lokalit nebyly uváděny ve všech třech vzorkovacích obdobích.

5.3 Funkční znaky

Zabývala jsem se sledováním třech vybraných funkčních znaků založených na morfologických vlastnostech. Tyto znaky jsem pozorovala pouze u druhů ve vzorcích z roku 2007. Jednotlivé tůně byly na základě taxonomické diverzity rozděleny do tří skupin dle hloubky a stáří tůně.

Ve všech tůních jednoznačně dominovaly lorikátní druhy s malleátním typem mastaxu a vířidlem typu *euchlanis*. Druhy s ramátním typem mastaxu a typem vířidla *bdelloidea* jsou zde velmi málo zastoupeny, jelikož třída pijavenky, která má právě tyto znaky, nebyla z důvodu složité determinace určována do druhů. Ke správnému určení je ve většině případů zapotřebí mít vzorek se živými jedinci, jen některé druhy lze rozlišit i podle jiných znaků (např. zubního vzorce).

Typ mastaxu a způsob výživy určuje typ potravy (Obertegger et al. 2011). Převážná většina druhů vířníků s malleátním typem mastaxu a typem vířidla *euchlanis* je mikrofágní. Pro většinu druhů s virgátním typem mastaxu a typem vířidla *asplanchna* či *notommata* je

typický dravý způsob získávání potravy. Tyto druhy často nemají loriku (Obertegger a Flaim 2015). Typickým mikrofágním vířníkem s vířidlem *euchlanis* a malleátním typem mastaxu kokořínských tůní je např. *Keratella cochlearis*. Chrání se před predátory lorikou, na jejíž přední části vyrůstají tři páry zašpicatělých výběžků. Typickým dravým vířníkem je např. nejhojnější druh tůní v CHKO Kokořínsko *Polyarthra dolichoptera* s typem vířidla *asplanchna* a virgátním mastaxem. Jedná se o aktivně plavající druh, čímž se brání před predátory. Tělo nemá kryto lorikou.

5.4 Srovnání funkční a taxonomické diverzity

Hlubokých, věkově neomezených tůní byl největší počet. Právě v těchto tůních bylo nalezeno nejvíce druhů vířníků. Naopak mělkých a starších tůní bylo nejméně, kde bylo nalezeno nejméně druhů vířníků. Ve skupině, která měla největší počet tůní se vyskytovalo nejvíce druhů. V hlubších, věkově neomezených či mladších než 6,5 let byla funkční diverzita pestřejší oproti mělkým a starším tůním. Pestrost funkční diverzity velmi úzce souvisí s počtem druhů. Čím je vyšší taxonomická diverzita, tím je pestřejší funkční diverzita.

Převaha lorikátních druhů nad nelorikátními je ve všech tůních téměř stejná. Důvodem může být vyšší zastoupení běžných lorikátních druhů ve většině tůní hlubokých i mělkých, mladých i starších (např. *Anuraeopsis fissa*, *Keratella testudo* či *Lepadella patella*) oproti nelorikátním.

V tůních s vyšší taxonomickou diverzitou byly nalezeny druhy s více typy vířivého aparátu. Největší převaha druhů s nejběžnějším typem vířidla *euchlanis* byla v mělkých a starších tůních. V těchto tůních byl nejmenší podíl druhů s typem *asplanchna* a druhy s typem *hexarthra* se nevyskytovaly zcela vůbec. Naopak v hlubokých tůních bylo největší zastoupení druhů s typem *asplanchna*. Typ *euchlanis* je typický pro planktonní druhy (Fontaneto a De Smet 2015). Většina druhů s typem vířidla *asplanchna* aktivně plave (Bartoš 1959). Proč se v mělkých a starších tůních nevyskytovaly zcela vůbec druhy s typem *hexarthra* není úplně jasné. Mojí domněnkou je, že zde bylo celkově málo druhů a ze všech druhů, které byly v tůních nalezeny, má tento typ vířidla relativně malý počet druhů.

