

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA



Diplomová práce

**Ekologie fyto-bentosu tůní vznikajících v průběhu jarní záplavy
v úseku horní Lužnice**

Vypracoval: Bc. Lukáš Veselý

Vedoucí práce: doc. Ing. Josef Elster CSc.

České Budějovice 2012

Veselý L., 2012: Ekologie fyto Bentosu tůní vznikajících v průběhu jarní záplavy v úseku horní Lužnice [Ecology of phytobenthos in pools arising during the spring flood in the upper part of river Lužnice. MSc. Thesis, in czech] – 58 pp, Faculty of Science, the University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic

Anotace: In the upper part of river Lužnice, during the spring flood arises a system of pools. This study describes seasonal development of phytobenthos in floodplain system of Lužnice River, including temporary/permanent pools and Lužnice River during spring flood.

Prohlašuji, že svoji diplomovou 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 diplomové práce a to v nezkrácené 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.

V Českých Budějovicích dne: 13.12

.....

Lukáš Veselý

Poděkování:

V první řadě bych chtěl poděkovat svému školiteli za jeho cenné rady a připomínky, bez nichž by tato práce nemohla vzniknout. Také bych chtěl poděkovat Petru Šmilauerovi za jejich cenné rady při statistickém vyhodnocení dat. Mé poděkování také patří Povodí Vltavy s.p. a ENKI o.p.s, za poskytnutá data do mých analýz. Můj dík také patří kolegům z Centra polární ekologie, kteří mi cenné rady v oblasti ekologie sinic a řas a chemie vody. V neposlední řadě bych také rád poděkoval své přítelkyni a rodině za jejich podporu při tvorbě této práce.

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíle práce	3
3. Literární přehled	3
3.1 Co je to perifyton	3
3.1.1 Perifyton říční nivy	4
3.1.2 Rozdělení perifytonu dle jeho ekologických nároků	5
3.2 Úloha perifytonu jako prvního jarního producenta v zaplavované nivě	6
3.3 Sukcese sinic a řas v průběhu zimní a jarní povodně	8
3.4 Faktory ovlivňující perifyton vznikající při jarní záplavě	9
3.4.1 Teplota vody	9
3.4.2 Délka záplavy	9
3.4.3 Živiny	10
3.4.4 Herbivorie	10
4. Materiál a metodika	12
4.1 Popis studované oblasti	12
4.2 Metodika	12
4.2.1 Stanovení nekorigovaného chlorofylu a	13
4.2.2 Stanovení obsahu bezpopelné sušiny ve vzorku	13
4.2.3 Chemický analýzy	14
4.2.4 Výpočet počtu buněk na cm² a biovolume	15
4.2.5 Meteorologické údaje, průtoky vody v jednotlivých letech a teplotní režim sledovaných lokalit	16
4.2.6 Statistické hodnocení	17

5. Výsledky	18
5.1 Počasí v průběhu měřené sezóny	18
5.2 Fyzikální a chemické parametry vody	20
5.2.1 Teplota	20
5.2.2 Vodivost	22
5.2.3 pH	23
5.2.4 Chemická analýza vody	24
5.3 Standing crop – sklizeň	25
5.3.1 Počet buněk	25
5.3.2 Celkový objem všech buněk	26
5.3.3 Bezpopelná sušina	27
5.3.4 Chlorofyl <i>a</i>	27
5.3.4.1 Ověření správnosti výsledků chl <i>a</i>	28
5.4 “Relativní primární produkce“	29
5.4.1 Počet buněk (relativní primární produkce)	29
5.4.2 Celkový objem všech buněk (relativní primární produkce)	30
5.4.3 Bezpopelná sušina (relativní primární produkce)	31
5.4.4 Chlorofyl <i>a</i> (relativní primární produkce)	32
5.5 Zastoupení jednotlivých skupin sinic a řas v jednotlivých lokalitách v průběhu času	33
5.5.1 Z počtu buněk na cm ²	33
5.5.2 Z celkového objemu všech buněk μm ³ /cm ²	36
5.6 Vývoj druhového složení v jednotlivých lokalitách	39
5.6.1 Z počtu buněk na cm ²	39
5.6.2 Z celkového objemu všech buněk μm ³ /cm ²	42
5.7 Příslušnost druhů k jednotlivým lokalitám a environmentálním faktorům prostředí	45

6. Diskuze	49
6.1 Chemické a fyzikální parametry vody	49
6.2 Standing crops – sklizeň	50
6.3 Relativní primární produkce	51
6.4 Zastoupení jednotlivých skupin sinic a řas v jednotlivých lokalitách	52
6.5 Druhov \acute{a} diverzita	53
6.6 V \acute{y} voj druhov \acute{e} ho složení v jednotlivých lokalitách	55
7. Závěr	57
8. Seznam použité literatury	
9. Přílohy	

