

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra zoologie a ornitologická laboratoř



Vliv invaze slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*) na společenstva makrozoobenthosu

Martina Müllerová

Bakalářská práce

předložená

na Katedře zoologie a ornitologické laboratoři

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Bc. v oboru

Systematická biologie a ekologie

Vedoucí práce: RNDr. Vladimír Uvíra, Dr.

Olomouc 2009

Müllerová, M: Vliv invaze slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*) na společenstva makrozoobentosu. Bakalářská práce, Katedra zoologie a ornitologická laboratoř PřF UP v Olomouci , 32 stran, 8 příloh, česky.

Abstrakt

Tato bakalářská práce je pojata jako literární rešerše problematiky vlivu invaze slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*) na společenstva makrozoobentosu. Zahrnuje dostupné informace o způsobu filtrace slávičky a její konečný dopad na společenstva makrozoobentosu, trofický systém a populace ryb. Zaměřila jsem se také na různé aspekty vlivu slávičky, které mohou přítomnost nebo absenci daných skupin makrozoobentosu nějakým způsobem ovlivnit. Jedná se o typ podložního substrátu, množství organické hmoty, velikost areálu osídleného slávičkou, výšku vodního sloupce a v neposlední řadě konečné důsledky na vybrané taxonomické skupiny organismů. Dále jsem se krátce věnovala metodám, které se používají ke kolonizačním experimentům, a navrhla jsem metodu experimentu na mou diplomovou práci.

Klíčová slova: *Dreissena polymorpha*, slávička mnohotvárná, makrozoobentos, trofický systém, ryby, filtrace

Müllerová, M: Impact of zebra mussel invasion on benthic macroinvertebrate communities. Bachelor Thesis, Department of Zoology, Palacky University of Olomouc, 32 pp, 8 Appendices, in Czech.

Abstract

This bachelor thesis is a literature search for the problems of the impact zebra mussel invasion on benthic macroinvertebrate communities. It includes available informations about way of filtration zebra mussel and its final impact on the macroinvertebrate communities, trophic system and fish population. I have focused on the various aspects of the influence that could somehow affect the presence or absence of the given groups of macroinvertebrates. Here are the type of the underlying substratum, amount of the organic substance, the size of the habitat colonized by zebra mussel, the height of the water column, and the final consequence on the selected taxonomic groups of the organism. I have dealt short with methods that are used for colonization experiments and suggested the experiment method for my work.

Key words: Zebra mussel, macroinvertebrate, trophic system, fish, filtration

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Vladimír Uvíra, Dr. a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci 24.7.2009

.....

podpis

Obsah

Poděkování	1
1. Úvod	2
2. Filtrace a její důsledky	3
2.1 Rychlost filtrace	4
2.2 Princip filtrace.....	5
2.3 Anatomie filtračních aparátů	5
3. Změny v trofické struktuře	7
4. Potencionální ovlivnění ryb	9
5. Vliv slávičky na společenstva makrozoobentosu	12
5.1 Vliv podložního substrátu.....	13
5. 2 Vztah slávičky k různým skupinám makrozoobentosu.....	16
6. Používané metody studia	19
7. Shrnutí	20
8. Cíle navazující diplomové práce	21
8. 1 Návrh metody na diplomovou práci.....	21
9. Seznam literatury	22
10. Seznam příloh	28
11. Přílohy	29

Poděkování

Moje poděkování patří hlavně RNDr. Vladimíru Uvírovi Dr. za obětavé vedení mé bakalářské práce, poskytnutí materiálu a odborných rad.

Nakonec bych chtěla poděkovat svým rodičům za umožnění studia a za podporu během psaní této práce.

V Olomouci 24.7.2009

1. Úvod

Slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha*) byla poprvé popsána, známým ruským přírodovědcem Pyotrem Simonem Pallasem (1771), na populaci nacházející se v přítoku řeky Ural v povodí Kaspického moře. Odtud se v průběhu 19. století rozšířila pomocí lodní dopravy a turistického ruchu na většinu území Evropy. V Severní Americe se slávička poprvé objevila v roce 1988, kde se stala velice rychle a nebezpečně se šířícím druhem. V České republice se nachází nepůvodní populace sláviček v povodí řeky Labe, které se sem dostaly lodní dopravou z Německa, a přirozeně se vyskytující populace v povodí řeky Moravy.

Slávička patří mezi tzv. euryhalinní živočichy, což znamená, že je schopná žít jak ve vodě sladké, brakické tak mořské. Se slávičkou se setkáme zejména v klidných povodích velkých řek, ve stojatých vodách – v jezerech, zatopených pískovnách i lomech. Často se nachází v nádržích vzniklých po těžbě sedimentů (pískovny atd.). Je schopna osídlit jakýkoliv pevný (kameny, kusy dřeva, schránky živočichů) i měkký substrát a její vysoký reprodukční potenciál jí umožňuje nekontrolovatelně a velice rychle se šířit (dostupný z WWW. <http://www.naturabohemica.cz/dreissena-polymorpha/>).

Slávička vytváří početné kolonie, kdy se jednotliví jedinci spojují do drúz pomocí bysových vláken, které také slouží k přichycení k podkladu. V bentálu vodních nádrží, jezer a řek vytváří slávička často souvislé koberce drúz a podílí se tak významným způsobem na struktuře populací makrozoobentosu. Je spojována se změnami denzity a taxonomické rozmanitosti makrozoobentosu v pozitivním i negativním smyslu. Mění také charakter bentických sedimentů a tím i životní prostředí jednotlivých druhů makrozoobentosu. Po osídlení dané lokality se slávička stává dominantním druhem a je schopna modifikovat dostupnost zdrojů a měnit trofické vztahy ve vodních ekosystémech. Svým výskytem se slávička také podílí na změně potravní ekologie ryb a efektivním způsobem filtrace se podílí na změnách kvality vody.

2. Filtrace a její důsledky

Slávička mnohotvárná je nazývána jako tzv. „filter-feeder“. Pomocí svých žaber dokáže filtrovat jak vodu, tak částičky potravy. K selekci potravy dochází pomocí řasinek na žábrech. Některé částice jsou slávičkou přijaty jako potrava, jiné jsou odmítnuty při přebytku potravy a sedimentují pak na dno nádrží (Fanslow et al. 1995). Slávička filtruje částice z vodního sloupce a zachycuje téměř 100% všech částic, které jsou větší jak 1 μ m. Díky tomu, že má slávička vysokou rychlost filtrace a nachází se často ve velkém množství, může hrát hlavní roli v pohybu, cirkulaci a přemísťování materiálu ve vodních nádržích. Filtrační činnost slávičky způsobuje přenos materiálu a energie z prostředí pelagiálu do bentálu, a tím změny v potravním řetězci (Fanslow et al. 1995). Slávička dokáže odstranit obrovské množství částiček hmoty z vodního sloupce a přesunout tyto zdroje do substrátu jako tzv. biodeposit (shluk výkalů a pseudovýkalů). Biodeposit produkovaný slávičkou je bohatý na organické látky a živiny a je snadno asimilovatelným zdrojem potravy, proto má tak podstatný význam pro strukturu bentického společenstva (Howard & Cuffey 2006). Gergs et al. (2009) došli k závěru, že biodepozice slávičky představuje důležitý proces vazby bentál - pelagiál, který vede ke zvýšení toku organické hmoty z prostoru pelagické zóny do bentické. Zjistili, že rychlost biodepozice závisí na koncentraci sestonu (heterogenní směs živých a neživých tělísek plovoucích a volně se vznášejících ve vodě), která je závislá na sezónních změnách a na složení řasové populace. Menší množství biodepositu a produkce pseudovýkalů je zaznamenána v průběhu jara, kdy se ve vodě vyskytují skupiny řas, které jsou malé velikosti. Naopak v letním období jsou řasy větší a proto je množství biodepositu větší. Proud organické hmoty se zvyšuje neustálou přeměnou sestonu ve výkaly a pseudovýkaly. Tato přeměna má pak pozitivní vliv na potravní nabídku bentického společenstva a v konečném důsledku na jeho strukturu. Tento přesun materiálu z pelagiálu do bentálu může mít negativní vliv na pelagická společenstva. Kdy přesunem materiálu, z vodního sloupce do prostoru bentálu, dochází k úbytku potravy pro tyto organismy. To může vést ke snížení denzity jejich populací. Jedná se hlavně o ryby a ostatní měkkýše (Gergs et al. 2009).

Díky filtrační činnosti slávičky dochází ke zvýšení průhlednosti vody a tím i kvality přírodní vody jako potencionálního zdroje užitkové či pitné vody. Je to důsledek přemístění částiček materiálu z vodního sloupce do prostoru dna nádrže. Tím

dojde ke zvýšení průhlednosti vody a snížení koncentrace chlorofylu *a*. Ve studii Howell et al.(1996), která se mimo jiné zabývala změnou kvality vody po invazi slávičky, se průhlednost vody za 2 roky zvýšila až o 3m a koncentrace chlorofylu *a* se snížila z 4,2 $\mu\text{g/l}$ na 1 $\mu\text{g/l}$. Koncentrace chlorofylu *a* je jedním z hlavních ukazatelů kvality vody. Údaje o koncentraci podávají informace o množství autotrofních mikroorganismů (sinic a řas) ve vodě. Při jejich přemnožení, zejména v důsledku nadměrného obohacení vody živinami (fosfor a dusík), vzniká buď zelenohnědé vegetační zbarvení vody nebo vodní květ. S tím je poté spojen pokles průhlednosti vody a nepříjemný zápach při odumírání rostlinného materiálu (dostupný z WWW:<http://www.ecmost.cz/cd/voda/nadrze/uvod.htm>). Slávička by v těchto případech mohla být využita jako tzv. průmyslový biofiltr. V Holandsku již o ní uvažovali jako o užitečném nástroji k obnovení eutrofizovaných jezer. Mnoho vodárenských společností má problém s vodním květem ve svých vodních zdrojích a slávička by mohla být dobrým východiskem pro zmírnění tohoto problému. Nicméně při začleňování slávičky do nové oblasti musíme brát v úvahu, že výhody tohoto transportu by měly být v rovnováze s ekonomickým a ekologickým rizikem, který slávička představuje (Elliott et al. 2008).