Ve všech tůních se v roce 2007 vyskytovaly druhy se čtyřmi typy mastaxů. Opět největší převaha nejběžnějšího typu mastaxu (malleátní) byla v mělkých a starších tůních jako tomu bylo i s nejběžnějším typem vířidla. Odráží to skutečnost, že naprostá většina druhů s malleátním typem mastaxu má typ vířidla *euchlanis*. Druhy s malleátním typem mastaxu jsou nejčastěji mikrofágní (Obertegger a Falim 2015). Nejméně byly zastoupeny druhy

s malleoramátním a ramátnám typem mastaxu. Druhy s virgátním typem mastaxu se žijí většinou dravě. Vyskytovaly se nejvíce v hlubších tůních. Často se však vyskytovaly i v mělkých a starších tůních. Tyto druhy mívají vířivý aparát typu *asplanchna* či *notommata*.

6 Závěr

Podářilo se mi popsat taxonomickou diverzitu vířníků tůní CHKO Kokořínsko v letních obdobích ve třech letech 2005–2007 prostým počtem druhů. Ač se tůně nacházejí relativně blízko sebe, najdeme mezi nimi spoustu rozdílů. Liší se jednak svými abiotickými vlastnostmi, ale i druhovou bohatostí a různými druhy.

Pomocí trojúhelníkových grafů SDR byla rozložena beta diverzita na tři složky. Tyto grafy ukázaly rozdíly ve složení druhů i v druhové bohatosti mezi jednotlivými tůněmi a změny ve složení druhů a v druhové bohatosti v daných tůních mezi jednotlivými roky. Trend rozložení beta diverzity přecházel z *nestedness* do vyšších hodnot *turnoveru*. Hodnoty *similarity* byly nízké.

V mělkých a starších tůních, kde bylo průměrně nalezeno nejméně druhů měly největší převahu druhy s nejběžnějším typem mastaxu i vířidla. V těchto tůních byla funkční i taxonomická diverzita nižší. Naopak v mělkých, mladých a hlubokých, věkem neomezených tůních byla jak taxonomická diverzita, tak i funkční diverzita vyšší. Funkční diverzita na základě morfologických znaků úzce souvisí s taxonomickou diverzitou.

7 Použitá literatura

- Bartoš E. (1959): Vířníci – Rotatoria, Fauna ČSR, Vol. 15, Praha, 969 s.
- Baselga A. (2007): Disentangling distance decay of similarity from richness gradients: response to Soininen et al. 2007. *Ecography* 30/6: 838-841.
- Baselga A. (2010): Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography* 19/1: 134-143.
- Baselga A. (2012): The relationship between species replacement dissimilarity derived from nestedness and nestedness. *Global Ecology and Biogeography* 21/12: 1223-1232.
- Baselga A., Jiménez-Valverde A. a Niccolini G. (2007): A multiple-site similarity measure independent of richness. *Biology Letters* 3/6: 642-645.
- Begon M., Harper J. L. a Townsend C. R. (1997): *Ekologie: jedinci, populace a společenstva*. Olomouc, 949 s. ISBN: 80-7067-695-7.
- Cadotte M. W., Carscadden K. a Mirotnick N. (2011). Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. *Journal of Applied Ecology* 48: 1079–1087.
- Carvalho J. C., Cardoso P. a Gomes P. (2012): Determining the relative roles of species replacement and species richness differences in generating beta-diversity patterns. *Global Ecology and Biogeography* 21/7: 760-771.
- Carvalho J. C., Cardoso P., Borges P. A. V., Schmera D. a Podani J. (2013): Measuring fraction of beta diversity and their relationships to nestedness: a theoretical and empirical comparison of novel approaches. *Oikos* 122/6: 825-834.
- Cílek V. (2005): *Krajiny vnitřní a vnější: texty o paměti krajiny, smysluplném bobrovi, areálu jablkového štrúdlu a také o tom, proč lezeme na rozhlednu. 2., dopl. vyd. Praha: Dokořán, 269 s., xvi s. obr. příl. ISBN 80-7363-042-7.*
- Darwin Ch. (1859): *On the origin of species by means of natural selection*. Londýn: John Murray; v českém překladu: Darwin, Ch. (2007): *O vzniku druhů přírodním výběrem*. Praha: Academia.
- Devetter M. (2006): Planktonní vířníci (Rotifera) Kokořínska. *Bohemia centralis* 27: 27–33.
- Dolédec S. a Bonada N. (2013): So what? Implications of loss of biodiversity for ecosystem functioning. In Sabater, S. a A. Elosegi (eds), *River Conservation Challenges and Opportunities*. Fundacion BBVA, Madrid: 169–192.