1. Úvod

Říční niva vznikla postupnou sedimentací částic, které jsou unášeny vodou (Junk a kol. 1989), je příkladem vysoce specializovaného ekosystému, který je spíše jakousi přechodovou zónou mezi terestrickým a vodním prostředím, takzvaným ekotonem (Middleton, 2002; Prach a kol. 1996). Junk a kol. (1989) ji definoval jako oblast, která je periodicky zaplavována řekou, jezerem, srážkami či podzemní vodou. Dle Pracha a kol. (1996) může být říční niva srovnávána s funkcí přílivové zóny vzhledem k její mozaikovitosti, kdy poskytuje mnoho mikro- a meso-prostředí.

Říční niva je dynamická oblast s vysokou biodiverzitou organismů (Gregory a kol. 1991; Junk a kol. 1989; Prach a kol. 1996), tento fakt je způsoben zejména jejím postavením v krajině, protože slouží jako migrační koridor pro říční druhy a zároveň poskytuje úkryt při nečekaných disturbancích, jakými například mohou být povodně, vysychání či polutanty (Gregory a kol. 1991; Junk a kol. 1989). Naneštěstí i říční nivy jsou v přímém ohrožení zájmy člověka, který je postupně vysušuje a přetváří na zemědělskou či jinak jemu prospěšnou krajinu (Junk a kol. 1989; Tockner a kol. 1998).

Základní řídicí síla odpovědná za vysokou biodiverzitu a primární produkci v říční nivě jsou povodně (Junk a kol. 1989). Povodně neodmyslitelně patří k neregulované meandrovité říční nivě, vyskytují se zde s pravidelností tání sněhu ve vyšších polohách v povodí dané řeky (Junk a kol. 1989, Bayley 1995). Pro člověka jsou povodně většinou zkázonosné, viz. povodně v roce 2002, ale pro říční nivu představují důležitý přísun anorganického i organického materiálu, který podporuje jak primární tak následně i sekundární produkci (Bayley 1995; Junk a kol. 1989; Prach a kol. 1996; Tockner a kol. 2000). Tento fakt je také odpovědný za rychlý obrat uhlíku v tomto ekosystému (Junk a kol. 1989; Prach a kol. 1996). Existuje mnoho hydrologických a geomorfologických podmínek přispívajících ke vzniku povodní. Povodně mohou mít různý charakter, některé se nedají dlouhodobě předpovědět, jiné se předpovědět dají s větší či menší pravděpodobností (Junk et al. 1989). Povodně s krátkou dobou trvání se vyskytují na dolních úsecích či silně pozměněných úsecích toků (Junk a kol. 1989). Povodně také můžeme rozdělit dle časového měřítka na: a) jarní způsobené především táním sněhu ve vyšších partiích, b) letní po vydatných deštích, c) podzimní povodně a zimní povodně, které mohou vzniknout po vydatných deštích či náhlé oblevě, kdy půda již není schopna absorbovat další vodu z důvodu

buď jejího zmrznutí či z důvodu skončené vegetační sezóny. V tomto období rostliny již vodu neodebírají pro svojí vlastní potřebu (transpiraci) a půda není schopna udržet takové množství vody (Kalff, 2002).

Disturbance hrají základní roli v ekosystému, mohou vytvářet volný prostor, který mohou osídlit nové organismy a tím i změnu druhové rozmanitosti společenstva v průběhu času na daném místě. Jedna z těchto disturbancí jsou jarní záplavy (Matthaei a kol. 2003). Jarní záplavy jsou způsobené táním sněhu ve vyšších polohách (Elster 1999; Elster a kol. 2002; Prach a kol 1996), přinášejí mnoho látek, jak organických tak i anorganických do říční nivy. Pokud je objem vody dostatečný dojde k rozlívání vody říční nivou, přičemž dojde k naplnění periodických tůní, které se v říční nivě vyskytují a které jsou v sušších obdobích roku vyschlé. Jarní povodně spadají do období konce února až konec dubna (Prach a kol. 1996). V této době nejsou cévnaté rostliny aktivní a nemohou využít živiny přinesené povodní. Jedinými primárními producenty v tomto období jsou chladnomilné řasy, které se přizpůsobily nízkým teplotním podmínkám (Elster a kol. 2002). Teplota je zde klíčový faktor pro nastartování primární produkce (Elster a kol. 2002; Machová a kol. 2008). Toto přizpůsobení jim dává velkou výhodu, protože zde není žádná kompetice o světlo či živiny. K rozvoji tohoto společenstva dochází jen přechodně a s postupným ohřevem vody slunečním zářením dochází ke změně druhového složení nárostových řas v jednotlivých tůních i řece. V závislosti na délce trvání a na charakteru záplavy může rozvoj nárostového společenstva řas mít různý průběh a různé trvání. V případě, že se voda tůní rychle prohřeje, nárostové společenstvo je nejčastěji zcela sežráno herbivory. V případě, že voda je přístupná v tůních jen po chladné období a následně vyschne, můžeme na stařině (uschlá vegetace cévnatých rostlin) nalézat značnou biomasu uschlých řas (“zelené koberce“) (Elster, 2012, nepublikovaná data). Fenomén rozvoje jarních populací sinic a řas v tůních vznikajících v průběhu jarní záplavy není zcela prostudován a je zde mnoho otázek, které čekají na odpověď. Těmito otázkami se zabývá i tato magisterská práce.