2.1 Rychlost filtrace

Rychlost filtrace je definována jako množství vody přečištěné od sedimentujících částic za jednotku času. Mezi faktory, které mohou ovlivnit rychlost filtrace patří kvantita a kvalita (velikost filtrovaných částic) potravní nabídky, množství chlorofylu, částičky organického uhlíku, celkové množství suspendovaných částic, obsah kyslíku ve vodě, rychlost průtoku vody, salinita a teplota vody (Fanslow et al. 1995; Elliott et al. 2008). Rychlost filtrace se rovná rychlosti pumpování, což je množství vody, které je nasáváno přijímacím otvorem jednotlivých živočichů. Slávička je schopna odfiltrovat pouze částice, které jsou větší než 1 μm . Kvantita, neboli koncentrace potravní nabídky, je dána podílem rychlosti filtrace a rychlosti přijímání potravy. Slávička má maximální rychlost filtrace při nízké koncentraci potravy a maximální rychlost přijímání potravy při vysoké koncentraci potravy (Sprung & Rose 1988). Teplota, při které je rychlost filtrace nejvyšší, je mezi 10-20 °C. Při nízké teplotě se rychlost filtrace náhle snižuje a při vysoké teplotě dochází k postupnému snižování rychlosti (Reeders & Bij de Vaate 1990). Maximální rychlost filtrace nastává v jarním

období a naopak minimální rychlost v období letním (Fanslow et al. 1995). Slávička je velmi variabilní v rychlostech filtrace. Čas potřebný pro přefiltrování celého vodního sloupce se může pohybovat od několika hodin, týdnů až měsíců, v závislosti na výšce daného vodního sloupce, denzity sláviček a rychlosti filtrace (Daunys et al. 2006).

2.2 Princip filtrace

Jednoduše řečeno voda nasátá slávičkou vtéká do plášťové dutiny inhalačním otvorem, proniká žábrami, kde odevzdá kyslík a částičky potravy. Ven z těla pak vytéká pomocí exhalačního otvoru, umístěného obvykle nad otvorem inhalačním. Proud vody je způsoben kmitáním řas obrveného epitelu, žábrami a žaberními chodbami. Potrava zachycená žábrami putuje do labiálních palp, kde je roztříděna žábrami na potravu vhodnou a nevhodnou. Vhodná potrava putuje pomocí potravních pásů do úst, hltanu, žaludku, střeva a nakonec dochází k vypuzení výkalů exhalačním otvorem. Potrava nevhodná (odmítnutá) jde přímo z labiálních palp do prostoru plášťové dutiny, kde se po nashromáždění dostává ven pomocí zpětného toku inhalačního sifonu jako pseudovýkaly (Pearse et al. 1987; Russel-Hunter 1979; Beninger et al. 1999; Sedlák 2006).

2.3 Anatomie filtračních aparátů

Tělo mlže je zcela uzavřeno 2 lasturami (pravou a levou), které jsou nedílnou součástí těla, chránící vnitřní orgány mlže. Lastury, často tvořené minerály (uhličitan vápenatý) s malým množstvím organické hmoty, jsou vylučovány pláštěm. Chrání mlže před predátory, stresy z prostředí a zaznamenávají celou historii růstu mlže.

Tělo slávičky mnohotvárné je kryté pláštěm, který k lasturám přirůstá pouze částečně a to pomocí svěracích svalů. Okraje pláště jsou k sobě přimknuté s výjimkou nejvýše tří rozevratelných štěrbin sloužících pro vysunovatelnou nohu, inhalační a exhalační otvor. Otvory vedou vodu dovnitř a ven z plášťové dutiny. Nejstarší část pláště se nazývá umbo.

V zadní části mlže vytváří okraj pláště pravé a levé lastury trubičkovité sifony, které udržují inhalační a exhalační proud vody od sebe navzájem oddělené. Sifony se nacházejí nad sebou v zadní části těla mlže a u některých jedinců mohou být sifony delší než celá lastura a umožňují také slávičce zahrabat se do hloubky a tím se ochránit před možnými predátory (Přílohy: Obr. 5).

U listožabrych mlžů, mezi něž slávička patří, se vyskytují žábra z dvoulupenitých vláken, která jsou navzájem spojena příčnými spojkami a vytváří tak složitý systém kanálků. Mlži obecně mají dvoje žábra. Vlákná tvořící ktenidium jsou připojena na stěnu těla mlže pomocí podpůrné osy. Osou vedou krevní vlasečnice, jimiž protéká krev do žaberních vláken. Každé vlákno se skládá ze sestupného a vzestupného ramene. Obě ramena přispívají k pumpování vody, k zachytávání a transportu potravy. Mezi rameny se vytváří dobře ohraničený prostor nazývaný jako žaberní chodba, která umožňuje rychlejší pumpování vody a tím vyšší rychlost filtrace. Mezi jednotlivými vlákny se nacházejí ostie, což jsou drobné póry, které zprostředkovávají transport vody mezi sousedními vlákny. Ostia spojují inhalační prostor plášťové dutiny s žaberní chodbou, která vede vodu směrem k exhalačnímu sifonu. Ostia jsou lemovány ciliemi, což jsou brvy, které primárně posunují vodu skrz ktenidie. Jednotlivé brvy mají rozdílnou specializaci. Laterální cilie jsou primární pumpou posunující vodu skrz ktenidie. Jsou to ty cilie, které jsou umístěny uvnitř ostií. Latero-frontální cilie účinně zachycují částice potravy. Frontální cilie posunují zachycené částice potravy do potravní rýhy, odkud jsou transportovány přes labiální palpy do úst (Russel-Hunter 1979; Pearse et al. 1987; Beninger et al. 1999; Sedlák 2006).

Částice potravy zachycené v žábrech se posunují do labiálních palp. Labiální palpy jsou místo, kde dochází k třídění částic podle velikosti a přesunu těchto roztríděných částic do úst. Odmítnuté částice, např. bahno, nepoživatelné řasy, shluky detritu nebo zbytky planktonu, jsou slepovány slizem a vylučovány sifonálním otvorem z plášťové dutiny jako pseudovýkaly.

Pseudovýkaly jsou jednoduché malé kuličky tvořené částicemi potravy, které byly odmítnuty při třídění labiálními palpami. Nemůžeme je nazývat pravými výkaly, protože neprošly skrz celý trávicí trakt. Až se nahromadí v dostatečném množství, jsou vypuzeny z těla pomocí zpětného toku inhalačního sifonu.

Výkaly jsou částice potravy, které projdou celým trávicím traktem: ústy, hltanem, žaludkem, střevem a nakonec jsou vypuzeny pomocí exhalačního otvoru (Reeders & Bij de Vaate 1990) (Přílohy: Obr. 1).

3. Změny v trofické struktuře

Invazní druh je druh, který je na daném území nepůvodní a nekontrolovatelně se zde šíří, přičemž agresivně vytlačuje původní druhy, které mají v přírodě podobnou funkci jako on. Úspěšná invaze druhu se vyznačuje 4 fázemi: 1) příchod (vetřelec vstupuje do nového ekosystému, častokrát v malém počtu, který je snadno zjistitelný), 2) usídlení (nepřetržitý vývoj populace), 3) expanze (značné zvýšení populace jak v množství, tak geografickém rozšíření) a 4) adaptace druhu v prostředí. Během expanze dochází k porušení potravního řetězce a ve fázi adaptace se potravní řetězec přetváří a přijímá novou formu zahrnující přítomného vetřelce. Přejod od expanze k adaptaci může zahrnovat jednotlivá stádia roztržení a následného obnovení potravního řetězce. Pro adaptaci je typické, že se objeví predátoři/patogeni, kteří invazní druh určitým způsobem omezují (Shuter & Mason 2001). Slávička mnohotvárná patří mezi invazní druhy, které po invazi dramaticky změny trofickou strukturu daného prostředí. Slávička se stává dominantním bentickým druhem v rámci tvorby biomasy. Před invazí slávičky dominují v nádržích populace zoobentosu, jež zahrnují sběrače a filtrátory, mezi něž slávička patří. Ti zahrnují přibližně 70 % celkové biomasy, přičemž filtrátoři a sběrači jsou největší skupinou a zahrnují 50 % z celkové biomasy. Predátoři představují z této biomasy přibližně 17 %. Po invazi slávičkou se trofická struktura zoobentosu mění a je charakterizována extrémně vysokou dominancí jedné trofické skupiny, skupiny filtrátorů, kteří tvoří více než 96 % celkové biomasy. Dochází také ke zvýšení počtu predátorů, kteří se lasturami slávičky živí (Burlakova 1995; Burlakova et al. 2005). Burlakova et al. (2005) zjistili, že po invazi slávičkou se celkový průměr biomasy zvýšil více než 20krát a efektivita filtrace bentického společenstva se zvýšila více než 70krát. Zvýšení filtrace v ekosystému závisí na velikosti populace slávičky. Výraznější bude v litorální zóně, kde se nachází slávičky ve větším počtu než v profundálu a hlubokých jezerech, kde je jejich výskyt vzácnější (Burlakova et al. 2005). Karatayev et al. (1992) zaznamenali, že po invazi slávičky na jezeře Lukomskoe se filtrační kapacita bentického společenstva zvýšila 320krát a čas potřebný pro filtraci jezera bentickým společenstvem se snížil z 15 let na 17 dní. Poklesla hustota zooplanktonu a čas potřebný pro filtraci jezera společenstvem zooplanktonu se zvýšil z 5 dní na 17 dní. Podobná situace byla popsána na jezeře Uchinsky, kdy se nejenom změnilo postavení dominantního druhu, ale došlo také k přetvoření vztahů mezi

různými druhy a skupinami organismů. Některé původní druhy zcela vymizely, jiné se změnilo v druhy s menší důležitostí v trofické struktuře (Burlakova 1995).

