

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta rybářství a ochrany vod

Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Bakalářská práce

Škody způsobené predací bezobratlými na nejranějších stádiích ryb

Autor: Filip Ložek

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Bláha, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Bořek Drozd, Ph.D.

Studijní program a obor: Zootechnika, Rybářství

Forma studia: Prezenční

Místo a rok odevzdání: České Budějovice, 2012

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval 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 (diplomové) práce, a to v nezkrácené podobě, případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích 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.

Datum 13.5.2012

Podpis studenta

Poděkování

Děkuji vedoucímu své bakalářské práce panu Ing. Martinu Bláhovi, Ph.D., za nasměrování mé osobnosti vstříc studiu správným směrem, dále za jeho teoretickou, praktickou pomoc a trpělivost. Vážím si předchozích generací lidí, kteří zasvětili život vědě, z jejichž odborných prací jsem ve svojí bakalářské práci čerpal. Děkuji rodině za vhodné zázemí, finanční i morální oporu. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat i paní Ing. Jitce Kotové za ochotu a vstřícnost.

Děkuji

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Filip LOŽEK**
Osobní číslo: **V10B067P**
Studijní program: **B4103 Zootechnika**
Studijní obor: **Rybářství**
Název tématu: **Škody způsobené predací bezobratlými na nejranějších stádiích ryb**
Zadávací katedra: **Ústav akvakultury**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem bakalářské práce bude zjistit do jaké míry je přítomnost bezobratlých predátorů pro raná stádia ryb nebezpečná a má vliv na míru jejich přežívání. Většina hospodářsky chovaných druhů ryb se do rybníků nasazuje ve stádiu váčkového plůdku a nedochází k předchozímu rozkrmování na vacích či jiných odchovných zařízeních s pozdějším vysazením již silnějšího rozkrmeného plůdku. V prvních dnech po nasazení dochází také k největším ztrátám, které mohou být způsobeny ať už nedostatečnou potravní nabídkou nebo zejména predací bezobratlými predátory. Mezi ně mohou patřit tzv. "dravé" buchanky, larvy vážek nebo vodních brouků, a i některé druhy vodních ploštic. Student v průběhu bakalářské práce uskuteční několik laboratorních pokusů na rozplaveném plůdku kaprovitých, případně i okounovitých ryb, které bude konfrontovat s dravci, tedy dravými larvami hmyzu, vodními plošticemi či buchankami. Na základě pokusů vyhodnotí potenciální nebezpečnost jednotlivých dravců vzhledem k plůdku ryb.

Rozsah grafických prací: **5 tabulek nebo grafů**

Rozsah pracovní zprávy: **30 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Fregadoli, C. H. 2003. Laboratory analysis of predation by cyclopoid copepods on first-feeding larvae of cultured Brazilian fishes. Aquaculture 228, 123-140.
Piasecki, W. G. 2000. Attacks of cyclopoid *Acanthocyclops robustus* (Sars) on newly hatched cyprinids. Electronic journal of Polish Agricultural Universities 3(1).

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Bláha, Ph.D.**

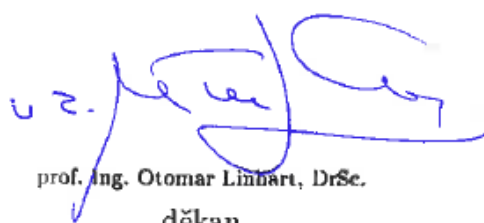
Ústav akvakultury

Konzultant bakalářské práce: **RNDr. Bořek Drozd, Ph.D.**

Ústav akvakultury

Datum zadání bakalářské práce: **30. listopadu 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2012**


prof. Ing. Otomar Linhart, DrSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD
Zatřetí 726/II
389 25 Vodňany (2)


Ing. Pavel Vejsada, Ph.D.
ředitel

Ve Vodňanech dne 14. ledna 2011

Obsah

1. Úvod	7
2. Cíle práce	8
3. Literární přehled	9
3.1. Faktory ovlivňující riziko predace.....	9
3.1.1. Velikost.....	9
3.1.2. Množství přirozené potravy	10
3.1.3. Množství predátora.....	11
3.1.4. Habitat	12
3.2. Dospělci a larvy hmyzu jako predátoři raných stádií ryb	12
3.3. Koryši jako predátoři raných stádií ryb	13
3.3.1. Faktory vedoucí k rozvoji buchaneček	15
3.4. Druhy zranění působené bezobratlými predátory.....	16
4. Metodika	17
4.1. Odlov vzorků.....	17
4.2. Zpracování experimentu 1.....	17
4.2.1. Experiment květen 2010	17
4.2.2. Experiment červen 2011	18
4.3. Zpracování experimentu 2.....	18
5. Výsledky	20
5.1. Experiment 1 (2010)	20
5.1.1. <i>Acanthocyclops trajani</i>	20
5.1.1.1. Hustota 5 jedinců na 10 ml	20
5.1.1.2. Hustota 10 jedinců na 10 ml	20
5.1.1.3. Hustota 15 jedinců na 10 ml	21
5.1.2. <i>Cyclops vicinus</i>	22
5.1.2.1. Hustota 5 jedinců na 10 ml	22
5.1.2.2. Hustota 10 jedinců na 10 ml	22
5.1.2.3. Hustota 15 jedinců na 10 ml	22
5.2. Experiment 1 (2011)	23
5.2.1. Hustota 5 jedinců na 10 ml.....	23
5.2.2. Hustota 10 jedinců na 10 ml.....	23

5.2.3. Hustota 15 jedinců na 10 ml.....	24
5.3. Experiment 2.....	24
5.3.1. Koncentrace 1760 ind. l ⁻¹ dospělých samic	24
5.3.2. Koncentrace 3520 ind. l ⁻¹ dospělých samic	25
6. Diskuze	26
7. Závěr.....	29
8. Seznam použité literatury	30
9. Abstrakt	34
10. Abstract.....	35

1. Úvod

Ryby během svého života ve svém přirozeném vodním prostředí čelí tlaku celé řady predátorů, ať už se jedná o obratlovce nebo bezobratlé predátory žijící ve vodním prostředí i trvale mimo něj. Z hlediska chovu ryb jsou nejvíce zranitelná zejména nejranější vývojová stádia ryb. Zde, co se týče predace, jsou zcela specifickou skupinou členovci (*Arthropoda*) zahrnující dravý hmyz anebo zástupce koryšů.

Predace těchto bezobratlých je celosvětovým fenoménem, zapříčiňujícím rovnováhu v podmínkách přirozeného prostředí. V našich podmínkách je predace sezónní záležitostí, jelikož druhy ryb, jejichž potěr predátorům nejčastěji podléhá, se vytírají na jaře a začátkem léta, kdy je hojnost těchto predátorů značná.

Vzhledem k tomu, že většina našich hospodářských druhů ryb je vysazována po vykulení z jiker, je tento jev v rybníčním hospodářství nežádoucí a může způsobovat vysoké ztráty váčkového plůdku. Rovněž v odchovech na oteplené vodě, při přikrmování zooplanktonem odchyceným z volných vod se setkáváme s poškozením plůdku.

Je tedy vhodné lépe poznat potravní zvyky predátorů a jejich potenciální schopností působit škody na raných vývojových stádiích ryb.

2. Cíle práce

Cílem mé bakalářské práce bylo na základě dostupné literatury a vlastních experimentů zjistit dopady predace bezobratlých (zejména planktonních korýšů) na raná vývojová stádia sladkovodních ryb. Shromáždil jsem data o predaci vodního hmyzu, vystavil rozplavaný plůdek kapra obecného (*Cyprinus carpio*) dravým buchankám (*Acanthocyclops trajani*) v několika experimentech v letech 2010 a 2011. Hlavním úkolem bylo mimo mortality sledovat faktory vedoucí k predaci a to velikost ryb, množství přirozené potravy predátorů a v neposlední řadě i druhy zranění působená predátory a jejich následky na ryby. Experimenty probíhaly na kapřím plůdku získaném z líhně ve Vodňanech.