2. Cíle práce

Provést ekologickou studii fyto Bentosu ve vytypovaných dočasných a trvalých tůňích v nivě a v řece Lužnici v průběhu období jarní záplavy v roce 2012. Studie se zabývá diverzitou a produktivitou nárostového společenstva (bezpopelná sušina, chlorofyla, biovolume) sinic a řas v jednotlivých tůňích a v řece a popisem postupného rozvoje tohoto společenstva a změn ekologických podmínek (chemické a fyzikální vlastnosti záplavové vody - pH, teplota, vodivost, N-NH₄, N-NO₃, N-NO₂, TN, P-PO₄, TP, Cl, SO₄.), které tento rozvoj doprovází. Studie navazuje na dlouhodobý výzkumný projekt, zaměřený na objasnění ekologických souvislostí a vlivů spojených s rozvoje fyto Bentosu v průběhu jarní záplavy v nivě středoevropských řek. V průběhu posledních deseti let bylo provedeno několik metodicky stejných studií, které se touto problematikou zabývaly v závislosti na intenzitě a charakteru jarní záplavy. Tato studie je součástí dlouhodobého monitoringu průběhu jarních záplav v oblasti horního toku Lužnice objasňujících ekologickou úlohu nárostových společenstev sinic a řas v bilanci toku látek a energie nivou středoevropských řek. Práce přispěje k vytvoření matematického modelu objasňujících souvislosti mezi charakterem a intenzitou záplavy a sezónním rozvojem (nerozvojem) nárostového společenstva sinic a řas.

3. Literární rešerše

V této části své magisterské práci popisují ekologický význam nárostových sinic a řas v zaplavovaném území nivy středoevropských řek.

3.1 Co je to perifyton dle Stevenson a kol. (1996)

Pro nárostová společenstva je možné používat jak název perifyton tak i fyto Bentos. Oba dva výrazy se používají pro nárostové společenstvo. Perifyton tvoří všechny rostlinné organismy žijící přisedle na ponořených předmětech. Perifyton je typicky složen z jednobuněčných a vláknitých řas a sinic, ale také prvoků, mechů a vířníků. Z trofického hlediska můžeme říct, že je složen primárních producentů, herbivorů a rozkradačů. Perifyton má velký význam jako primární producent organické hmoty a kyslíku ve vodním prostředí.

Uplatňuje se i v procesu primární sukcese, jako příklad mohou posloužit deglaciovaná území kde perifyton vytváří významnou produkci biomasy v tomto jinak chudém prostředí. Perifyton také pomáhá zlepšovat vodního prostředí při dočišťování odpadních vod. Nárostová společenstva sinic a řas se především nacházejí v eufotické zóně, ale některé druhy díky mixotrofii a heterotrofii mohou sestupovat do větších hloubek. Jako příklad fototrofních nárostových organismů žijících ve větších hloubkách mohou být uvedeny některé druhy sinic, avšak jejich adaptace nespočívá v mixotrofii či heterotrofii, ale je dána chromatickou adaptací. Chromatická adaptace je přizpůsobení složení fotosyntetických pigmentů daným světelným podmínkám.

Při porovnání sezónního průběhu primární produkce planktonních a nárostových společenstev zjistíme, že nárostová společenstva sinic a řas jsou metabolicky aktivní v průběhu celého roku. Zatímco planktonní společenstva prochází výkyvy v průběhu roku a pouze v krátkém období maximálního rozvoje předčí produkci nárostového společenstva. Je zde i rozdíl v limitaci těchto společenstev faktory prostředí. Zatímco nárostové společenstvo je především limitováno zářením a teplotou, tak planktonní společenstvo často strádá nedostatkem minerálních živin. Také je zde rozdíl mezi životními strategiemi, přičemž v nárostových společenstvech se na rozdíl od planktonních vyskytují především vytrvalé (dlouhověké) typy.