Při studiu slávičky v zátocě Saginaw v USA bylo zjištěno, že v přítomnosti slávičky došlo ke zvýšení bentické řasové biomasy a celkové produktivity řas. Řasová populace má prospěch ze zvyšující se propustnosti světla a čistější vody, které slávička poskytuje. Dochází tak k poklesu fytoplanktonu a růstu bentických makrofyt. Redukce fytoplanktonu má za následek zvýšení bentické primární produkce a změnu v celém potravním řetězci (Lowe & Pillsbury 1995).

Úloha zoobentosu v jezerech a nádržích obydlených slávičkou významně stoupá a bentos se stává schopným ovládat procesy a dynamiku v celém sladkovodním systému. Všechny tyto skutečnosti jsou přímým následkem změn v trofické struktuře bentického společenstva po invazi slávičkou a získáním dominance filtrátorů (Burlakova et al. 2005).

4. Potencionální ovlivnění ryb

Složitost prostředí je důležitou součástí biologického společenství tvořící jeho strukturu a přispívající ke stabilizaci vztahu predátor – kořist. Změny v tomto prostředí mohou ovlivnit jak ochranu kořisti před predátorem, tak možnost predátora kořist ulovit. Díky členitějšímu prostředí se snižuje rychlost, které je potřeba k ulovení kořisti, čímž se zvyšuje šance kořisti uniknout predátorovi. V systému sladkých vod je spletnost prostředí nejčastěji spojená s litorální vegetací, se substrátem dna, s hloubkou a sklonem terénu. Každý z těchto činitelů má podstatný význam na druhovou bohatost živočichů (Beekey et al. 2004a).

Slávička tento komplex prostředí ovlivňuje významnými změnami v průhlednosti vody, v množství chlorofylu *a*, v množství zooplanktonu a ve změně struktury bentického společenstva. Zvyšuje složitost prostředí a to zejména poskytováním ochrany bentickým bezobratlým před vodním prouděním a také před možnými predátory. Slávička usídlená na měkkém substrátu může snižovat úspěšnost ryb získávat kořist blokováním přístupu k bezobratlým živočichům. Slávička má negativní dopad na ty druhy ryb, které vyhledávají potravu na dně nádrže. Zabraňuje těmto druhům zahrabanou kořist najít a ulovit. Mezi tyto druhy patří např. okoun říční (*Perca fluviatilis*; Beekey et al. 2004a). Jako nepůvodní druh ve sladkovodním ekosystému postrádala původně slávička přirozeného predátora. Jakmile se však populace slávičky rapidně rozrostla a rozšířila se do mnoha oblastí, stala se novým, široce rozšířeným potravním zdrojem pro mnohé druhy ryb. Některé druhy ryb jsou schopny lovit slávičky díky svým ekologickým a morfologickým vlastnostem. K takovýmto morfologickým vlastnostem patří molariformní požerákové zuby (Přílohy: Obr. 4) umístěné v zadní části hltanu ryb, např. u *Aplodinotus grunniens*, slunečnice pestré (*Lepomis gibbosus*) a *Lepomis microlophus*, kapra obecného (*Cyprinus carpio*). Tyto druhy ryb jsou schopny pomocí svých zubů rozdrtit lastury slávičky, následně je rozemlít a dále pak posunout do jícnu (Molloy et al. 1997; Watzin et al. 2008). Při studiu predace sláviček kaprem v severní Americe, bylo zjištěno, že 84 % ryb žijících v řece Mississippi se živí slávičkami. Taková vysoká úroveň predace nebyla nikde jinde při studiích na původně osídlených mlžích zaznamenána (Molloy et al. 1997). Na rozdrcení lastur je velice dobře adaptována podoustev (*Vimba elongata*), u níž úhel požerákových zubů svírá při zavřené poloze 44° a je téměř identický s úhlem svírajícím

lastury slávičky (45°). Ryby postrádající požerákové zuby mohou slávičku buď polykat v celku (Watzin et al. 2008) nebo rozdrtit za využití svých silných čelistí (Molloy et al. 1997).

Watzin et al. (2008) zkoumali, které druhy ryb mají ve svém jídelníčku zahrnutou slávičku. Dále se zabývali jejich potravním chováním a zjišťovali, jaké procentuální množství představuje slávička v jejich potravě. Zjistili, že mezi ryby požírající slávičku patří např: *Aplodinotus grunniens*, slunečnice pestrá (*Lepomis gibbosus*), okoun žlutý (*Perca flavescens*) a *Ambloplites rupestris*. Mezi největšího konzumenta slávičky patřila slunečnice pestrá, v jejíž potravě byla slávička zastoupena 65-89 %. Mezi další predátory sláviček v evropských vodách patří cejn velký (*Abramis brama*), cejnek malý (*Blicca bjoerkna*) a plotice obecná (*Rutilus rutilus*) (Nagelkerke et al. 1996) (Přílohy: Obr. 2 a 3).

V oblasti Velkých jezer v USA se predátorem slávičky stává hlaváč černoústý (*Neoglobius melanostomus*). V laboratorních podmínkách bylo zjišťováno, jak různé velikostní třídy hlaváče černoústého (5,5-6,9 cm, 7,0-8,4 cm, 8,5-10,3 cm představující standardní délku) preferují různé velikosti sláviček (6,0-9,9 mm, 10,0-12,9 mm, 13,0-15,9 mm, 16,0–18,9 mm). Všechny velikosti hlaváče požíraly slávičky menší než 10,0 mm. Pouze největší velikostní třída hlaváče je schopna požírat slávičky o velikosti 16,0-18,9 mm. Hlaváč sežere v průměru 1,0 g sláviček za 24 hodin. Požírání malých sláviček všemi velikostními třídami hlaváče může mít dočasný vliv na velikostní strukturu populace sláviček (Ray & Corkum 1997). Důležitým faktorem predace je také ekologická preference daného živočicha. Slunečnice pestrá preferuje litorální zóny řek a jezer, které jsou vhodné i pro populace sláviček. Proto se slávička stává jejich hojnou a častou kořistí. Kapr obecný preferuje měkké podloží, vhodné také pro populace sláviček. Slávička se mu proto snaží uniknout tím, že se přichytí na větší předměty (nejčastěji na kameny, další mlže) a malým výskytem v oblastech obývaných tímto druhem (Molloy et al. 1997). Slávička se často stává součástí potravního řetězce ryb jen v určitém období roku. Ryby nejčastěji konzumují slávičky v období, kdy se jejich preferovaná potrava stává vzácnou a málo dostupnou. V laboratorním pokusu preference potravy slunečnice pestré bylo zjištěno, že dává přednost plžům z rodu *Nelisima*, kteří jsou pro slunečnici bioenergeticky mnohem výnosnější než slávička (Molloy et al. 1997). V této oblasti studia bylo vypracováno málo prací a ne všechny jsou prokazatelně správné. Ve studii prováděné na řece Hudson v USA došli k závěru, že díky predaci rybami se za pouhé 2 týdny snížil počet sláviček o 14 %. Toto snížení

však mohlo být dáno nainstalovanými klecemi se slávičkami, které se pro ryby staly velice atraktivními a tím došlo ke zvýšení lovu sláviček (Molloy et al. 1997).

Když se slávička začlení do nového prostředí, může se velice rychle stát potravou ryb požírajících mlže. Zároveň narůstající počet některých druhů makrozoobentosu, spojený s invazí slávičky, může mít na populaci ryb kladný vliv. Tato nová a širší potravní nabídka, poskytující výživnou potravu, vede k rychlejšímu růstu, ukládání tuků a konečně ke zvýšené produktivitě ryb. Na druhou stranu slávička patří mezi druhy dobře zachycující škodlivé látky z prostředí, které mohou naopak rybám uškodit. Může také přenášet parazity, kteří se začlení do vývojového cyklu ryb a způsobují pak následně jejich úhyn (Molloy et al. 1997). Díky rychlému reprodukčnímu potenciálu sláviček je jejich velký úbytek v konečném důsledku málo pravděpodobný (Thorp et al 1998).

V predaci sláviček rybí populací může hrát velkou roli vliv látek chemické povahy nazývané jako tzv. kairomony. Jsou to látky produkované metabolismem predátora a způsobují, že kořist je schopna zjistit, že se v její blízkosti nachází predátor. Je to adaptace kořisti na predátora tak, aby šla hůře chytit a zkonsumovat. Kořist svými chemoreceptory zachytí kairomony ve vodě a vyvolá změny morfologie u svých potomků. Populace kořisti tedy reaguje na predaci s jistým zpožděním, které je u různých skupin organismů odlišné. Morfologickými změnami mohou být různé výrůstky, štíty, změna velikosti těla nebo změna tvaru těla. U slávičky tato problematika nebyla ještě dosti prozkoumána (Begon et al. 1997, Schoepner & Relyea 2005). Kairomony by mohly mít vliv na růst a velikost sláviček. Větší velikostní třídy sláviček jsou rybami požírány daleko méně než malé velikostní třídy, které se stávají velice častou potravou ryb (Ray & Corkum 1997).