- Fontaneto D. a De Smet W. H. (2015): Rotifera. Handbook of Zoology, Gastrotricha, Cycloneuralia and Gnathifera. vol. 3: Gastrotricha and Gnathifera s. 217–300. Andreas Schmidt-Rhaesa (ed.). Berlin: de Gruyter.
- Gagic, V., I. Bartomeus, T. Jonsson, A. Taylor, C. Winqvist, C. Fischer, E. M. Slade, I. Steffan-Dewenter, M. Emmerson, S. G. Potts, T. Tscharnke, W. Weisser a R. Bommarco, (2015). Functional identity and diversity of animals predict ecosystem functioning better than species-based indices. *Proceedings of the Royal Society B* 282: 2014–2620.
- Gaston K. J., Blackburn T. M., Greenwood J.J., Gregory R. D., Quinn R. M. a Lawton J. H. (2000): Abundance–occupancy relationships. *Journal of Applied Ecology* 37/S1: 39-59.
- Gilbert J. J. a McPeck M. A. (2013): Maternal age and spine development in a rotifer: ecological implications and evolution. *Ecology* 94/10: 2166–2172.
- Gosse P. H. (1856): On the structure, functions, and homologies of the manducatory organs in the class Rotifera. *Philos. Trans. Royal. Soc.*, 146: 419–452.
- Hébert M.-P., Beisner B. E. a Maranger R. (2017): Linking zooplankton communities to ecosystem functioning: toward an effect-trait framework. *Journal of Plankton Research* 39/1: 3–12.
- Hrbáček J. a Novotná-Dvořáková M. (1965): Plankton of four backwaters related to their size and fish stock. – *Rozpravy Československé Akademie Věd, Praha*, 75/13: 1–65.
- Jaccard P. (1912) The distribution of the flora in the alpine zone. *New Phytologist*, 11, 37–50.
- Jost L. (2006): Entropy and diversity. *Oikos*, 113: 363-375.
- Jost L. (2007): Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology* 88/10: 2427-2439.
- Kolář F., Baláž V., Falteisek L., Chlumská Z., Kubešová M., Matějů J., Prach J., Rezková M. (2012): Biodiverzita a priority ochrany přírody. *Ochrana přírody z pohledu biologa*. ISBN: 978-80-7363-414-8.
- Koleff P., Gaston K. J. a Lennon J. J. (2003): Measuring beta diversity for presence–absence data. *Journal of Animal Ecology* 72/3: 367-382.
- Koste W. (1978): Rotatoria. Die Radertiere Mitteleuropas. Ein Bestimmungswerk begründet von Max Voigt, Stuttgart, Borntrager.
- Koste W. a Shiel R. J. (1987): Rotifera from Australian inland waters. II. Epiphanidae and Brachionidae (Rotifera: Monogononta). *Invertebrate Taxonomy* 7: 949–1021.

- Lande R. (1996): Statistics and partitioning of species diversity and similarity among multiple communities. *Oikos* 76: 5-13.
- Lavorel S. a Garnier E. (2002): Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology* 16:545–556.
- Lemon J. (2006): Plotrix: a package in the red light district of R. *R-News* 6/4: 8–12.
- McGill B. J., Enquist B. J., Weiher E. a Westoby M. (2006): Rebuilding community ecology from functional traits. *TRENDS in Ecology and Evolution* 21/4: 178–185.
- Nogrady T. a Segers H. (2002). *Rotifera*, Vol. 6.: Asplanchnidae, Gastropodidae, Liniidae, Microcodidae, Synchaetidae, Trochosphaeridae and Filinia. Backhuys Publishers, Leiden, 264 s.
- Obertegger U. a Flaim G. (2015): Community assembly of rotifers based on morphological traits. *Hydrobiologia* 753:31–45.
- Obertegger U., Smith H. A., Flaim G. a Wallace R. L. (2011): Using the guild ratio to characterize pelagic rotifer communities. *Hydrobiologia* 662: 157–162.
- Oksanen J., Blanchet F. G., Friendly M., Kindt R., Legendre P., McGlinn D., Minchin P. R., O'Hara R. B., Simpson G. L., Solymos P., Stevens M. H. H., Szoecs E. a Wagner H. (2017): *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-4. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Petchey O. L. a Gaston K. J. (2002): Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology Letters* 5: 402–411.
- Petchey O. L. a Gaston K. J. (2006): Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters* 9: 741–758.
- Pla L., Casanoves F. a Di Rienzo J. (2012): *Quantifying functional biodiversity*. New York: Springer. SpringerBriefs in environmental science. e-ISBN: 978-94-007-2648-2.
- Podani J. a Schmera D. (2011): A new conceptual and methodological framework for exploring and explaining pattern in presence-absence data. *Oikos* 120/11: 1625-1638.
- R Core Team (2017): *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Sedlák E. (2005): *Zoologie bezobratlých. 2. přeprac. vydání*. Brno: PřF MU.
- Segers H. (1995): *Rotifera*, Vol. 2.: The Lecanidae (Monogononta). SPB Academic Publishers bv, The Hague, 223 s.
- Shannon C. a Weaver W. (1949): *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana.