3. Literární přehled

3.1. Faktory ovlivňující riziko predace

3.1.1. Velikost

Zranitelnost raných stádií ryb nepochybně souvisí s velikostí, což vyplývá z experimentu Le Lourana a Cloareca (1997), kteří popsali, že jedinci potápníka vroubeného (*Dytiscus marginalis* Linné, 1758), znakoplavky obecná (*Notonecta glauca* Linné, 1758) a nymfy šídla královského (*Anax imperator* Leach, 1815) jsou schopni pozřít plůdek štiky do velikosti 36 mm (30 dní starého), přičemž optimální velikost kořisti pro subadultní instar šídla královského je 15–20 mm. Nymfy šidélka *Erythromma najas* nejsou schopny ulovit plůdek nad 8 mm celkové délky těla. Lze tedy usoudit, že čím starší, resp. větší plůdek ryby je, tím je na něho predáční tlak ze strany hmyzu nižší. Rovněž je pravděpodobné, že tito predátoři budou schopni pozřít do výše udaných velikostí i ostatní druhy ryb.

Zatímco „dravé“ buchanky jsou limitovány výběrem velikosti jejich kořisti na obecně mladší, menší, méně robustní rybí larvy (Smith a Kernehan, 1981; Hartig, Jude a Evans, 1982; Hartig a Jude, 1984) dosahujících značně menších rozměrů, při kterých se stávají potravou hmyzu. Tudíž, zranitelnost rybího plůdku může záviset individuálně dle druhu ryb na schopnosti dosáhnout určité velikosti, při níž přestává být pro buchanky atraktivní kořistí, v co nejkratší době. Fabian (1960) zaznamenal vysokou mortalitu rybích larev slunečnice obecné *Lepomis macrochirus*, dania pruhovaného *Brachydanio rerio*, čichavce mramorovaného *Trichogaster trichopterus* kančíka pruhovaného *cichlosoma nigrofasciatum* první a druhý den po vykulení, vystavených buchankám *Cyclops vernalis*, *C. bicuspidatus* a *Mesocyclops leuckarti* v koncentraci ≥ 200 ind. l⁻¹. Ovšem jedinci potěru dosahující délky 8 mm a více, dokázali čelit útokům a to i v koncentraci 1000 ind. l⁻¹. Podobně Smith a Kernehan (1981) připisují nejvyšší mortalitu plůdku ryb rodu *Morone* dosahujícího maximální délky 6,4 mm, u jedinců přesahujících tuto délku nebyla zaznamenána žádná napadení ze strany buchanek.

Rovněž velikost buchanek v jednotlivých stádiích vývoje limituje jejich potravní návyky. Fregadoli (2003) popisuje výrazně nižší mortalitu 8 % plůdku dvou rodů piraní *Piaractus mesopotamicus* a *Colossoma macropomum* (TL < 8 mm),

vystavených pouze kopepoditovým stádiím buchanek *Thermocyclops decipiens*, oproti tomu plůdek, k němuž měli přístup i dospělci buchanek vykazoval vyšší mortalitu až 89 %.

3.1.2. Množství přirozené potravy

Hmyzí predátoři jsou generalisté a oportunisté, ryby obecně netvoří významnou část jejich stravy. Dospělci a pozdní vývojová stádia obecně zkonsumují více potravy, než raná vývojová stádia (Klečka, 2010). Například potápníci se živí řadou malých bezobratlých včetně perlooček (*Cladocera*), korýšů berušek rodu *Asellus* či larev dvoukřídlého hmyzu (Diptera) (Juliano a Lawton, 1990) a také larvami obojživelníků (Formanowicz, 1982). Strava larev vážek se liší dle prostředí, ve kterém žijí (Corbet, 1957; Cloarec, 1977; Blois, 1985). Larvy vážek vyskytující se na dně loví kořist z řad bentosu, zatímco larvy obývající vodní rostliny mají lepší přístup k rybímu potěru. Menší larvy se soustřeďují na zooplankton, pozdější instary na larvy obojživelníků (Caldwell a kol., 1980). Znakoplavka obecná je polyfágní a kořist je tvořena zooplanktonem až po ryby (Murdoch a kol., 1984).

Plůdkové výtazníky bývají obvykle obsazeny velkým množstvím vodního hmyzu, představujícího velké riziko pro rybí potěr. Tento hmyz se do systému dostává během deště, po dešti, nebo může být přitahován světlem (Pennak, 1953). Potravní zvyky vodního hmyzu ukazují, že je schopen konzumovat klanonožce a perloočky (Huet, 1979), což vede k nedostupnosti těchto organismů jako potravy pro potěr, projevující se v růstovém rozdílu jedinců rybího potěru. Kromě toho hmyz schopný konzumovat zooplankton, může být schopen konzumovat i potěr (Chaudhuri, 1960; Huet, 1979).

Již v minulosti bylo prokázáno, že některé sladkovodní buchanky jsou býložravé, zatímco jiné jsou dravé (Fryer, 1957a, 1957b; Neumann, 1923). Většina dravých buchanek je euryfágní (Hutchinson, 1967). Jejich kořist zahrnuje nauplia a kopepoditová stádia buchanek, vířníky, máloštětinatce (*Oligochaeta*), prvoky, mladé obojživelníky a ryby (Kerfoot, 1977, 1978; Zaret, 1980). Svým silně vyvinutým kousacím ústrojím plůdek vážně poraní a způsobí úhyn. Tato fakultativní dravost je zřejmě v důsledku absence přirozené potravy běžná.

Množství jedinců a druhové zastoupení populace vířníků jako přirozené potravy buchanek, mimo jiné závisí na ročním období, ve kterém dosahuje populace buchanek nejvyšší početnosti. Tudiž v tomto období predáční tlak buchanek ničí populace vířníků např. druhu *Synchaeta lakowitziana* s tělem neuzpůsobeným obrané taktice jak popisují i studie Brandla a Fernanda (1978) a Stembergera (1985).

3.1.3. Množství predátora

S přibližnou hustotou tří jedinců znakoplavky obecné na 10 m², s poměrem 1:9 ve prospěch tří dny starého potěru štiky obecné (*Esox lucius*), bylo zabito během 24 hodin všech 28 jedinců. Podobné odhady pro ostatní potenciální dravce z řad hmyzu naznačují, že by společně mohli zabít 60 kusů 1-3 dny starého štičího potěru celkové délky těla 8 mm za 24 hodin. Vzhledem k intenzivnímu vysazení přibližně 75 000 jedinců plůdku na ha⁻¹ to může znamenat, že 80 % z plůdku štiky by mohlo být zabito dravým hmyzem během prvního dne po vylíhnutí (Le Louran a Cloarec, 1997).

Během roku se mění abundance druhů buchanek, v závislosti na teplotě vody, která souvisí s ročním obdobím a množstvím přirozené potravy. Jak popisuje ve své studii Devetter a Šed'a (2008) v údolní nádrži Římov nejvyšších abundancí (ind. l⁻¹) dosahují buchanky *Cyclops vicinus* na přelomu března a května.

Obecně se vysoká míra dravosti některých druhů buchanek projevuje již u kopepoditových stádií po přeměně z nauplií (Fryer, 1957), ovšem rybí plůdek ohrožují zejména dospělé samice buchanek (Hartig a Jude, 1984), takže při vysazování plůdku, záleží především na tom v jaké životní fázi, se většina jedinců z kultury buchanek v rybníce nachází. Hustota vývojových stádií buchanek je obecně vyšší, než dospělců (Bláha, 2010). Pro vysazený rybí plůdek je tedy méně vhodným obdobím, když je vysoké procento dospělců z celkového zastoupení životních fází buchanek, jelikož po vyžrání přirozené potravy začnou napadat i plůdek. Koncentrace dravých buchanek je jedním z biologických faktorů způsobující redukci, či snížení populace sladkovodních ryb (Fabian, 1960).

3.1.4. Habitat

Prostředí, ve kterém se jak kořist, tak predátor nachází, úzce souvisí s množstvím predátora. Riziko pro vykulenou rybu spočívá v tom, jak je dané místo jejího vykolení obsazeno predátory.

Sdílení habitatu patří mezi faktory ovlivňující populace ryb v raných fázích života, je zde zahrnut stav životního prostředí, dostupnost potravy a stanoviště, kompetice, predace, čas a místo líhnutí ryb ve srovnání s množstvím predátorů (Adams a DeAngelis, 1987; Le Louran a Cloarec, 1997).

Potěr štiky sdílí stejný mikrohabitat jako hmyzí predátoři. Na rozdíl od bentických larev vážky ploské (*Libellula depressa* Linné, 1758), ostatní predátoři jako potápník vroubený, larvy šídla královského mají větší šanci na setkání se štičím potěrem (Le Louran a Cloarec, 1997).