5. Vliv slávičky na společenstva makrozoobentosu

Slávička patří mezi invazní druh, který se velkou mírou podílí na dramatických změnách struktury makrozoobentosu. Její usídlení způsobuje změny v celkové biomase, druhovém složení a denzitě makrozoobentosu (Mayer et al. 2002; Burlakova et al. 2005). Jako možné příčiny těchto změn se uvádějí změna prostředí vytvořená tímto mlžem, nazývané jako tzv. „shell generated habitat“, a zvyšující se částčky organické hmoty dopadající na dno nádrží (Botts et al. 1996; Ricciardi et al. 1997; Stewart et al. 1998a). Změna životního prostředí je způsobena zvýšením dostupnosti potravy, zvětšením kolonizační oblasti, která se může stát přístupnou pro další přisedající organismy a zvětšením plochy povrchu dna obývaného makrozoobentosem. Větší dostupnost potravy je způsobená filtrací částček hmoty z vodního sloupce do prostředí bentálu, kde se stávají možnou potravou makrozoobentosu. Mezi tuto potravu patří např. pseudovýkaly, řasy a další formy organické hmoty (Izvekova & Kachanova 1972). Organismy nacházející se v bezprostřední blízkosti sláviček mají kromě dostatku potravy k dispozici také okysličenou vodu vytvořenou filtrujícími lasturami a tvořící lepší kyslíkové podmínky pro společenstva organismů (Stewart et al. 1998b) Prostor, který se vytvoří mezi jednotlivými lasturami, slouží mnoha živočichům jako ochrana před možnými predátory, před silným prouděním vody a dalšími nepříznivými vlivy (Botts et al. 1996; Ricciardi et al. 1997; Stewart et al. 1998a). Drobný organický a anorganický materiál, který by mohl být proudem vody vyplaven pryč, se zachycuje mezi lasturami a tvoří tak nové prostředí pro společenstva makrozoobentosu (Stewart et al. 1998a). Ti jej často využívají pro stavbu svých nových ochranných příbytků (Izvekova & Kachanova 1972).

Slávička zvyšuje množství a kvalitu bentické organické hmoty vylučováním výkalů a pseudovýkalů (Stewart et al. 1998a) obsahujících velké množství živin a energie v podobě fytoplanktonu a dalších mikroorganismů (Klerks et al. 1996). Slávička je schopna vytvořit biomasu 10krát větší než jakou vytváří ostatní bentičtí bezobratlí (Karatayev et al. 1997). Stewart et al. (1998b) uvádějí, že množství organické hmoty bylo dvakrát větší v prostředí s vysokou hustotou osídlení slávičky, než v prostředí s nízkým výskytem slávičky. Jak nové prostředí vytvořené slávičkou, tak zvýšené množství organické hmoty, mají významný vliv na biomasu makrozoobentosu (Stewart et al. 1998a).

Stewart et al. (1998a) zjistili, že nově vytvořený areál prostředí má větší vliv na zvyšování hustoty jednotlivých skupin makrozoobentosu, než organická hmota. Oba aspekty mají pozitivní dopad na zvýšení počtu plže z rodu *Physella* a pakomára z rodu *Microtendipes*. Pouze nově slávičkou vytvořené prostředí má pozitivní vliv na zvýšený výskyt nezmarů (*Hydridae*), blešivce (*Gammarus fasciatus*) a ploštěnky americké (*Dugesia tigrina*). Organická hmota nemá na tyto druhy organismů žádný podstatný vliv. Jediná skupina organismů, na kterou měla jak organická hmota, tak prostředí tvořené slávičkou zanedbatelný vliv byli roztoči (*Acarina*). Hustota této skupiny organismů se nijak výrazně nelišila při srovnání vzorků s osídlením a bez osídlení slávičkou (Stewart et al. 1998 a).

Kcharchenko & Protasov (1981) popsali vztah slávičky a makrozoobentosu na základě tří základních funkčních vztahů: 1) utváření odlišného prostředí pro bentické živočichy, 2) materiální výpomoc (z úlomků lastur, byssových vláken, malých sláviček) pro stavbu nových obydlí a 3) šíření sláviček do jiných míst pomocí přidružených organismů. Změna druhové hustoty a složení populací makrozoobentosu také závisí na velikosti drúz. Se zvyšující se velikostí drúz se zvyšuje i druhová bohatost organismů (Stewart et al. 1998a).

Není zatím známo, že by jiný invazní druh měl podobnou funkci ve vodním ekosystému jako slávička. Vztah mezi slávičkou a společenstvem makrozoobentosu není jednoduchý a může se buď na skupiny organismů projevovat pozitivním, nebo negativním způsobem (Wolnomiejski et al. 1970; Karatayev et al. 1997).

5.1 Vliv podložního substrátu

Lastury sláviček vytvářejí velmi husté kolonie drúz pokrývajících jak tvrdý – kamenitý substrát (Ricciardi et al. 1997), tak měkký – písčité substrát vodního dna (Dermott & Munawar 1993).

Hustota společenstev makrozoobentosu je nesporně větší na měkkých a tvrdých substrátech kolonizovaných slávičkou, než na substrátech bez výskytu slávičky (Stewart et al. 1998b) (Přílohy: Obr. 6). Beekey et al. (2004b) zjistili, že přítomnost slávičky zvyšuje množství populace makrozoobentosu v písčném sedimentu a nemá na ně žádný negativní vliv a ani nevytváří žádné bariéry mezi organismy. Většina organismů

migruje po osídlení písčitého substrátu slávičkou z podložního sedimentu do kolonií sláviček a vytváří tak zcela nová společenstva (Beekey et al. 2004b).

Před invazí slávičkou se v písčné populaci běžně vyskytují drobné organismy jako Oligochaeta a Chironomidae žijící uvnitř sedimentu. Po usídlení slávičky se složení bentického společenstva mění a skládá se i z větších živočichů, jako jsou Gastropoda, Amphipoda, Isopoda, Trichoptera, Hirudinea. Karatayev et al. (1997) uvádějí, že celková hustota bentických bezobratlých v písčném sedimentu byla 40995 ± 3263 ind. m^{-2} a celková biomasa byla $15,1 \pm 1,0$ g. m^{-2} . V drúzách slávičky byla hustota bezobratlých 27536 ± 4085 ind. m^{-2} a biomasa $114,8 \pm 20,0$ g. m^{-2} . Biomasa bezobratlých byla 8krát větší v drúzách, přestože hustota organismů byla 1,5krát menší než v písčitém sedimentu. Je to způsobeno tím, že společenstvo makrozoobentosu se skládá z větších druhů, tudíž nová populace není nacházena v písčném sedimentu, ale tvoří drúzy společně se slávičkou (Karatayev et al. 1997).

Velice podobné výsledky byly potvrzeny i v dalších evropských studiích. Dusoge (1966) ve své práci zjistil, že množství bentických bezobratlých v polském jezeře Mikolajskie pozitivně koreluje s hustotou sláviček. Afanasiev (1987) zpozoroval pozitivní vztah mezi slávičkami a hustotou některých Oligochaeta v chladící nádrži na Ukrajině. Zaznamenal jak pozitivní korelaci druhů *Aulodrilus limnobius*, *Psammoryctides albicola*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, tak negativní vliv na druh *Nais bretscheri*.

Slávička má velice podobný účinek na společenstva makrozoobentosu i v Severní Americe. Wisenden et al. (1995) zjistili, že hustota makrozoobentosu v Erijském jezeře (součást systému Velkých jezer) pozitivně koreluje s hojným výskytem sláviček. Botts et al. (1996) srovnávali hustotu bentických bezobratlých v jezeře Erie na čistých písčných dnech a na dnech porostlých drúzami sláviček. Z mapování vyplynulo, že hustota Amphipoda, Chironomidae, Oligochaeta, Turbellaria, Hydrozoa a celková hustota bezobratlých byla prokazatelně vyšší na písku s drúzami, než na písku čistém. Botts et al. (1996) provedli pokus, při němž vložili do sítí buď živé drúzy sláviček, falešné drúzy vyrobené z vyčištěných lastur, nebo síta neobsahující žádné drúzy. Zjistili, že se Chironomidae vyskytují podstatně více v živých drúzách, než v ostatních pozorovaných vzorcích (Přílohy: Obr. 7). Rozdíly mezi zkoumanými vzorky nebyly nijak výrazné pro skupinu Oligochaeta. I přesto se populace makrozoobentosu v Severní Americe v přítomnosti sláviček nijak výrazně neliší od populací v evropských vodách.

Bially & Macisaac (2000) zjistili, že na populaci makrozoobentosu v měkkém substrátu se významným způsobem podílí velikost areálu osídleného slávičkou a vliv výšky vodního sloupce. Tento vliv byl zkoumán v oblasti Velkých jezer v Severní Americe, konkrétně v jezeře Erijském, které je proslulé invazí slávičky. Experiment byl proveden 2krát a to v měsíci červnu a srpnu. Vztah mezi slávičkou a biodiverzitou makrozoobentosu byl pozorován ve třech hloubkách jezera: 5,5 m, 7,3 m a 9,1 m. Kolonie sláviček se nikdy nevyskytovaly v hloubkách menších než 3,5 m. Nejnížší výskyt kolonií byl v mělkých hloubkách 3,5 m a 4,5 m a v hloubkách 7,5 m, 8,5 m. Nejvyšší výskyt byl ve středních hloubkách (5,5 m, 6,5 m) jezera. Rozloha areálu kolonií se pohybovala v červnu od 7 do 1713 cm², a v srpnu od 14 do 2150 cm². Velikost kolonií se lišila v jednotlivých hloubkách. Ve větších hloubkách byla tendence k většímu počtu kolonií. Přítomnost kolonií sláviček v jezeře Erie měla zřetelný vliv na hustotu jednotlivých skupin makrozoobentosu. Celkové množství taxonomických skupin pozitivně korelovalo s velikostí areálu kolonií a nikoliv s jednotlivými hloubkami jezera. Jelikož je největší rozloha kolonií sláviček ve středních a větších hloubkách, je i hustota makrozoobentosu v dané lokalitě nejvyšší (Bially & Macisaac 2000).

Ricciardi et al. (1997) studoval vliv slávičky na společenstva makrozoobentosu v prostředí Velkých jezer v USA, kde dna některých jezer tvoří tvrdý kamenitý substrát. Zaznamenal zvýšení hustoty taxonomických skupin, jako jsou Gastropoda, Trichoptera, Ephemeroptera, Diptera, Hirudinea a Oligochaeta. Dále také zjistil pokles hustoty určitých skupin organismů, neboť husté pokrytí povrchu dna drúzami může mít negativní dopad na populaci makrozoobentosu, což se projeví snížením hustoty nebo úplným vymizením daného druhu. Slávička zde způsobila snížení výskytu chrostíků čeledi Polycentropodidae, v důsledku boje o životní prostor na tvrdém substrátu. Dále zapříčinila snížení výskytu mechovky *Plumatella fungosa*.