- Schmera D, Heino J., Podani J, Erős T. a Dolédec S. (2017): Functional diversity: a review of methodology and current knowledge in freshwater macroinvertebrate research. *Hydrobiologia* 787: 27–44.
- Simpson E. H. (1949): Measurements of diversity. *Nature* 163:688.
- Sládeček V. (1951): Zooplankton Máchova jezera, Břežňanského a Novozámeckého rybníka. *Čas. Nár. Mus., Praha*, 122: 29–34.
- Therneau T., Atkinson B. a Ripley B. (2017): rpart: Recursive Partitioning and Regression Trees. R package version 4.1-11. <https://CRAN.R-project.org/package=rpart>.
- Tilman D. (2001): Functional diversity. *Encyclopedia of biodiversity*, 3: 109–120.
- Tilman D., Fargione J., Wolff B., D'Antonio, Dobson A., Howarth R., Schindler D., Schlesinger W. H., Simberloff D., Swackhamer D. (2001): Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*, 292: 281–284.
- Vaughn C. C. (2010): Biodiversity losses and ecosystem function in freshwaters: emerging conclusions and research directions. *BioScience* 60/1: 25–33.
- Veech J.A., Summerville K.S., Crist T.O. a Gering J.C. (2002): The additive partitioning of species diversity: recent revival of an old idea. *Oikos* 99/1: 3-9.
- Violle C., Navas M.-L., Vile D., Kazakou E., Fortunel C., Hummel I. a Garnier E. (2007): Let the concept of trait be functional! *Oikos* 116: 882–892.
- Wallace R. L., Snell T. W., Ricci C. a Nogrady T. (2006): Rotifera. 2nd ed. Leiden: Backhuys Publisher. ISBN 90-5782-178-8.
- Whittaker R. H. (1960): Vegetation of the Siskiyou mountains Oregon and California. *Ecological Monographs* 30/3: 279-338.

7.1 Internetové zdroje

- Baselga A., beta diversity and dissimilarity. Inicio – Páxinas persoais – USC [online], staženo dne 15. 11. 2017. Dostupné z: <http://webspersoais.usc.es/persoais/andres.baselga/beta.html>.
- Charakteristika oblasti. Správa CHKO Kokořínsko [online], staženo dne 10. 11. 2017. Dostupné z: <http://kokorinsko.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/>.
- Podani J., Department of Plant Systematics, Ecology and Theoretical Biology [online], staženo dne 10. 11. 2017. Dostupné z: <http://ramet.elte.hu/~podani>.

8 Přílohy

Seznam druhů nalezených v tůních CHKO Kokořínsko.

	Třída	Řád	Čed'	Druh
DIGONONTA				
	Bdelloidea			
				Bdelloidea gen. spp.
MONOGONONTA				
	Gnesiotrocha			
		Collothecacea		
			Collothecidae	
				<i>Collotheca</i> sp.
		Flosculariacea		
			Filiniidae	
				<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)
				<i>Filinia terminalis</i> (Plate, 1886)
				<i>Filinia longiseta/terminalis</i>
			Hexarthridae	
				<i>Hexarthra mira</i> (Hudson, 1871)
			Testudinellidae	
				<i>Testudinella patina</i> (Hermann, 1783)
	Pseudotrocha			
		Ploima		
			Asplanchnidae	
				<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850
				<i>Asplanchna sieboldi</i> (Leydig, 1854)
			Brachionidae	
				<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse, 1851)
				<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851
				<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766
				<i>Brachionus diversicornis</i> (Daday, 1883)
				<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783
				<i>Brachionus rubens</i> Ehrenberg, 1838
				<i>Brachionus urceolaris</i> Müller, 1773
				<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)
				<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)
				<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)
				<i>Keratella serrulata</i> (Ehrenberg, 1838)
				<i>Keratella testudo</i> (Ehrenberg, 1832)
				<i>Keratella valga</i> (Ehrenberg, 1834)
				<i>Keratella</i> sp.
				<i>Notholca squamula</i> (Müller, 1786)
				<i>Platylas quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)