3.2. Dospělci a larvy hmyzu jako predátoři raných stádií ryb

Z hmyzu (*Isecta*) predují mimo jiné na raných stádiích ryb především larvy a dospělci potápníka vroubeného, znakoplavky obecné a nymfy šídel a vážek (Le Louran a Cloarec, 1997).

Tito hmyzí predátoři mohou měnit své lovecké taktiky v reakci na dostupnost kořisti. Mohou čekat v záloze při vysoké hustotě kořisti, nebo ji aktivně vyhledávat, jeli je kořist vzácná (Streams, 1987; Cloarec, 1990). Většina vodního hmyzu zjišťuje přítomnost kořisti na základě mechanických, vibračních, nebo vizuálních podnětů a reagují na sebemenší rozvíření vody. V důsledku predace může docházet ke značným ztrátám mezi vykuleným plůdkem ryb (Manelphe, 1989). Maximální vzdálenost, při které je schopen hmyzí predátor svoji kořist zaznamenat se liší mezi těmito dravými druhy. Kořist musí přijít téměř do styku s pasivně lovcí larvou vážky ploské, aby mohla být vnímána resp. ulovena, zatímco predátoři aktivně vyhledávající kořist znakoplavka obecná, potápník vroubený a larva šídla královského mohou vnímat pohyb kořisti v nejvyšším možném objemu 10 litrů vody (Le Louran a Cloarec, 1997). Larvy potápníka vroubeného jsou schopny vnímat také chemické podněty,

což by mohlo vysvětlit, proč byly jedinými predátory konzumujícími i jikry štik (Le Louran, 1883).

Odrostlejší potěr se pro hmyzí predátory stává méně dostupnější kořistí. Laboratorní pokusy dokazují, že jedinci znakoplavky obecné a potápníka vroubeného zabili během 24 hodin téměř všechn předložený 3 dny starý štičí potěr celkové délky těla 8 mm, několik kusů 12 dní starých štik celkové délky těla 14 mm, ale pouze dvě 21-30 dní staré štiky celkové délky těla 36 mm s hustotou 3 jedinců hmyzu na 10 m² a 27 jedinců štičího plůdku.

Velký rozdíl v počtu pozřené kořisti spočívá také v rozdílném typu ústního ústrojí jednotlivých zástupců bezobratlých vodních predátorů. Predátoři s ústním ústrojím bodavě sacím zabijí více kořisti, než predátoři s ústním ústrojím kousacím. Může to být částečně důsledek toho, že predátoři, kteří kořist „vysávají“ (znakoplavka obecná, larvy potápníka vroubeného) většinu nestravitelných zbytků potravy nekonzumují, na rozdíl od predátorů, kteří kořist žvýkají (Cook & Cockrell 1978, Giller 1980, Bailey 1986). Ať už je příčina jakákoli, predátoři s ústním ústrojím bodavě sacím zabijí téměř třikrát více kořisti, než stejně velcí predátoři s kousacím ústním ústrojím. Mohou mít tak hlubší dopad na množství kořisti (Klečka, 2010).

3.3. Koryši jako predátoři raných stádií ryb

Klanonožci (Copepoda) jsou součástí zooplanktonu a tvoří důležitou část potravy mnoha druhů ryb. Velmi nebezpečným predátorem pro raná vývojová stádia ryb, způsobujícího za určitých podmínek (vysokých biomasách) až totální mortalitu vysazeného plůdku jsou klanonožci (Copepoda), řád buchanky (*Cyclopoidea*), a zejména rod *Acantocyclops* sp. Kiefer, 1927.

Životní cyklus buchanek zahrnuje dvě části vývoje, první fázi představují naupliová stádia s odlišným fenotypem od dospělců a kopepoditových stádií, které se dospělcům podobají (Ferrari a Dahms, 2003; Bláha, 2010).

Smrt larvy Axolotla způsobenou útoky buchanek popsali Oliva a Sládeček (1950) a podobné pozorování zmínil dříve Babák (1913). Fryer (1953) popisuje chování

buchanky *Cyclops viridis* útočící na právě vykulenou larvu. Podobně Davis (1959) uvádí nález mrtvého rybího potěru ve vzorku planktonu z Erijského jezera, kdy na některých jedincích ještě ulpívalo 5-7 buchaneček druhů *Cyclops bicuspidatus* a *Mesocyclops edax*.

Podobně při laboratorních experimentech mortalita veškerého potěru ryb slunečnice pestré, dania pruhovaného, čichavce mramorovaného a kančíka příčnopruhého v prvním a druhém dnu po vykulení vzrostla z 25 % na 50 % v akváriu obsahující *Cyclops vernalis*, *C. bicuspidatus* a *Mesocyclops leuckarti* v koncentraci ≥ 200 ind. l⁻¹. V porovnání s kontrolním vzorkem, který neobsahoval buchanky, vzrostla mortalita z 1 % na 5 % (Fabian, 1960).

Potěr ryb (4,5 – 6,5 mm) vyskytující se v Lake Michigan a Pigeon Lake (USA) je predován ze strany buchaneček druhů *Diacyclops thomasi* a *Acanthocyclops vernalis*. Dravost byla prokázána u dospělých samic buchaneček, přičemž u *Diacyclops thomasi* bylo zaznamenáno 92 % predace. Výše zmíněné druhy buchaneček napadali plůdek ryb zejména od května do srpna, přičemž druh *A. vernalis* napadal plůdek i v průběhu noci jak popisuje (Hartig a Jude, 1984).

V tropických oblastech Brazílie se vyskytuje *Thermocyclops decipiens*. Dospělci tohoto druhu buchaneček napadají, poškozují i kompletně požírají vykulené larvy piraní druhů *Piaractus mesopotamicus* a *Colossoma macropomum*. Poškozená raná stádia těchto ryb mají větší potíže se získáváním potravy. Negativní vztah mezi poškozením ploutví a délkou těla plůdku piraní naznačuje, že čím dříve jsou ryby napadány (poškozeny) tím větší jsou důsledky (velikost poškození vůči velikosti těla, snížení růstu, smrt). První dny odchovu v plůdkových rybnících mají proto rozhodující význam pro přežití larev. Důležitý je vztah mezi hustotou predátorů a kořisti. Potěr *Piaractus mesopotamicus* a *Colossoma macropomum* (TL < 8 mm), má potíže s příjmem dospělých buchaneček jako potravy, především z důvodu vysoké schopnosti úniku dospělců (Fregadolli, 1993). To je také jeden z důvodů proč mohou buchanky napadat rybí plůdek (Fregadoli, 2003).

3.3.1. Faktory vedoucí k rozvoji buchaneč

V podmínkách České republiky se s dravostí buchaneč setkáme nejčastěji u druhu *Acanthocyclops trajani* (podle dřívějších studií *A. robustus*), který dominuje v období vysazování některých kaprovitých ryb a sumce. Při letních teplotách vody životní cyklus tohoto druhu vykazuje krátkou dobu (cca 3-4 dny). Masový výskyt je podmíněn systémem rybničního hospodaření. Důsledkem vysoké trofie a vysokého vyžíracího tlaku silných obsádek s dopadem na absenci větších druhů dafnií (potravní konkurenti naupliových stádií buchaneč) je trvalý vegetační zákal, který vytváří optimální podmínky pro masový rozvoj buchaneč. Stálá přítomnost fytoplanktonu a zřejmě i zvýšená koncentrace organických látek (podporujících rozvoj mixotrofních řas a nálevníků) v rybniční vodě je trvalým zdrojem potravy pro nauplia buchaneč. Aplikací nízkých dávek Soldepu (zakázán v roce 2000) k likvidaci dafniového zooplanktonu rovněž v minulosti napomáhalo rozvoji silné biomasy buchaneč, neboť po úhynu vysoké biomasy dafnií dochází k náhlému rozvoji fytoplanktonu, krátkodobému nástupu vířníků, který bývá potlačen vyžíracím tlakem silného rozvoje buchaneč a to během několika dní při vyšších teplotách vody. Takto nově vzniklá monokultura buchaneč po sežrání vířníků a vlastních naupliových stádií začne napadat rybí plůdek. Jedná se především o *Acanthocyclops trajani* (Faina a Svobodová, 1997).

Další buchankou, jež může svou dravostí nepříznivě působit na plůdek ryb především v jarních měsících (březen až květen) je *Cyclops vicinus*, vyskytující se v monokulturách po vyžrání ostatních druhů zooplanktonu (Devetter a Šeďa, 2008).