Plumatella fungosa vytváří masivní rozsáhlé kolonie na hladkém povrchu tvrdého substrátu. V důsledku vytvoření nesouvislého povrchu dna se shluky drúz sláviček, došlo ke snížení hustoty tohoto druhu mechovky. Existují však některé taxony jako plž z rodu *Physella* nebo pakomár z rodu *Microtendipes*, kteří zvyšují svou hustotu díky částecům organické hmoty, které se v důsledku invaze slávičky zvyšuje.

5. 2 Vztah slávičky k různým skupinám makrozoobentosu

Amphipoda a Chironomidae patří velice často mezi nejhojnější skupiny makrozoobentosu obývající substrát kolonizovaný slávičkou (Ricciardi et al. 1997). Mezi nejčastěji se vyskytující zástupce patří blešivec *Echinogammarus ischnus*. *Echinogammarus* je běžný obyvatel v prostředí tvořeném slávičkou (Köhn & Waterstraat 1990). Způsobuje vymizení původního druhu *Gammarus fasciatus* z mnoha lokalit oblasti Velkých jezer v Severní Americe, kde se slávička nachází ve vysokém počtu. *Echinogammarus ischnus* se stal v této oblasti dominantním druhem různonožce od roku 1995 (Stewart et al. 1998b). Prostředí vytvořené lasturami sláviček se stalo důležité pro determinaci biomasy, hustoty a velikostního rozložení *Echinogammarus* v oblasti Velkých jezer (Boots et al. 1996; Ricciardi et al. 1997; Stewart et al. 1998a). Amphipoda obývají většinou prostředí rychle tekoucích vod nebo litorální zónu omývanou vlnami. Jezera jsou v této oblasti mezi sebou spojena krátkými řekami s velkým průtokem a peřejemi, proto se zde *Echinogammarus* vyskytuje v tak hojném počtu. I přesto se častěji nachází na substrátu tvořeném slávičkami, než na homogenním substrátu bez lastur. Je to způsobeno tím, že prostor vytvořený mezi lasturami jim umožňuje ochranu před predátory, jako jsou raci a ryby (Ricciardi et al. 1997; Stewart et al. 1998b).

Stejně jako *Echinogammarus* se v prostředí sláviček hojně vyskytuje *Microtendipes pedellus* z čeledi Chironomidae. Tento druh využívá prostor pokrytý lasturami jako úkryt před predátory a dalšími nepříznivými vlivy. *Microtendipes* patří v Evropě mezi běžné druhy vyskytující se přidruženě s populacemi sláviček (Stewart et al. 1998b). Bylo dokázáno, že zvětšující se množství Chironomidae je v přímém ovlivnění s invazí sláviček. Konkrétně pseudovýkaly, které pakomáři využívají jako zdroj potravy a stavební materiál (Botts et al. 1996).

Podle průzkumů prováděných ve 3 různých hloubkách: 5,5 m, 7,3 m a 9,1 m a v různě velkých koloniích sláviček se Chironomidae vyskytují ve velice rozsáhlých koloniích sláviček a ve všech třech hloubkách (Bially & Macisaac 2000).

Pozitivní vliv na zvyšující se organickou hmotu a na zvyšující se hustotu bezobratlých v prostředí tvořeném slávičkami byl dlouhou dobu přisuzován druhu *Gammarus fasciatus* z řádu Amphipoda a *Microtendipes pedellus* z čeledi Chironomidae. Bylo to způsobené tím, že oba druhy představovaly 37 % biomasy bezobratlých, které se nacházely v substrátu během experimentu (Griffiths 1993).

Gammarus fasciatus získává od sláviček ochranu před rybími predátory a rychlými proudy, proto se v přítomnosti sláviček vyskytuje v tak hojném počtu (Dahl & Greenberg 1996).

Bylo dokázáno, že kolonie sláviček jsou hlavním faktorem majícím vliv na rozšíření a hustotu *Microtendipes pedellus* jak v Evropě, tak v Americe (Stewart et al. 1998a, Walshe 1951). Slávička poskytuje pakomárům *Microtendipes pedellus* stabilní prostředí pro ochranu před predátory a nepříznivými vlivy (Walshe 1951). Výkaly a pseudovýkaly produkované slávičkou jsou *Microtendipes pedellus* využívány jako potrava. Toto poskytuje vysvětlení pro pozitivní vztah mezi slávičkou a *Microtendipes pedellus* (Stewart et al. 1998a).

Skupinu dravých organismů Hydridae a *Dugesia tigrina* ovlivňuje slávička změnou prostředí a to konkrétně změnou zdroje organické hmoty, zvýšením hojnosti skupin organismů Gastropoda, Chironomidae a dalších potencionálních druhů představujících kořist pro tuto dravou skupinu organismů (Stewart et al. 1998). Výzkumy prokázaly, že prostředí tvořené lasturami zvyšuje hustotu Hydridae a *Dugesia tigrina*. Díky slávičce lze lépe sledovat interakci predátor-kořist díky zvýšenému množství kořisti a tedy i počtu dravců (Hydridae a *Dugesia*) (Stewart et al. 1998). Hydridae jsou přisedlí živočichové, kteří ke svému životu potřebují pevný podklad (Slobodkin & Bossert 1991). Pevný bentický povrch tvořený lasturami sláviček je hlavní příčinou zvýšení hustoty Hydridae na substrátech obydlených slávičkou (Stewart et al. 1998). V práci Bially & Macisaac (2000) se *Dugesia* a Hydridae nacházeli ve všech studovaných hloubkách (5,5 m, 7,3 m, 9,1 m). Mají tendenci se zdržovat ve vyšším počtu ve větších hloubkách a v rozsáhlých koloniích sláviček, než v menších koloniích o malé velikosti. Je to způsobeno změnou charakteristiky sedimentu pokrývající dno, která této skupině organismů více vyhovuje. Společně s Chironomidae patřili mezi skupinu organismů nacházejících se pouze v koloniích sláviček a nikoliv v písčném sedimentu.

Vliv slávičky na skupinu organismů Acarina je velice minimální. Nicméně zvýšení množství organické hmoty působí na populace vodulí negativně. Je to nejspíše způsobeno tím, že zvyšující se podíl organické hmoty zabraňuje vodulím plazit se po bentickém substrátu a lovit kořist. Byla to jediná skupina makrozoobentosu v tomto výzkumu, která reagovala negativně na přítomnost slávičky (Stewart et al. 1998).

Slávička je také příčinou zvýšení hustoty skupiny Oligochaeta. Současné zvýšení denzity jejich populace je výsledkem zvýšení množství bentického organického

materiálu, který poskytuje máloštětincům prostředí a navíc dostupnou potravu (Stewart et al. 1998). Máloštětinci se v různě velkých koloniích sláviček vyskytovali ve všech pozorovaných hloubkách (5,5 m, 7,3 m, 9,1 m), přičemž největší hustota populace se nacházela v hloubce 9,1 m. Je to způsobeno tím, že v této hloubce byla nejrozšířenější kolonie slávičky. Máloštětinci patřili také do skupiny organismů na které se výskyt slávičky projevil největším zvětšením jejich populace (Bially & Macisaac 2000).

Výzkum Bially & Macisaac (2000) ukázali, že také Ostracoda patří mezi skupinu organismů, která vlivem invazního mlže výrazně zvyšuje hustotu populace. Přítomnost lasturnatek byla zkoumána ve 3 různých hloubkách (5,5 m, 7,3 m, 9,1 m) s koloniemi slávičky a ve všech 3 hloubkách byl potvrzen její výskyt.

6. Používané metody studia

Ve většině případů se používají kolonizační experimenty, které se od sebe příliš neliší. Vždy se vybere určitý prostor v dané lokalitě, kde se instalují jednotlivé vzorky. Vzorek 1 kontrolní, neobsahující žádné lastury sláviček, vzorek 2 obsahující přilepené prázdné lastury a vzorek 3 se živými přilepenými lasturami. Jako podklad pod vzorky se často používá kus kamene. Jednotlivé vzorky jsou potápěči instalovány do dané lokality a po určité době se vzorky vyloví a přemístí do laboratoře, kde jsou vymyty, přesypány přes síto a fixovány v ethanolu. Dále dochází k identifikaci jednotlivých taxonomických skupin a ke zpracování výsledků.

Tento typ experimentu se objevuje v mnoha pracích (Botts et al. 1996; Ricciardi et al. 1997; Stewart et al. 1998; Mörtl & Rothhaupt 2003).

Horvath et al. (1999) studovali vliv slávičky na populace makrozoobentosu ve dvou jezerech v severozápadním Michiganu. Výzkum se prováděl na tvrdém substrátu v přítomnosti tří různých početností sláviček – nízké, střední a vysoké (Přílohy: Obr. 8). Kromě kontrolních vzorků byly použity lastury jak živých, tak i mrtvých zvířat. Mrtvé vzorky se předem vysušily a nalepily na kus kamene. Živé vzorky se také opatrně přilepily na kámen, ale jen jednou stranou lastury, aby nebyla omezena filtrační funkce. Bylo nainstalováno 7 vzorků, které se každé 3 – 4 dny kontrolovaly. Celý pokus trval 24 dní. Po uplynutí studované doby byly vzorky odebrány do laboratoře, kde se makrozoobentos z jednotlivých vzorků odstranil pomocí kartáče a pinzet a zafixoval 95% ethanolem. Později byli jednotlivé taxony identifikovány a spočítány.

Celkově bylo nalezeno 25 čeledí, z toho 64 % tvořili Hydridae, 14 % Trichoptera a 7 % Gastropoda.