			Epiphanidae	
				<i>Epiphanes senta</i> (Müller, 1773)
			Euchlanidae	
				<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1830
				<i>Euchlanis triquetra</i> Ehrenberg, 1838
			Gastropodidae	
				<i>Ascomorpha ecaudis</i> Perty, 1850
			Lecanidae	
				<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)
				<i>Lecane closterocerca</i> (Schmarda, 1859)
				<i>Lecane elsa</i> Hauer, 1931
				<i>Lecane flexilis</i> (Gosse, 1886)
				<i>Lecane hamata</i> (Stokes, 1896)
				<i>Lecane acuata/hamata</i>
				<i>Lecane ludwigii</i> (Eckstein, 1883)
				<i>Lecane luna</i> (Müller, 1776)
				<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)
				<i>Lecane stichaea</i> Harring, 1913
				<i>Lecane sp.</i>
			Lepadellidae	
				<i>Colurella adriatica</i> Ehrenberg, 1831
				<i>Colurella uncinata</i> (Müller, 1773)
				<i>Lepadella acuminata</i> (Ehrenberg, 1834)
				<i>Lepadella patella oblonga</i> (Ehrenberg, 1834)
				<i>Lepadella ovalis</i> (Müller, 1786)
				<i>Lepadella patella</i> (Müller, 1773)
				<i>Lepadella rhomboides</i> (Gosse, 1886)
				<i>Lepadella triptera</i> (Ehrenberg, 1830)
				<i>Squatinella mutica</i> (Ehrenberg, 1832)
				<i>Squatinella rostrum</i> (Schmarda, 1846)
			Mytilinidae	
				<i>Lophocharis salpina</i> (Ehrenberg, 1834)
				<i>Mytilina bisulcata</i> (Lucks, 1912)
				<i>Mytilina mucronata</i> (Müller, 1773)
				<i>Mytilina ventralis</i> (Ehrenberg, 1830)
			Notommatidae	
				<i>Cephalodella sp.</i>
				<i>Cephalodella catellina</i> (Müller, 1786)
				<i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg, 1830)
				<i>Cephalodella ventripes</i> (Dixon-Nuttal, 1901)
				<i>Monommata sp.</i>
				<i>Notommata sp.</i>
				<i>Scaridium longicauda</i> (Müller, 1786)

			Proalidae	
				<i>Proales</i> sp.
			Synchaetidae	
				<i>Polyarthra</i> sp.
				<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925
				<i>Polyarthra major</i> Burckhardt, 1900
				<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin, 1943
				<i>Synchaeta oblonga</i> Ehrenberg, 1832
				<i>Synchaeta tremula</i> (Müller, 1786)
				<i>Synchaeta oblonga/tremula</i>
				<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832
				<i>Synchaeta</i> sp.
			Trichocercidae	
				<i>Trichocerca bicristata</i> (Gosse, 1887)
				<i>Trichocerca bidens</i> (Lucks, 1912)
				<i>Trichocerca brachyura</i> (Gosse, 1851)
				<i>Trichocerca</i> cf. <i>cylindrica</i> (Imhof, 1891)
				<i>Trichocerca dixonnuttalli</i> (Jennings, 1903)
				<i>Trichocerca inermis</i> (Linder, 1904)
				<i>Trichocerca pravula</i> Carlin, 1939
				<i>Trichocerca porcellus</i> (Gosse, 1851)
				<i>Trichocerca pussila</i> (Jennings, 1903)
				<i>Trichocerca rattus</i> (Müller, 1776)
				<i>Trichocerca rattus/bicristata</i>
				<i>Trichocerca rousseleti</i> (Voigt, 1901)
				<i>Trichocerca tenuior</i> (Gosse, 1886)
				<i>Trichocerca weberi</i> (Jennings, 1903)
				<i>Trichocerca</i> sp.
			Trichotriidae	
				<i>Trichotria pocillum</i> (Müller, 1776)
				<i>Trichotria tetractis</i> (Ehrenberg, 1830)