Největšímu nebezpečí poškození dravými buchankami je vystaven plůdek těch druhů ryb, které se vysazují v pokročilé sezóně, tj. lín, amur, tolstolobik a sumec. V této době tvoří buchanky (*Acanthocyclops trajani*) významný podíl rybničního zooplanktonu. Největší předpoklad ke vzniku dravých forem buchaneč mají silně eutrofní až hypertrofní rybníky s vyžraným zooplanktonem, nebo po aplikaci nízkých dávek Soldepu. Agresivita buchaneč z takové populace je přímo ukázková, buchanky se hromadně napadají navzájem (Faina a Svobodová, 1997).

3.4. Druhy zranění působené bezobratlými predátory

Zástupci vodních ploštic (*Hemiptera*) nejenže konzumují kapří potěr (Hepper and Pruginin, 1981), ale i jejich pohyb ve vodě může mít špatný vliv na inkubaci jiker, čímž je narušena líhnivost, což vede ke škodám na rybím potěru představující významné rozdíly v přežití (Adeyemo a kol., 1997).

Spadl (1926) uvádí pozorování útoků kopepoditů provázené poraněním malé ryby a její smrt vysvětluje infekcí následující po poranění. Avšak dle Schäperclaus a kol. (1979) poškozují rozsáhlá mechanická poranění krevní oběh a narušují výměnu plynů přes kůži. U staršího plůdku, kde dýchací funkci již převzaly žábry, nebývá kousnutí buchankami příčinou úhynu, ale i tak může dojít k trvalým poškozením (absence ploutví, oka).

Útoky buchank jsou často distribuovány po celém těle ryb. Zajímavé procentuální zhodnocení útoků na jednotlivé části váčkového plůdku ryb ve své studii přináší Cooper (1996). Útoky buchanky *Mesocyclops edax* byly zaměřeny v 22,7 % na žloutkový váček, v 20,4 % na ocas a v 10,2 % na hlavu, zbytek 33 % útoků byl distribuován po celém těle.

Velmi často se setkáme s letálními účinky útoků buchank na rybí plůdek, smrt plůdku nastává v závislosti na poškození části těla, kam se buchanka zakousne. Váčkový plůdek je díky svým nekoordinovaným pohybům atraktivní kořistí pro predátory. Jestliže je poraněn přímo žloutkový váček, dochází k jeho vytečení a koagulaci, smrt plůdku následuje okamžitě. Napadení oblasti hlavy způsobí smrt obecně v rámci intervalu od dvou do tří minut. Mortalita při napadení oblasti ocasu závisí na době přetrvání buchanky a množství tkáně, které pozřela (Fabian, 1960).

4. Metodika

4.1. Odlov vzorků

Zdrojem buchaneč *Acanthocyclops trajani* a *Cyclops vicinus* v experimentu probíhající 29.5.2010 byl rybník č. 55 na Pokusnictví VÚRH ve Vodňanech. Buchanky byly pro experiment individuálně vybrány z vzorku odloveného vrhací planktonní sítí.

Vzorky pro experimenty provedené 8.6.2011 byly odloveny toho dne do vrhací planktonní sítě (průměr 21 cm, 80 μ m). Obsah sítě byl přesunut do několika litrové nádoby naplněné rybníční vodou, jež byla zdrojem pro „experiment 1“ a „experiment 2.“

Experiment probíhal ve dvou různých provedeních, kdy byli různým hustotám buchaneč nabídnuti jedinci kapřího plůdku (*Cyprinus carpio*) ve dvou variantách. Jednu variantu tvořili zdraví jedinci a druhá varianta obsahovala jedince plůdku kapra poraněné. Manipulace s plůdkem se prováděla co nejšetrněji a to i s plůdkem, jež byl úmyslně poškozen ostrým předmětem do ocasní části těla tak, aby mu ocas nebyl zcela amputován. Zdrojem kapřího plůdku byla líheň ve Vodňanech.

4.2. Zpracování experimentu 1

Tento experiment probíhal v obou zmíněných letech. V květnu 2010 byl kapří plůdek přidán k dospělým samicím buchaneč *Acanthocyclops trajani* a *Cyclops vicinus*, o rok později v červnu 2011 byli použiti pouze jedinci *Acanthocyclops trajani* jednotlivě i ve společenstvu planktonu.

4.2.1. Experiment květen 2010

Vlastní experiment probíhal laboratoři při konstantní teplotě $19 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ v petriho miskách o objemu 10 ml. V experimentu byli použiti zdraví a zranění jedinci kapřího plůdku čerstvě po rozplavání. Celková délka těla plůdku se pohybovala v rozmezí 6 mm (SD = 1). Byly použity hustoty 5, 10 a 15 kusů buchaneč (*Acanthocyclops trajani*) na 10 ml vody v první části experimentu. Ve druhé části experimentu byly na místo buchaneč *A. trajani* použiti zástupci druhu *Cyclops vicinus*. V každé petriho misce byly k buchankám umístěny dva kusy rozplavaného kapřího plůdku ve dvou opakováních a zároveň, v paralelně probíhající pokusu dva kusy poraněného kapřího plůdku taktéž ve dvou opakováních. Po umístění plůdku jsem po dobu 11

hodin zaznamenával v půlhodinových intervalech míru napadání a rovněž místa na těle plůdku kam byly útoky ze stran buchaneček směřovány. Po ukončení experimentu jsem ryby zafixoval ve formaldehydu pro následné zhodnocení poškození jednotlivých částí těla, pokud nebyl plůdek kompletně sežrán buchankami.

4.1.2. Experiment červen 2011

Vystavení kapřího plůdku buchankám (*Acanthocyclops trajani*) probíhalo na jedincích (TL = $8 \pm 0,7$ mm). Byly použity shodné hustoty buchaneček 5, 10 a 15 ks na 10 ml, kterým byl vystaven zdravý i poškozený rozplavaný kapří plůdek. Sestavení experimentu bylo stejné jako v předešlém roce. V intervalu čtvrt hodiny po dobu 6 hodin jsem sledoval a zaznamenával části těla plůdku napadené buchankami. Po 24 hodinách jsem experiment ukončil a ryby zafixoval do formaldehydu.

4.3. Zpracování experimentu 2

V této části experimentu byl zdravý a poškozený kapří plůdek nasazován do litrových lahví s planktonním společenstvem, které odpovídalo společenstvu planktonu v rybnících. V „NK (nižší koncentrace)“ planktonu byla voleno 1760 ind. l^{-1} dospělých jedinců, 850 ind. l^{-1} kopepoditových stádií, 355 ind. l^{-1} naupliových stádií *Acanthocyclops trajani*. Dále se ve vzorku vyskytovali dospělci i juvenilové podřádu *Cladocera* v zastoupení rodů *Daphnia*, *Bosmina*, *Chydorus* v celkovém počtu 1780 ind. l^{-1} jedinců. Poslední skupinou obsaženou ve vzorku byl kmen *Rotifera*, z něhož nejpočetněji byly zastoupeny rody *Keratela*, *Brachionus*, *Polyartra* čítající 1430 ind. l^{-1} jedinců. Čehož bylo dosaženo doplněním 25 ml rybnického vzorku planktonního společenstva vodou na jeden litr.

Ve druhé části experimentu činila koncentrace „VK (vyšší koncentrace)“ zástupců planktonního společenstva dvojnásobek předchozí části. Tedy koncentrace 3520 ind. l^{-1} dospělých jedinců, 1700 ind. l^{-1} kopepoditových stádií, 712 ind. l^{-1} naupliových stádií *Acanthocyclops trajani*. Dále se ve vzorku vyskytovali dospělci i juvenilové podřádu *Cladocera* v zastoupení rodů *Daphnia*, *Bosmina*, *Chydorus* v celkovém počtu 3560 ind. l^{-1} jedinců. Poslední skupinou obsaženou ve vzorku byl kmen *Rotifera*, z něhož nejpočetněji byly zastoupeny rody *Keratela*, *Brachionus*, *Polyartra* čítající 2860 ind. l^{-1} jedinců.

Každé části experimentu resp. oběma koncentracím planktonního společenstva byli paralelně vystaveni zdravý a poškozený jedinci kapřího plůdku a rovněž tak i

v opakování. Údajů o koncentraci jednotlivých zástupců skupin planktonního společenstva bylo dosaženo odebráním 100 ml z vhodně zamíchaného obsahu nádoby s odloveným vzorkem a následným počítáním jedinců na počítací komůrce (Bürker CE) pod mikroskopem, poté množství převedeno na 25 ml a 50 ml.