Celkové zvýšení množství makrozoobentosu bylo největší na vzorcích s nejvyšší hustotou sláviček. Zjištěná hustota makrozoobentosu byla dvakrát větší než na kamenech, kde se slávička nevyskytovala. Nebyli zjištěny žádné výrazné rozdíly mezi hustotou makrozoobentosu osidlujících živé nebo mrtvé lastury, což se u jiných studií nepotvrdilo. Možným vysvětlením rozdílu v této oblasti jezer bylo použití menšího množství sláviček, než v jiných studiích, kde hustota byla většinou 4 – 20x větší. Závěrem této práce bylo zjištění, že se slávička významným způsobem podílí na zvýšení populace jednotlivých skupin makrozoobentosu, a že hustota osídlení povrchu tímto mlžem je velmi důležitým faktorem.

7. Shrnutí

Tato bakalářská práce byla pojata jako literární rešerše a jejím cílem bylo shrnout všechny dostupné poznatky a informace o vlivu slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*) na společenstva makrozoobentosu .

V úvodu práce jsem se zabývala stavbou filtračního aparátu, rychlostí, principem filtrace slávičky a jeho konečným důsledkem na vodní ekosystém. Slávička filtruje částičky materiálu z vodního sloupce a vytváří tzv.biodepozit, který se ukládá v prostředí bentálu. Biodepozit je velice výživným a energeticky bohatým zdrojem potravy, který má vliv na zvyšování denzity makrozoobentosu. Tento přesun materiálu může mít také negativní dopad na pelagická společenstva v důsledku nedostatku potravy. Mezi ně například patří ryby, kdy určité druhy mohou v přítomnosti sláviček zvyšovat či snižovat své populace. Druhy vyhledávající potravu zahrabanou v písčitém dně mají díky slávičkám znemožněný přístup k potravě a proto se jejich populace snižují. Naopak mnoho druhů pojalo slávičku jako součást svého jídelníčku a mohou populace sláviček do jisté míry snižovat. Po invazi slávičky se společenstvo organismů skládá převážně z filtrátorů a z většího podílu predátorů žijících se slávičkou.

Slávička vytváří nové prostředí tzv. „shell – generated habitat“, které má vliv na denzitu a taxonomické složení skupin makrozoobentosu. Toto prostředí poskytuje mnoha skupinám organismů ochranu před predátory, materiál pro stavbu svých schránek a velké množství organické hmoty. Vliv na různé skupiny makrozoobentosu se projevuje různě v odlišných hloubkách, na jiných sedimentech dna a na velikosti areálu osídleného slávičkou. Slávička má např. pozitivní vliv na skupiny Oligochaeta, Ostracoda, Amphipoda a Chironomidae.

Slávička se po obsazení nové lokality stává dominantním druhem a přetváří trofickou strukturu. Tato změna má za následek ovlivnění populací bentických a pelagických společenstev, která může mít v konečném důsledku vliv na celý ekosystém dané lokality.

V závěru své práce jsem se zmínila o kolonizačních experimentech prováděných pro zjištění vztahu mezi slávičkou a společenstvem makrozoobentosu. A dále jsem navrhla metodu experimentu pro mou navazující diplomovou práci.

8. Cíle navazující diplomové práce

Jelikož byla tato práce zpracována jako literární rešerše byly mými použitými materiály vědecké články získané z elektronických informačních a vydavatelských zdrojů, nebyly zde použity žádné metody výzkumu. Krátce jsem se zmínila o experimentálních metodách, které se používají v této problematice a navrhla jsem metodu výzkumu pro mou budoucí diplomovou práci.

V rámci mé diplomové práce bych se chtěla zaměřit na experimentální část zahrnující výzkum slávičky v terénu, a dále zpracování výsledků v laboratoři za použití mikroskopické techniky.

Práce v laboratoři bude zahrnovat rozbor vzorků z daných lokalit, determinaci jednotlivých taxonomických skupin makrozoobentosu a porovnání těchto vzorků mezi sebou. Tímto experimentálním výzkumem bych chtěla zjistit, jaký má slávička vliv na společenstva makrozoobentosu v našich vodách. V rámci této problematiky byl zpracován dostatek odborných prací, ale žádné se netýkaly oblastí na území České republiky.

8. 1 Návrh metody na diplomovou práci

Experimentální část by měla vypadat takto. V povodí řeky Moravy budou vybrány různé lokality (malé vodní nádrže) osídlené populacemi invazního mlže - slávičky mnohotvárné a jako kontrolní také lokality, kde slávička přítomna není. Na jednotlivých lokalitách budou instalovány tři typy substrátů (s drúzou živých sláviček, s drúzou prázdných lastur sláviček a substrát bez sláviček. Drúzy na obou substrátech by měly být podobné v celkové velikosti, aby odlišnost mezi jednotlivými drúzami byla co nejmenší. V experimentu budeme sledovat osídlení experimentálních substrátů makrozoobentosem. Srovnáme také rozdíl mezi diverzitou a heterogenitou jednotlivých taxonomických skupin v oblastech zasažených a nezasazených invazí slávičky. Dále porovnáme složení makrozoobentosu v jednotlivých vodních plochách, kde se slávička vyskytuje.

9. Seznam literatury

Afanasiev, S.A. (1987): The differences in oligochaete distribution in periphyton on substrate with different structure. Water Oligochaeta. Transactions of the 6th All Union Symposium Riga. 38–41.

Beekey, M.A., McCabe, D.J. & Marsden, J.E. (2004a): Zebra mussels affect benthic predator foraging success and habitat choice on soft sediments. *Oecologia* 141: 164 – 170.

Beekey, M.A., McCabe, D.J. & Marsden, J.E. (2004b): Zebra mussel colonization of soft sediments facilitates invertebrate communities. *Freshwater Biology* 49: 535 – 545.

Begon, M., Harper, J.L. & Townsend, C.R. (1997): *Ekologie. Jedinci, populace, společenstva*. Univerzita Palackého, Olomouc. 949.

Beninger, P.G., Veniot, A. & Poussart, Y. (1999): Principles of pseudofeces rejection on the bivalve mantle: integration in particle processing. *Marine Ecology Progress Series* 178: 259 – 269.

Bially, A. & Macisaac, H.J. (2000): Fouling mussels (*Dreissena spp.*) colonize soft sediments in Lake Erie and facilitate benthic invertebrates. *Freshwater Biology* 43: 85 – 97.

Botts, P.S., Patterson, B.A. & Schloesser, D.W. (1996): Zebra mussel effects on benthic invertebrates: physical or biotic? *J. North Am. Benthol. Soc.* 15: 179 – 184.

Burlakova, L. (1995): The relationship between *Dreissena polymorpha* and other benthic animals. Proceedings of The Fifth International Zebra Mussel and Other Aquatic Nuisance Organisms Conference, Toronto, Canada. 23 – 29.

Burlakova, E.L., Karatayev, A.Y. & Padilla, D.K. (2005): Functional changes in benthic freshwater communities after *Dreissena polymorpha* (Pallas) invasion and consequences for filtration. The Comparative Roles of Suspension – Feeders in Ecosystems 263 – 275.

Dahl, J., & Greenberg, L. (1996): Effects of habitat structure on habitat use by *Gammarus pulex* in artificial streams. Freshwater Biology 36: 487 – 495.

Daunys, D., Zemlys, P., Olenin, S., Zaiko, A. & Ferrarin, Ch. (2006): Impact of the zebra mussel *Dreissena polymorpha* invasion on the budget of suspended material in a shallow lagoon ecosystem. Helgoland Marine Research 60(2): 113 – 120.

Dermott, R. & Munawar, M. (1993): Invasion of Lake Erie offshore sediments by *Dreissena*, and its ecological implications. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 50: 2298 – 2304.

Dusoge, K. (1966): Composition and interrelationships between macrofauna living on stones in the littoral of Mikolajskie Lake. Ekol. Pol. 14: 755 – 762.

Elliott P., Aldridge, D.C. & Moggridge, G.D. (2008): Zebra mussel filtration and its potential uses in industrial water treatment. Water research 42: 1664 – 1674.

Fanslow, D.L., Nalepa, T.F. & Lang, G.A. (1995): Filtration Rates of the Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) on Natural Seston from Saginaw Bay, Lake Huron. J. Great Lakes Research 21(4): 489 – 500.

Gergs, R., Rinke, K. & Rothhaupt, K.O. (2009): Zebra mussels mediate benthic – pelagic coupling by biodeposition and changing detrital stoichiometry. Freshwater Biology 54: 1379 – 1391.

Griffiths, R.W. (1993): Effects of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) on benthic fauna of Lake St. Clair. Zebra mussels biology, impacts, and control. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida. 415 – 438 (In: Nalepa T.F. & Schloesser D.W).

- Horvath, T.G., Martin, K.M. & Lamberti, G.A. (1999): Effect of zebra mussels, *Dreissena polymorpha*, on macroinvertebrates in a lake – outlet stream. *American Midland Naturalist* 142: 340 – 347.
- Howard, J.K. & Cuffey, K.M. (2006): The functional role of native freshwater mussels in the fluvial benthic environment. *Freshwater Biology* 51: 460 – 474.
- Howell, E.T., Marvin, Ch.H., Bilyea, R.W., Kauss, P.B. & Somers, K. (1996): Changes in Environmental Conditions During *Dreissena* Colonization of a Monitoring Station in Eastern Lake Erie. *J. Great Lakes Research* 22(3): 744 – 756.
- Izvekova, E.I. & Lvova – Kachanova, A.A. (1972): Sedimentation of suspended matter by *Dreissena polymorpha* Pallas and its subsequent utilization by chironomids larvae. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 19: 203 – 210.
- Karatayev, A.Y. & Burlakova, L.E. (1992): Changes in trophic structure of macrozoobenthos of a eutrophic lake, after invasion of *Dreissena polymorpha*. *Biologiya Vnutrennikh Vod. Inform. Byull* 93: 67-71.
- Karatayev, A.Y., Burlakova, L.E. & Padilla, D.K. (1997): The effects of *Dreissena polymorpha* (Pallas) invasion on aquatic communities in eastern Europe. *Journal of Shellfish Research*, Vol. 16, No. 1. 187 – 203.
- Kharchenko, T.G. & Protasov, A.A. (1981): On consortia in water ecosystems. *Gidrobiol. Zh.* 17: 15 – 20.
- Klerks, P.L., Fraleigh, P.C. & Lawniczak, J.E. (1996): Effects of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) on seston levels and sediment deposition in western Lake Erie. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 2284 – 2291.
- Köhn, J. & Waterstraat, A. (1990): The amphipod fauna of Lake Kummerow (Mecklenburg, German democratic Republic) with reference to *Echinogammarus ischnus*, Stebbinf, 1899. *Crustaceana* 58: 75 – 82.