K porovnání hustot dospělých buchanek v l^{-1} s „experimentem 1“ bylo přepočítáno množství jedinců na 10 ml planktonního vzorku, které činilo více jak 700 jedinců dospělých buchanek *Acanthocyclops trajani*, což je oproti „experimentu 1“ obrovské množství.

5. Výsledky

5.1. Experiment 1 (2010)

5.1.1. *Acanthocyclops trajani*

5.1.1.1. Hustota 5 jedinců na 10 ml

Zdraví jedinci kapřího plůdku

Při této hustotě nedošlo v průběhu pozorování experimentu k žádným negativním interakcím v Pepiho miskách obsahujících zdravý plůdek, v jednom z opakování byl na konci experimentu mrtvý nepoškozený plůdek.

Poranění jedinci kapřího plůdku

Hned na začátku experimentu (8:00) se ve dvou ze tří opakování přichytila buchanka na ocas plůdku. Po čtvrt hodině (8:15) bylo pozorováno i zakousnutí do hlavy. Za dalších 15 minut (8:30) se ve stejné kádince, kde se držela buchanka na hlavě plůdku, bylo pozorováno držení buchanky pouze na ocase. Po půl hodině (9:00) se ve všech opakováních drželo po jednom jedinci buchanky na břichu, hlavě, ocasu. Za dalších půl hodiny (9:30) byl plůdek ve všech opakováních mrtvý. Tak tomu bylo i po následující půlhodině (10:00). Po uplynutí hodiny (11:00) se na mrtvém plůdku v prvním opakování držely 2 jedinci buchanky na hlavě, ve druhém opakování 1 rovněž na hlavě. Dalších 6 a půl hodiny buchanky postupně požíraly torza plůdku.

5.1.1.2. Hustota 10 jedinců na 10 ml

Zdraví jedinci kapřího plůdku

Za 3 hodiny (11:00) po začátku experimentu bylo pozorováno v jednom z opakování zakousnutí buchanky do hlavy plůdku, v dalším opakování do ocasu. Po hodině a půl (12:30) přibyla rybě s buchankou na hlavě ještě buchanka na břichu, v dalších opakováních se od předešlého pozorování nezměnilo nic. Ve 13:00 byl plůdek ve všech opakováních mrtvý, jedinec s buchankou na hlavě již neměl buchanku zakousnutou na ocasu, ale další se mu zakousla do břicha, v dalších opakováních měli jedinci plůdku 2 buchanky na hlavě, ocasu a po jedné na břichu a hřbetu. Dalších 5 hodin do konce experimentu již buchanky konzumovaly rybí tkáň.

Poranění jedinci kapřího plůdku

V jednom z opakování přežil zraněný plůdek 4 hodiny (8:00 – 12:30), poté (13:00) se mu buchanka zakousla do ocasu a za hodinu (14:00) již byl mrtvý s buchankou zakousnutou v hlavě. Oproti tomu v dalších dvou opakování buchanky zaútočily hned na začátku (8:00) experimentu na hřbet a na ocas. Po čtvrt hodině (8:15) se v jednom případě držela buchanka na ocasu a následující čtvrt hodinu (8:30) tomu bylo obdobně. O půl hodiny později (9:00) již zmíněný jedinec neměl buchanku na hlavě a stále žil, ale v dalším opakování byl plůdek mrtvý s vyžranými očima a buchankou zakousnutou na hlavě. V 10:00 byli ve dvou opakováních jedinci plůdku mrtví, jeden s buchankou na hlavě. O hodinu později (11:00) hodovaly buchanky na tkáni jedinců plůdku ve zmíněných dvou opakováních. Poté podlehl ve 14:00 plůdek zmíněný na začátku a do konce experimentu (19:00) buchanky ve všech třech opakováních požírali tkáň plůdku.

5.1.1.3. Hustota 15 jedinců na 10 ml

Zdraví jedinci kapřího plůdku

Od začátku experimentu 8:00 do 13:00 nedošlo během pozorování k zakousnutí buchanky do těla plůdku v žádném z opakování. V 14:00 v jednom z opakování disponoval plůdek buchankou zakousnutou na hlavě, ocasu a břichu a byl mrtvý. K tomuto plůdku požíraného buchankami přibyl v 15:00 z dalšího opakování mrtvý jedinec. Hodinu poté 16:00 byl stav stejný, ve dvou opakování požíraný plůdek, v jednom opakování plůdek doposud nedotčen. V 17:00 již měl i nedotčený plůdek buchanku zakousnutou na ocase a na konci experimentu (19:00) byli jedinci plůdku sežráni.

Poranění jedinci kapřího plůdku

Po přidání plůdku 8:00 bylo v jednom z opakování zřetelné zakousnutí po jedné buchance do ocasu a hřbetu, plůdek se jí zbavil a v 8:15 nebylo patrné v žádném opakování zakousnutí buchanky. V 8:30 se opakovalo zakousnutí do ocasu a hřbetu a v dalším opakování do ocasu. Po půl hodině 9:00 již byly buchanky zakousnuty do plůdku ve všech opakováních, v prvním do hlavy a ocasu, ve druhém do ocasu a 2 buchanky do hlavy, ve třetím opakování do ocasu, břicha a po dvou jedincích buchanky do hlavy. V 9:30 byl plůdek ve všech opakováních mrtvý,

v prvním se drželo po jedinci buchanky na ocase a hlavě s vyžranýma očima. V 10:00 byly buchanky zakousnuty především do hlavy mrtvého plůdka a do konce experimentu (19:00) postupně sežrali plůdek na torzo.

5.1.2. *Cyclops vicinus*

5.1.2.1. Hustota 5 jedinců na 10 ml

Zdraví jedinci kapřího plůdka

V průběhu pozorování nedošlo v experimentu k žádným negativním interakcím v kádinkách obsahující zdravý plůdek, v jednom z opakování byl na konci experimentu mrtvý nepoškozený plůdek.

Poranění jedinci kapřího plůdka

K napadení ocasu došlo 3 hodiny (11:00) od zahájení experimentu, po půl hodině byla buchanka stále patrna na ocasní části těla plůdka, plůdek se však buchanky zbavil a další napadení přišlo za další 3 hodiny u stejného opakování. Na konci experimentu žil plůdek pouze v jednom opakování.

5.1.2.2. Hustota 10 jedinců na 10 ml

Zdraví jedinci kapřího plůdka

V hustotě 10 buchanek na 10 ml došlo u zdravého plůdka k napadení a zakousnutí do ocasu v jednom z opakování čtyři a půl hodiny (12:30) po začátku experimentu. Poté za tři a půl hodiny (16:00) již mrtvému plůdka požíraly 2 buchanky ocas. V ostatních dvou opakováních plůdek přežil do konce experimentu.

Poranění jedinci kapřího plůdka

Půl hodiny (8:30) po zahájení experimentu došlo v jednom z opakování k napadení ocasu jednou buchankou a další tři hodiny byl ocas tohoto plůdka napadán. Zmíněný plůdek byl na konci experimentu mrtvý. V ostatních opakováních plůdek přežil do konce experimentu.

5.1.2.3. Hustota 15 jedinců na 10 ml

Zdraví jedinci kapřího plůdka

Nebylo pozorováno napadení ze stran buchaneč a plůdek ve všech opakováních přežil do konce experimentu.

Poranění jedinci kapřího plůdku

Po hodině sledování se plůdku v jednom z opakování zakously dvě buchanky do poraněné ocasní části těla. Půl hodiny poté se v jiném opakování zakousla buchanka do ocasu plůdku a tomuto i po další půl hodině přibyla další na hlavě. Během dalšího pokračování experimentu došlo u tohoto jedince k opakovaným zakousnutím buchanky do ocasu a hodinu před koncem experimentu byl oproti ostatním opakování mrtvý.

5.2. Experiment 1 (2011)

5.2.1. Hustota 5 jedinců na 10 ml

Zdraví jedinci kapřího plůdku

K prvnímu napadení došlo v 75 minutě a rovněž v 90 minutě došlo k útoku na ocas plůdku. Ve 140 minutě buchanka útočila na ocas. Plůdek přežil po dobu 24 hodin trvání experimentu.

Poranění jedinci kapřího plůdku

V 75 minutě byl napaden ocas plůdku. Další napadání plůdku ze stran buchaneč nebylo během pozorování zaznamenáno, ale po 24 h vystavení plůdku této hustotě buchaneč, byla zaznamenána 100% mortalita plůdku.

5.2.2. Hustota 10 jedinců na 10 ml

Zdraví jedinci kapřího plůdku

Během experimentu nedošlo k pozorování útoku ani zakousnutí buchanky do kapřího plůdku.

Poranění jedinci kapřího plůdku

V této hustotě došlo k napadení plůdku pouze dvakrát a to v 210 minutě na ocasu v místě zranění a půl hodiny poté břicha. V jednom z opakování byl plůdek po 24 hodinách mrtvý, v dalším přežil.

5.2.3. Hustota 15 jedinců na 10 ml

Zdraví jedinci kapřího plůdku

K jedinému zakousnutí buchanky v průběhu pozorování došlo ve 155 minutě a to do ocasu plůdku.

Poranění jedinci kapřího plůdku

Napadání plůdku začalo 30 minut po začátku experimentu, útok směřoval na oblast hlavy plůdku. V 60 minutě bylo napadeno břicho. Po 165 minutách došlo k napadení ocasu v místě zranění. V čase 210 minut od začátku experimentu došlo k napadení břicha a hlavy. Zajímavým zjištěním bylo, že po 24 hodinách v jednom ze dvou opakování přežil plůdek v této hustotě buchaneček.

5.3. Experiment 2

5.3.1. Koncentrace 1760 ind. l⁻¹ dospělých samic

Zdraví jedinci kapřího plůdku

V koncentraci 25 ml došlo k napadání ocasu téměř ihned po přidání kapřího plůdku. Dvacet minut po přidání plůdku (11:20) čelil jedinec plůdku útokům směřovaným na ocas. Hodinu poté ve 12:20 byly napadeny 2 jedinci plůdku na břichu a ocasu. Následující 2 hodiny měli dva jedinci přichyceny buchanky na ocasu. V 15:20 měli rovněž 2 jedince buchanky zakousnuté na ocasní části těla a jeden další jedinec byl mrtvý. V 16:20 byli 3 jedinci obsypáni buchankami z toho jeden z nich byl již mrtvý. V závěru této části experimentu v 17:20 byli z deseti jedinců 3 mrtví a v kontrolním vzorku nebylo zaznamenáno žádné zabití ze všech deseti jedinců, ale 1/3 měla zakousnutou buchanku na ocasu.

Poranění jedinci kapřího plůdku

Po dvaceti minutách měla 1/3 plůdku buchanku na ocasu. O hodinu později (12:20) čelil jedinec plůdku opakovaným útokům buchanky do ocasní části, v opakování útočili buchanky na ocasní část čtyřem jedincům. V 13:20 měla menší část jedinců buchanky zakousnuté v ocasu, v opakování i na břichu. Ve 14:20 mělo 9 jedinců buchankami obsypané celé tělo. V 15:20 se mezi obsypanými jedinci vyskytovali již mrtví, poslední jedinec měl buchanku na ocasu. V 16:20 byl živý

pouze jeden jedinec a na konci této části experimentu byla zaznamenána 100% mortalita.

5.3.2. Koncentrace 3520 ind. l⁻¹ dospělých samic

Zdraví jedinci kapřího plůdku

Dvacet minut po přidání plůdku (11:20) se nevyskytovaly známky napadání. V 12:20 měli dva jedinci buchanku na ocasu a hřbetu, v opakování byl zaznamenán jedinec s třemi buchankami na ocasu. O hodinu později (13:20) měli 2 jedinci plůdku po jedné buchance na ocasu a břichu. V 14:20 byla jedna buchanka zakousnuta v ocasu jedince a v opakování se vyskytoval mrtvý buchankami téměř obsypaný jedinec. V 16:20 nebylo pozorováno zakousnutí buchanky u žádného jedince plůdku. Na konci této části experimentu měli 3 jedinci po jedné buchance na hřbetě.

Zranění jedinci kapřího plůdku

U 1/3 kapřího plůdku byl zaznamenán útok na ocasní část těla po dvaceti minutách po přidání do nádoby. Hodinu poté v 12:20 měla 1/3 plůdku zakousnuté po jedné buchance na ocasu. V 13:20 již byla těla devíti ryb obsypána buchankami. V 14:20 se již vyskytovali mezi devíti obsypanými jedinci i mrtví, zbylý jedinec měl buchanku přisedlou na ocase. Další 3 hodiny do konce experimentu již buchanky konzumovali těla plůdku.

6. Diskuze

Nebezpečnost buchanek pro rozplavaný plůdek kapra se snižuje s jeho velikostí a stoupá s počtem možných predátorů. Pro dravé buchanky přestává být atraktivní rybí plůdek již ve velikosti (TL = 8 mm) (Smith a Kernehan, 1981; Hartig a kol., 1982; Hartig a Jude, 1984), oproti tomu Faina a Svobodová (1997) zaznamenali podlehnutí jedince o déle (TL = 20 mm). Velký vliv právě na náchylnost k predaci můžeme i případné poranění, jak dokazuje tato studie, kde poraněný plůdek podléhal predaci ze strany buchanek daleko rychleji. Oproti tomu dravý vodní hmyz je schopen ulovit a konzumovat rybí plůdek ve velikosti až (TL = 36 mm) popisuje Le Louran a Cloarec (1996).

Zástupci „dravých“ buchanek nemusí být za každých okolností plůdku ryb nebezpeční, jelikož predují zejména na vířnicích a ostatních buchankách vhodné velikosti ke konzumaci (Kerfoot, 1977, 1978; Zaret, 1980). Je-li ovšem tato kořist nedostupná, z důvodu vyžrání, nebo z jiných důvodů, jsou dospělé buchanky schopny ve značné míře napadat plůdek ryb.

Ve vlastních experimentech se potvrdily výroky Fabiana (1960) a Fregadolího (2003), že na predaci buchanek a mortalitu ryb má vliv počet jedinců buchanek na objem vody, tedy hustota buchanek. Při hustotě 5 jedinců buchanek v 10 ml a to jak *Acanthocyclops trajani*, tak *Cyclops vicinus* nebylo oproti jiným hustotám pozorováno požívání zdravého plůdku. Ovšem poraněný plůdek podlehl i při této nejnižší hustotě, rozdíl byl pouze v dravosti buchanek, u jedinců *Acanthocyclops trajani* se projevila vyšší míra dravosti oproti *Cyclops vicinus*. Což se projevilo i nízkou mortalitou v opakováních s plůdkem vystaveným *Cyclops vicinus* oproti opakováním ve kterých byl plůdek vystaven jedincům *Acanthocyclops trajani*, kteří již v polovině doby trvání experimentu požírali zabitý plůdek. Větší plůdek kapra (TL = 8 ± 0,7 mm) v experimentu ojedinele buchanky konzumoval, stalo-li se tak byli pozření jedinci buchanek nahrazeni novými, aby byla zachována stejná hustota buchanek v 10 ml po dobu trvání experimentu. Opět je patrné, že i velikost plůdku, potažmo jeho ústního otvoru a schopnost přijímat potravu, v tomto případě dravé buchanky, může snižovat riziko predace ze strany dravých buchanek. Jednak jejich přímou eliminací a poté taktéž růstem, kdy jedinci plůdku postupně odrostou a dravé buchanky již nemají negativní vliv.

Při použití zdravých jedinců plůdku dosahujících (TL $8 \pm 0,7$ mm), se výroky autorů předchozích výzkumů rovněž do značné míry potvrdily (v experimentu zahrnujícím vystavení zdravého plůdku kapra (TL = $8 \pm 0,7$ mm) hustotám téměř 1800 ind. l⁻¹ a 3600 ind. l⁻¹ buchanek *Acanthocyclops trajani*) nízkou nebo žádnou mortalitou, ovšem zranění jedinci kapřího plůdku podleli predaci buchanek, přestože dosahovali těchto rozměrů. Zraněná ryba má kolem sebe chemickou stopu v podobě tělních tekutin, což může přitahovat pozornost buchanek, rovněž pokud se buchanka zakousne do zraněné ryby, často na ní setrvává a konzumuje její tkáň neboť taková ryba má snížené možnosti pohybu. Její pohyb může být nekoordinovaný, podobně jako tyto pohyby uvedl Fabian (1963) v souvislosti s nerozplavaným váčkovým plůdkem. Nutno dodat, že přestože jsem se snažil veškerý plůdek určený k části experimentu se zraněnými jedinci poškodit ve stejné míře, je možné, že jsem se dopustil drobných chyb, z důvodu okem nerozeznatelných individualit poranění, což mohlo ovlivnit přežití některých jedinců plůdku.