- Lowe, R.L. & Pillsbury, R.W. (1995): Shifts in Benthic Algal Community Structure and Function Following the Appearance of Zebra Mussels (*Dreissena polymorpha*) in Saginaw Bay, Lake Huron. *J. Great Lakes Res.* 21(4): 558 – 566.
- Mayer, C.M., Keats, R.A., Rudstam, L.G. & Mills, E.L. (2002): Scale – dependent effects of zebra mussels on benthic invertebrates in a large eutrophic lake. *The North American Benthological Society* 21 (4): 616 – 633.
- Molloy, D.P., Karatayev, A.Y., Burlakova, L.E., Kurandina, D.P. & Laruelle, F. (1997): Natural Enemies of zebra mussels: Predators, Parasites, and ecological competency. *Reviews in Fisheries Science*, 5(1): 27 – 97.
- Mörtl, M. & Rothhaupt, K.O. (2003): Effects of Adult *Dreissena polymorpha* on Settling Juveniles and Associated Macroinvertebrates. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 88: 561 – 569.
- Nagelkerke, L.A. & Sibbing, F.A. (1996): Efficiency of feeding on zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) by common bream (*Abramis brama*), white bream (*Blicca bjoerkna*), and roach (*Rutilus rutilus*): the effects of morphology and behavior. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 2847 – 2861.
- Pearse, V.J., Buchsbaum, M. & Buchsbaum, R. (1987): *Living invertebrates*. The Boxwood Press, Pacific Grove, CA. 380.
- Ray, J.W. & Corkum, L.D. (1997): Predation of zebra mussels by round gobies, *Neogobius melanostomus*. *Environmental Biology of Fishes* 50: 267 – 273.
- Reeders, H.H. & Bij de Vaate A. (1990): Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*): a new perspective for water quality managment. *Hydrobiologia* 200/2001: 437 – 450.
- Ricciardi, A., Whoriskey, F.G. & Rasmussen, J.B. (1997): The role of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in structuring macroinvertebrate communities on hard substrates. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 2596 – 2608.

Russel – Hunter, W. (1979): A life of invertebrates. Macmillan Publishing, New York, NY. 650.

Sedlák, E. (2006): Zoologie bezobratlých. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. 62 – 63.

Shuter, B.J. & Mason, D.M. (2001): Exotic invertebrates, food – web disruption, and lost fish production: understanding impacts of dreissenid and cladoceran invaders on lower – lakes fish communities and forecasting invasion impacts on upper – lakes fish communities. Prepared for the Board of Technical Experts Great Lakes Fishery Commission. 16.

Schoeppner, N.M. & Relyea, R.A. (2005): Damage, digestion, and defence: the roles of alarm cues and kairomones for inducing prey defences. *Ecology letters* 8: 505 – 512.

Slobodkin, L.B. & Bossert, P.E. (1991): The freshwater Cnidaria – or coelenterates. *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates* 125 – 143.

Sprung, M. & Rose, U. (1988): Influence of food size and food quantity on the feeding of the mussel *Dreissena polymorpha*. *Oecologia* 77: 526 – 532.

Stewart, T.W., Miner, J.G. & Lowe, R.L. (1998a): Quantifying mechanisms for zebra mussel effects on benthic macroinvertebrates: organic matter production and shell – generated habitat. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 17(1): 81 – 94.

Stewart, T.W., Miner, J.G. & Lowe, R.L. (1998b): Macroinvertebrate Communities on Hard Substrates in Western Lake Erie: Structuring Effects of *Dreissena*. *Internat. Great Lakes res.* 24(4): 868 – 879.

Thorp, J.H., Delong, M.D. & Casper, A.F. (1998): In situ experiments on predatory regulation of a bivalve mollusc (*Dreissena polymorpha*) in th Mississippi and Ohio Rivers. *Freshwater Biology* 39: 649 – 661.

Walshe, B.M. (1951): The feeding habits of certain chironomid larvae (subfamily Tendipedinae). Proc. Zool. Soc. London. 121: 63 – 79.

Watzin, M.C., Joppe – Mercure, K., Rowder, J., Lancaster, B. & Bronson, L. (2008): Significant fish predation on zebra mussels *Dreissena polymorpha* in Lake Champlain, U.S.A. Journal of Fish Biology 73: 1585 – 1599.

Wisenden, P.A. & Bailey, R.C. (1995). Development of macroinvertebrate community structure associated with zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) colonization of artificial substrates. Can. J. Zool. 73: 1438 – 1443.

Wolnomiejski, N. (1970): The effects of *Dreissena polymorpha* Pall. Aggregation on the differentiation of the benthonic macrofauna. Zecz. Nauk. UMK. 25: 31 – 39.

Internetové informační zdroje

http://cs.wikipedia.org/wiki/Sl%C3%A1vi%C4%8Dka_mnohotv%C3%A1rn%C3%A1

<http://www.biolib.cz/cz/taxon/id3034/>

<http://www.naturabohemica.cz/dreissena-polymorpha/>

<http://www.ecmost.cz/cd/data/voda/nadrze/uvod.htm>

http://el.erdc.usace.army.mil/zebra/zmis/zmishelp4/life_history_and_biology.htm

<http://www.biology.ualberta.ca/courses.hp/zool250/animations/Clam.swf>

10. Seznam příloh

Obr. 1: Morfologie a anatomie slávičky

(http://el.erdc.usace.army.mil/zebra/zmis/zmishelp4/anatomy_and_physiology.htm)

Obr. 2: Predátoři sláviček v Severní Americe: a) *Cyprinus carpio* b) *Lepomis microlophus* c) *Moxostoma carinatum* d) *Moxostoma hubbsi* e) *Neogobius melanostomus* f) *Lepomis gibbosus* g) *Aplodinotus grunniens*

<http://el.erdc.usace.army.mil/zebra/zmis/zmishelp4/predators.htm>

Obr. 3: Predátoři sláviček v Evropě: a) *Blicca Bjoerknab* b) *Acipenser* c) *Abramis brama* d) *Mylopharyngodon piceus* e) *Rutilus rutilus*

<http://el.erdc.usace.army.mil/zebra/zmis/zmishelp4/predators.htm>

Obr. 4: Požerákové zuby *Aplodinotus grunniens*

(http://www.sciencebuzz.org/museum/object/2003_04_pharyngeal_teeth_from_freshwater_drum_aplodinotus_grunniens)

Obr. 5: Inhalační a exhalační otvor slávičky

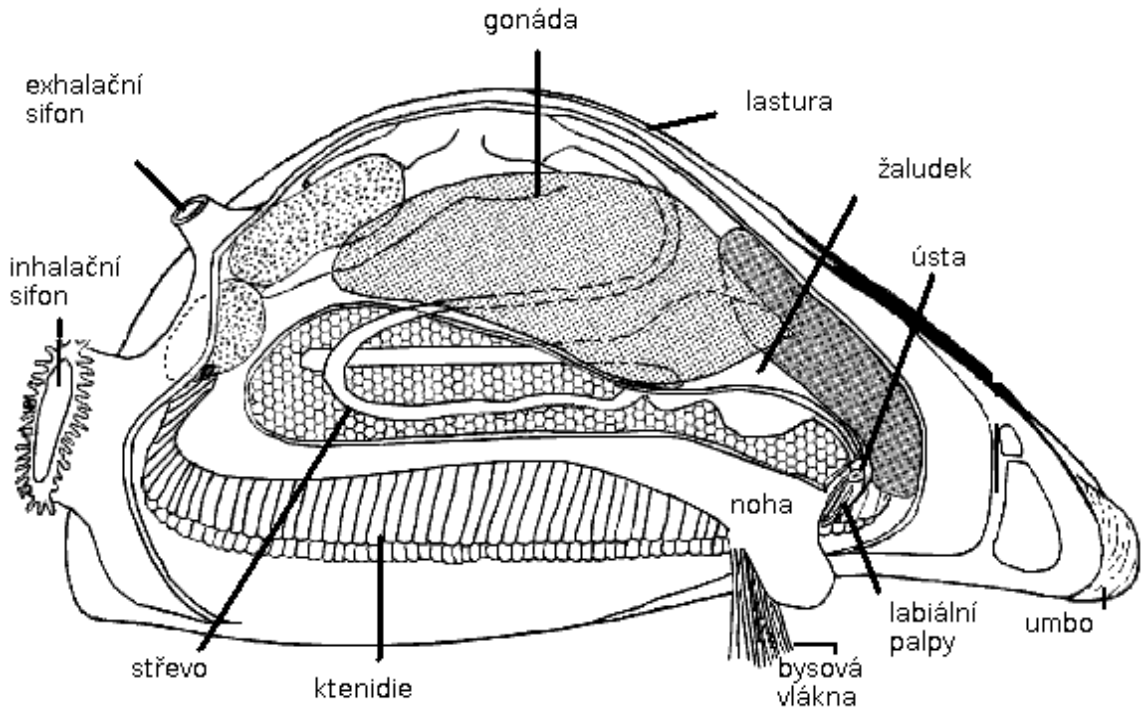
(http://el.erdc.usace.army.mil/zebra/zmis/zmishelp4/water_circulation.htm)

Obr. 6: Hustota makrozoobentosu v závislosti na výskytu/absenci drúz (Botts et al. 1996).

Obr. 7: Hustota jednotlivých skupin makrozoobentosu v závislosti na typu drúz (Botts et al. 1996).