Obecně se plůdek individuálně dle druhu ryb do určité velikosti drží v litorálu. U druhů ryb, jejichž plůdek je závislý na vodních rostlinách jakožto zdroje úkrytu a vyhledávání potravy v podobě kořisti vyskytující se bezprostředně na rostlinách nebo v jejich okolí (bezobratlí), je pravděpodobné, že přijdou do styku s hmyzími predátory. Což demonstrovali Le Louran a Cloarec (1996) na plůdku štiky. Oproti tomu „dravé“ buchanky mohou dosáhnout na plůdek vyskytující se ve vodním rostlinstvu i mimo ně, neboť se mimo pelagiálu vyskytují i v litorálu (Mirabdullayev & Defaye 2004), jejich predace je limitována pouze již zmíněnou velikostí plůdku.

Mortalita ryb způsobena predací buchanek může být posouzena i z hlediska množství zastoupení plůdku jednotlivých druhů ryb. V tomto ohledu hraje rovněž významnou roli i již zmíněná velikost plůdku. V období, ve kterém dochází k predaci buchanek, se ve vodě může vyskytovat rozdílně starý resp. velký plůdek jednotlivých rybích druhů a rovněž jeho koncentrace mohou být rozdílné, jak zmínil Hartig a Jude (1984) Larvy okouna žlutého (TL = 6,5 mm) odlovené v květnu 1979 z Pigeon Lake tvořili 83 % z napadeného potěru. Důvodem byla jejich vysoká koncentrace v prostředí (41900 ind. 1000 m⁻³).

V „experimentu 1“ byly použity dospělé samice buchanek. Neboť rybí plůdek ohrožují zejména dospělé samice buchanek (Hartig a Jude, 1984), oproti tomu

Piasecki (2000) popisuje zranění způsobená i samci a kopepodity IV stádia vývoje buchanek *Acanthocyclops robustus* na čerstvě vykuleném kapřím plůdku.

Nad faktory ovlivňující riziko predace je nutno uvažovat v souvislostech, neboť se do značné míry prolínají. Mladší vývojové instary hmyzu jsou schopny lovit kořist adekvátní ke svojí velikosti. Podobně i dravé buchanky v kopepoditových stádiích. Oproti tomu subadultní instary, u některých druhů i dospělci (potápník vroubený a znakoplavka obecná), nebo dospělci buchanek, jsou schopni lovit větší kořist, jakou jsou drobní obratlovci (larvy obojživelníků a ryb). Rovněž závislost množství přirozené kořisti hraje klíčovou roli k množství predátora. Je-li přirozené kořisti velké množství, s určitým zpožděním, dle životního cyklu bude přibývat i množství predátora. Po přesáhnutí hranice, kdy vyžírací tlak predátora zredukuje množství přirozené kořisti, nezbude predátorům, než lovit alternativní kořist, což v případě dravého vodního hmyzu a dravých buchanek může znamenat kanibalismus, čímž se predátoři sami redukují, přičemž v této fázi loví ve větší míře i plůdek ryb.

7. Závěr

Z nashromážděných dat jsem vyvodil míru nebezpečnosti bezobratlých vůči rybímu plůdku. Dravý vodní hmyz oproti koryšům upřednostňuje plůdek až několik centimetrů velký, což je vzhledem k závislosti velikosti kořisti a predátora pochopitelné. Po provedení experimentu jsem vydedukoval riziko, představující nejčastěji se v rybnících vyskytující dravé buchanky *Acanthocyclops trajani* a *Cyclops vicinus*, pro čerstvě rozplavaný plůdek kapra (TL = $6 \pm 0,5$ mm) a (TL = $8 \pm 0,7$ mm). Buchanky *Acanthocyclops trajani* se projeví větší dravostí oproti *Cyclops vicinus*.

Menší ryby se jeví vůči predaci buchank atraktivnější. Útoky byly nejčastěji vedeny ze začátku experimentu na ocas plůdku, čímž se postupně snižovala celková pohyblivost a plůdek se stával zranitelnějším vůči dalším zakousnutím buchank. Zraněný plůdek (TL = $8 \pm 0,7$ mm) měl od začátku experimentu sníženou pohyblivost, což byla nejspíš hlavní příčina vyšší mortality, která se tak vyrovnala mortalitě zdravého menšího plůdku (TL = $6 \pm 0,5$ mm).

Zajímavý byl průběh v nádobách obsahující zraněný plůdek a to jak u koncentrace nižší, tak u vyšší koncentrace planktonního vzorku. V nižší koncentraci po dobu tří hodin docházelo k napadání ocasní části těla plůdku, ovšem čtvrtou hodinu již byl plůdek buchankami obsypán. Ve vyšší koncentraci se tento razantní projev predace projevil o hodinu dříve, tedy po dvou hodinách od začátku experimentu. Výsledky během průběhu jednotlivých částí se nijak markantně nelišily od opakování.

Zajímavé pro další experimenty by rovněž bylo zhodnotit míru nebezpečnosti ostatních druhů buchank běžně se vyskytujících v rybníčních chovech. Případně pokusit se namodelovat podmínky, které mohou riziko predace zvyšovat či naopak snižovat.

8. Seznam použité literatury

- Adams, S.M., a DeAngelis, D.L., (1987). Indirect effects of early bass-shad interactions on predator population structure and food web dynamics. In *Predation: Direct and Indirect Impacts on Aquatic Communities* (Kerfoot, W. C. & Sih, A., eds), pp. 103–117. Hanover, New Hampshire: University Press of New England.
- Adeyemo, A.A., Yakubu, A.F., Oladosu, G.A., Ayinla, O.A., 1997. Predation by aquatic insects on African catfish fry. *Aquaculture International* Volume 5, Number 1, 101-103.
- Babák, E., 1913. *Akvaristicky obzov* III 21.
- Bailey, P.C.E., 1986. The feeding behaviour of a sit-and-wait predator, *Ranatra dispar* (Heteroptera: Nepidae): optimal foraging and feeding dynamics. *Oecologia*, 68, 291-297.
- Bláha, M., 2010. Descriptions of copepodid and adult *Acanthocyclops trajani* (Mirabdullayev Defaye 2002) and *A. einslei* (Mirabdullayev Defaye 2004) (Copepoda: Cyclopoida) with notes on their discrimination. *Fundamental and Applied Limnology* Volume 177 Nr. 3, (2010), p. 223 – 240.
- Blois, C., 1985. The larval diet of three anisopteran species. *Freshwater Biology* 15, 505–514.
- Brandl, Z., Fernando C.H., 1978. Prey selection by the cyclopoid copepods *Mesocyclops edax* and *Cyclops vicinus*. *Verh Internat Verein Limnol* 20: 2505-2510.
- Caldwell, J.P., Thorp, J.H., a Jervey, T.O., 1980. Predator–prey relationships among larval dragonflies, salamanders and frogs. *Oecologia* 46, 285–289.
- Chaudri, H., 1960. Experiments on induced sparing of Indian carps with pituitary injections. *India Journal of Fisheries* 7(2), 20-49.
- Cloarec, A., 1977. Alimentation des larves d'*Anax imperator* Leach (Odonata:Anisoptera) dans un milieu naturel. *Odonatologica* 6, 227–243.
- Cloarec, A., 1990. Factors influencing the choice of predatory tactics in a water bug, *Diplonychus indicus* Venk. & Rao (Heteroptera: Belostomatidae). *Animal Behaviour* 40, 262–271.
- Cook, R.M., Cockrell, B., J., 1978. Predator ingestion rate and its bearing on feeding time and the theory of optimal diets. *Journal of Animal Ecology*, 47, 529-547.
- Cooper J.E., 1996. Parasites and cyclopoid predators of age 0 fish in Roanoke River, North Carolina. *Estuaries* 19.
- Corbet, P.S., 1957. The life history of the emperor dragonfly *Anax imperator* Leach (Odonata: Aeshnidae). *Journal of Animal Ecology* 26, 1–69.
- Davis, C., 1959. Damage to fish fry by cyclopoid copepods, *Ohio J. Sci.* 59: 101-102.