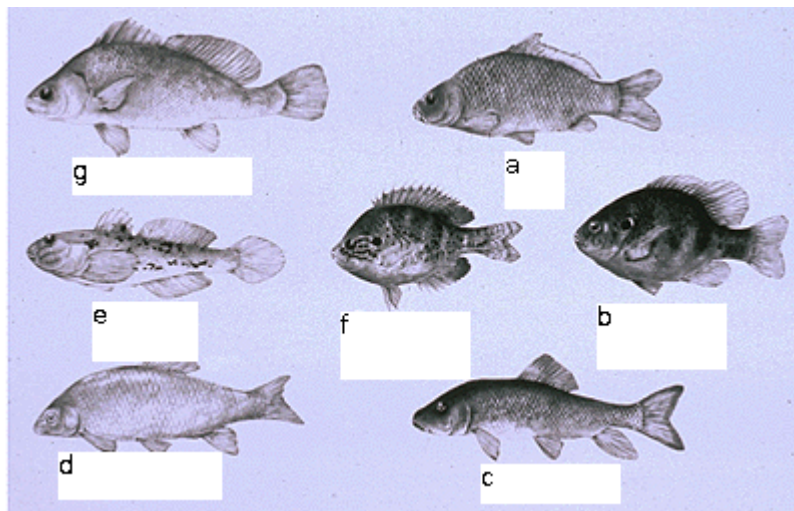
Obr. 8: Závislost hustoty makrozoobentosu na hustotě slávičky a na typu drúzy (Horvath et al. 1999).

11. Přílohy



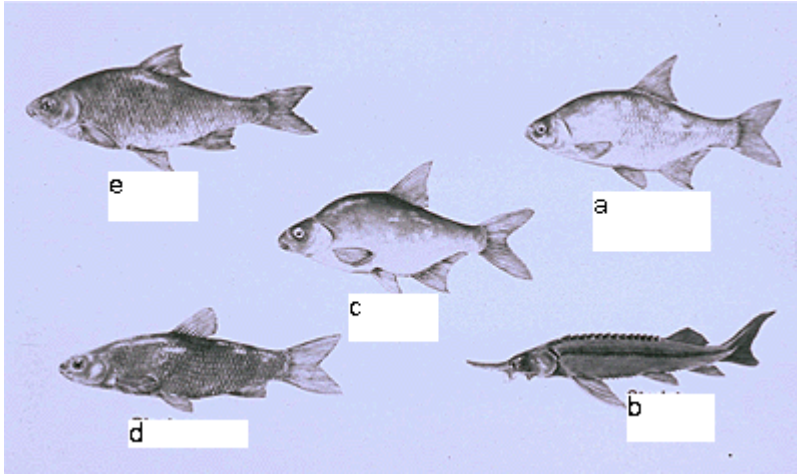
Obr. 1: Morfologie a anatomie slávičky

(http://el.erdc.usace.army.mil/zebra/zmis/zmishelp4/anatomy_and_physiology.htm)



Obr. 2: Predátoři sláviček v Severní Americe: a) *Cyprinus carpio* b) *Lepomis microlophus* c) *Moxostoma carinatum* d) *Moxostoma hubbsi* e) *Neogobius melanostomus* f) *Lepomis gibbosus* g) *Aplodinotus grunniens*

(<http://el.erdc.usace.army.mil/zebra/zmis/zmishelp4/predators.htm>)



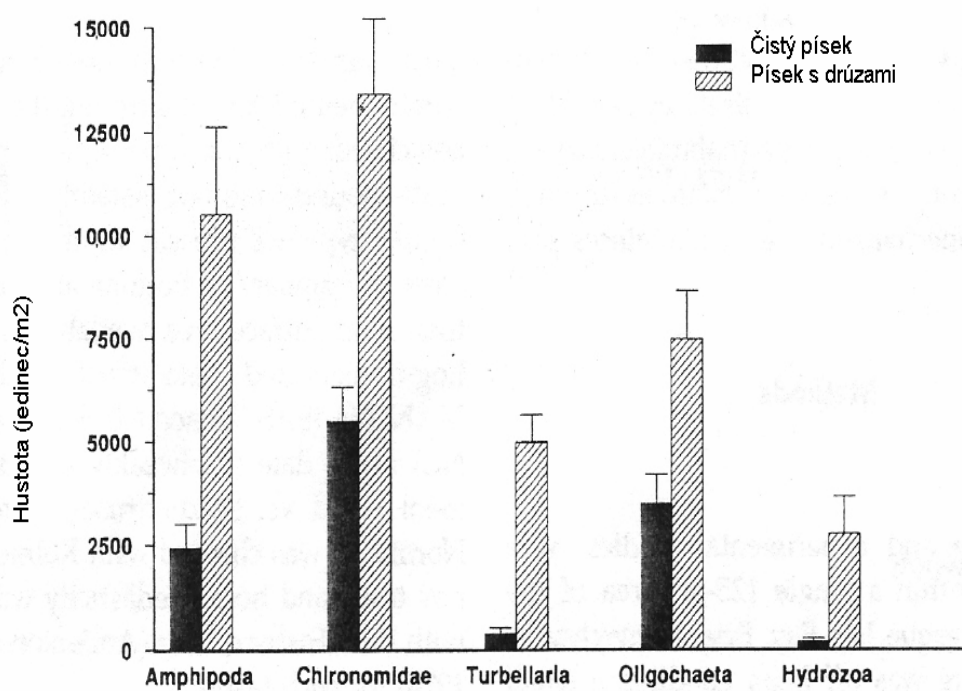
Obr. 3: Predátoři sláviček v Evropě: a) *Blicca Bjoerkna* b) *Acipenser* c) *Abramis brama* d) *Mylopharyngodon piceus* e) *Rutilus rutilus*
(<http://el.erdc.usace.army.mil/zebra/zmis/zmishelp4/predators.htm>)



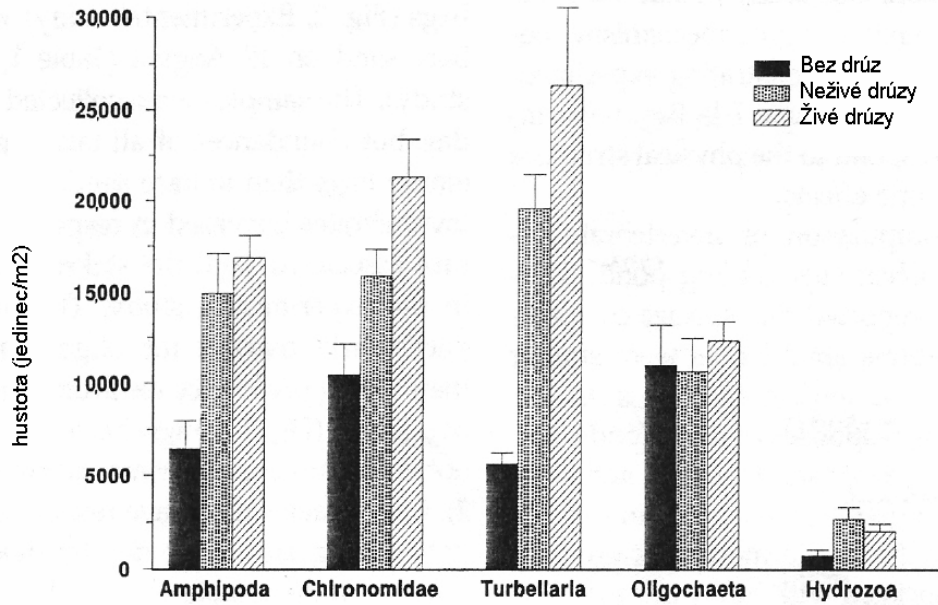
Obr. 4: Požerákové zuby *Aplodinotus grunniens*
(http://www.sciencebuzz.org/museum/object/2003_04_pharyngeal_teeth_from_freshwater_drum_aplodinotus_grunniens)



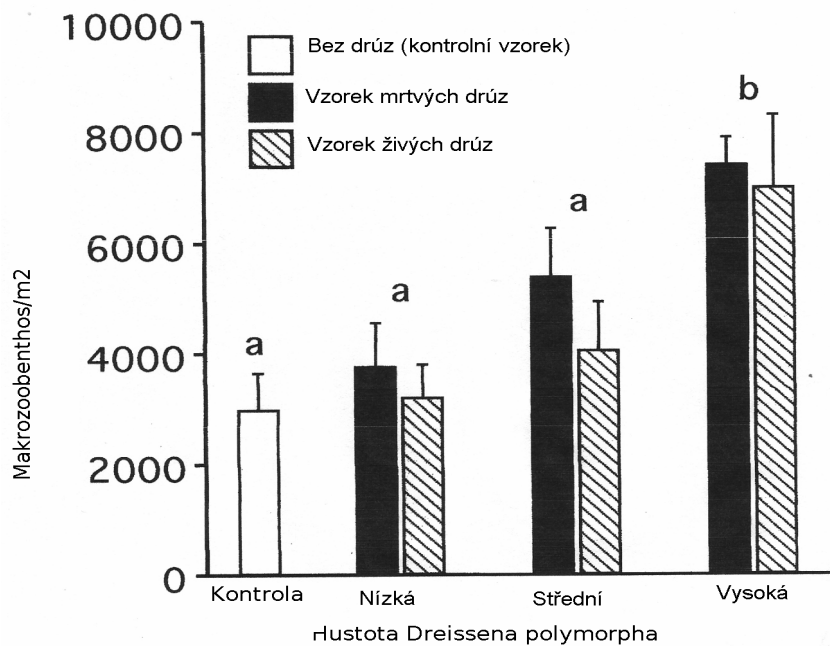
Obr. 5: Inhalační a exhalační otvor slávičky
http://el.erdc.usace.army.mil/zebra/zmis/zmishelp4/water_circulation.htm



Obr. 6: Hustota makrozoobentosu v závislosti na výskytu/absenci drúz
 (Botts et al. 1996).



Obr. 7: Hustota jednotlivých skupin makrozoobentosu v závislosti na typu drúz (Botts et al. 1996).



Obr. 8: Závislost hustoty makrozoobentosu na hustotě slávičky a na typu drúzy (Horvath et al. 1999).