- Devetter, M., Sed'a, J., 2006. Regulation of rotifer community by predation of *Cyclops vicinus* (Copepoda) in the Rímov Reservoir in spring. *International Review of Hydrobiology*, 91 (1), pp. 101-112.
- Fabian M.W., 1960. Mortality of freshwater and tropical fish fry by cyclopoid copepods. *Ohio Journal of Science*, 60(5): 268–270.
- Faina, R., Svobodová, Z., 1997. Vliv dravých buchanek na raná vývojová stádia ryb. Edice metodik, 0044.
- Ferrari, F.D., Dahms, H.U., 2007. Post-embryonic development of the Copepoda – *Crustaceana Monographs* 8: 1–232.
- Formanowicz, D.R., 1982. Foraging tactics of larvae of *Dytiscus verticalis* (Coleoptera: Dytiscidae). The assessment of prey density. *Journal of Animal Ecology* 51, 757–767.
- Fregadolli, C.H., 1993. Food selection of pacu *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 and tambaqui *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818 larvae in the laboratory. *B. Tec. CEPTA*, 6(1): 1-50.
- Fregadolli, C.H., 2003. Laboratory analysis of predation by cyclopoid copepods on first-feeding larvae of cultured Brazilian fishes. *Aquaculture*, 228, 123–140.
- Fryer, G., 1953. Notes on certain British fresh water Crustaceans. *Naturalist*, London, 101-109.
- Fryer, G., 1957. The feeding mechanism of some freshwater cyclopoid copepods. *Proc. Zool. Soc. London*, 129: 1-25.
- Fryer, G., 1957. The Food of Some Freshwater Cyclopoid Copepods and its Ecological Significance *Journal of Animal Ecology* 26(2), 263-286.
- Giller, P.S., 1980. The control of handling time and its effects on the foraging strategy of a heteropteran predator, *Notonecta*. *Journal of Animal Ecology*, 49, 699-712.
- Hartig, J.H., Jude, D. J., a Evans, M.S., 1982. Cyclopoid predation on Lake Michigan fish larvae. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39:1563-1568.
- Hartig, J., H., a Jude, D. J., 1984. Opportunistic cyclopoid predation on fish larvae. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 41, 526-532.
- Hepher, B., Pruginin, Y., 1981. *Commercial Fish Farming* John Wiley and Sons: New York, 261 pp.
- Huet, M., (1979) *Text Book of Fish Culture Breeding and Cultivation of Fish* Fishing News Book Ltd: Surrey, England, 436 pp.
- Hutchinson, G.E., 1967. *A Treatise on Limnology, Vol. II. Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton*. John Wiley and Sons, Inc., New York, NY. 1115 p.
- Juliano, S.A., a Lawton, J.H., 1990. Extrinsic vs intrinsic food shortage and the strength of feeding links: effects of density and food availability on feeding rate of *Hyphodrus ovatus*. *Oecologia* 83, 535–540.

- Klečka, J., 2010. Predation by aquatic insects: species traits and habitat structure mediate predator-prey interactions. MSc. Thesis, in English – 36 pp., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.
- Kerfoot, W.C., 1977. Implications of copepod predation. *Limnol. Oceanogr.* 22: 316-325.
- Kerfoot, W.C., 1978. Combat between predatory copepods and their prey: Cyclops, Epischura, and Bosmina. *Limnol. Oceanogr.* 23: 1089-1102.
- Le Louran, H., Cloarec, A., 1997. Insect predation on pike fry. *J. Fish Biol.* 50: 366–370.
- Le Louran, H., 1983. Production de brochet. Amélioration de la production naturelle au repeuplement. In *Le Brochet, Gestation dans le Milieu Naturel et Élevage* (Billard, R., ed.), pp. 305–318.
- Manelphe, J., 1989. Reproduction naturelle aménagée du brochet (*Esox lucius*) en petits étangs. Ph.D. Thesis, INP Toulouse.
- Mirabdullayev, I.M., Defaye, D., 2004: On the taxonomy of the *Acanthocyclops robustus* species complex (Copepoda, Cyclopidae): *Acanthocyclops brevispinosus* and *A. einsele* sp. n. – *Vestn. Zool.* 38: 27–37.
- Murdoch, W.W., Scott, M.A., a Ebsworth, P., 1984. Effects of the general predator, *Notonecta* (Hemiptera), upon a freshwater community. *Journal of Animal Ecology* 53, 791–808.
- Naumann, E., 1923. Spezielle Untersuchungen iiber die Ernährungsbiologie des tierischen Limnoplanktons. II. Uber die Nahrungserwerb und die naturliche Nahrung der Copepoden und der Rotiferen des Limnoplanktons. *Lunds Univ. Arsskrift, Afd. 2*, 19: 1-17.
- Oliva, O., a Sládeček, V., 1950. Mohou buchanky poškodit potěr rybek? *Akvaristické listy*, 22: 13.
- Pennak, R.W., 1953. *Fresh Water Invertebrates of the United States*. The Ronald Press Co.: New York, 766 pp.
- Peterson, I., Wroblewski, J.S., 1984. Mortality rate of fishes in the pelagic ecosystem. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 41, 1117–1120.
- Piasecki, W., 2000. Attacks of cyclopoid *Acanthocyclops robustus* (SARS) on newly hatched cyprinids. *EJPAU* 3(1):1-11.
- Schaperclaus, W., a kol., 1979. *Fischkrankheiten*. Berlin, Akademie-Verlag, s. 781-783
- Spadl, H., 1926. Copepoda, Ruderfuss-krebse. In *Biol. Der Tiere Deut. Berlin. Lief 19. Teil* 15, 1-82.
- Stemberger, R.S., 1985. Prey selection by the copepod *Diacyclops thomasi* Great Lakes Research Division, The University of Michigan, Ann Arbor, MI 48109, USA *Oecologia* (Berlin) 65: 492-497.

Streams, F.A., 1987. Foraging behavior in a notonectid assemblage. *American Midland Naturalist* 117, 353–361.

Zaret, T.M., 1980. *Predation and Freshwater Communities*. Yale University Press, New Haven, CT. 187.

9. Abstrakt

Škody způsobené predací bezobratlými na nejranějších stádiích ryb

V bakalářské práci byly zkoumány možnosti a důsledky predace bezobratlých pro raná vývojová stadia ryb. Byly shromážděny informace z dostupných zdrojů o této problematice zahrnující údaje o dravých druzích hmyzu ve stádiích larev i dospělců, a koryšů žijících v podmínkách, kde mohou bezprostředně napadat a požírat plůdek ryb. Byly provedeny a analyzovány experimenty spočívající ve vlivu zastoupení a koncentrace buchanek *Acanthocyclops trajani* a *Cyclops vicinus* na plůdek kapra obecného (*Cyprinus carpio*) velikosti (TL = 6 ± 0,5 mm) a (TL = 8 ± 0,7 mm). Plůdek byl použit zdravý i zraněný. V reálném čase byla sledována míra napadání plůdku ze strany buchanek, v jednotlivých časových intervalech byl zapisován stav plůdku a následně bylo analyzováno poškození jednotlivých jedinců plůdku po ukončení doby experimentu. Hlavní faktory, které byly pozorovány, zahrnovaly: napadení hlavy, břicha, ocasu, na konci experimentu mortalitu. Zdravý, větší plůdek dokázal svými pohyby útoky ze stran buchanek odvrátit, avšak při vyšší koncentraci buchanek podlehl. Zraněný, stejně jako menší plůdek na tom byl o poznání hůř a podlehl již při nižší koncentraci buchanek po uplynutí doby obou experimentů.

Klíčová slova: kapr, plůdek, hmyz, koryš

10. Abstract

Damages caused by predation of invertebrates on the earliest development stages of fish

This thesis deals with the possibilities and consequences of invertebrate predation for early development stages of fish. Information from available sources in this field was collected, including data on predacious species of insects, both larvae and adults, and crustaceans living in environments where they can directly attack and feed on fry. Experiments were performed and analyzed with focus on the influence of the representation and concentration of *Acanthocyclops trajani*, *Cyclops vicinus* copepods on carp larvae (*Cyprinus carpio* Linne) (TL = $6 \pm 0,5$ mm) and (TL = $8 \pm 0,7$ mm). Both healthy and injured fry were used. The rate at which the copepods attacked the fry was monitored in real time, recording the condition of the fry at regular periods of time and then analyzing the damages on the individual specimens of fry after the experiment. The main factors that were observed included: attacking head, belly, tail; mortality rate at the end of experiment. Healthy fry were able to repulse copepods' side attacks, however at higher concentration of copepods the fry succumbed. Injured as well as smaller fry were affected much more severely, succumbing even at lower concentrations of copepods at the end of both experiments.

Key words: carp, fry, insects, crustacean