3.1.1 Perifyton říční nivy

Říční niva je vysoce heterogenní prostředí (Rodrigues & Bicudo 2001; Prach a kol. 1996; Stevenson a kol. 1996). Skládá se z hlavního koryta, slepých říčních ramen, trvalých a dočasných tůní (Stevenson a kol. 1996). Tento typ prostředí poskytuje dobré podmínky pro rozvoj perifytických a metafytických společenstev. V zaplavované říční nivě by se mělo společenstvo sinic a řas, které osidluje lentické či semi-lentické prostředí podobat společenstvu řeky. Řeka tvoří centrální osovou část říční nivy. Předpoklad podobnosti společenstva perifytonu tůní a řeky vychází z předpokladu, že řasové inokulum je přenášeno v průběhu povodní z řeky do tůní. Po opadnutí vody na konci povodně se začne vyvíjet specifické společenstvo sinic a řas charakteristické pro tůně a původní inokulum z řeky se ztratí (Rodrigues & Bicudo 2001), což potvrzuje i Elster (2002). Rodrigues & Bicudo (2001)

zjistili, že největší druhová diverzita je v lentických a semi-lentických biotopech. Tato skutečnost je pravděpodobně dána přítomností terestrické vegetace, která svým rozkladem uvolňuje do prostředí dusík a fosfor, což pravděpodobně podporuje růst perifytonu a metafytonu.

Dle Rodriguese & Bicuda (2001) a Stevenson a kol. (1996) perifyton a metafyton záplavových území tvoří především primární producenti, kteří slouží jako potrava herbivorům. Perifyton a metafyton také ovlivňují základní fyzikální, chemické a biologické procesy, které se odehrávají v nivě, jako je například rychlost dekompozice, koloběh prvků, pH a dostupnost minerálních živin. Díky následné dekompozici perifytonu a metafytonu jsou půdy v říční nivě bohaté na dusík a fosfor. V říční nivě se vyskytují zástupci všech důležitých skupin sinic a řas, dle Stevenson a kol. (1996) jsou nejvíce zastoupeny tyto tři skupiny; rozsivky (Bacillariophyceae), zelené řasy (Chlorophyceae) a sinice (Cyanobacteria). Perifyton říčních niv a mokřadu není doposud dobře prozkoumán, částečně jsou k dispozici některé informace z tropických a polární oblastí.

3.1.2 Rozdělení perifytonu dle jeho ekologických nároků dle Stevenson a kol. (1996)

Perifyton je možné dělit dle mnoha aspektů, dle typu přichycení k substrátu, dle typu substrátu, na kterém žijí či typu substrátu, který preferují. Tyto tři typy budou popsány v následujících řádcích.

1/ Dle typu prostředí, který preferují

a/ Perifyton stojatých vod preferuje převážně stojaté s minimálním pohybem vody.

b/ Perifyton tekoucích vod preferuje převážně tekoucí vody, ale vyskytuje se i ve stojatých, nebo pomalu tekoucích vodách.

c/ Perifyton pramenišť, kde preferovaným prostředím jsou prameniště a přilehlé mokřady, které odvádějí vodu k větším potokům a řekám.

2/ Dle typu přichycení

a/ Rhizobentos - organismy pevně přichycené k substrátu rhizoidy.

b/ Haptobentos - organismy adaptované na nezpevněný substrát, jako mohou být jemnozrné sedimenty či písek.

c/ Herpobentos – organismy, které prorůstají sedimentem nebo na něm volně nasedají.

d/ Metafyton – organismy, které žijí volně mezi perifytonem a bentosem.

3/ Dle typu předmětů které porůstají

a/ Epilitický perifyton - žije přisedle na kamenech

b/ Epipelický perifyton - žije přisedle na jemném sedimentu

c/ Epifytický perifyton - žije přisedle na rostlinách

d/ Epizoický perifyton- žije přisedle na živočiších

e/ Epidendrický perifyton - žije přisedle na dřevě

f/ Epipsamický perifyton - žije přisedle na písčném podkladu

g/ Litofylický perifyton- žije přisedle na skalách

h/ Endolitický perifyton - žije uvnitř kamenů

3.2 Úloha fytobentosu jako prvního jarního producenta v zaplavované nivě

V období jarní povodně hraje perifyton významnou roli v říční nivě, jelikož sinice a řasy tvoří významnou biomasu v období vegetačního klidu cévnatých rostlin a stávají se tak prvním jarním producentem říční nivy (Elster a kol. 2002). Perifyton říční nivy se v období jarních povodní významnou měrou podílí na koloběhu živin říční nivou, asimiluje uhlík při fotosyntéze a spotřebovává živiny, především dusík a fosfor, přinesené povodní (Elster a kol.

2002; Machová a kol. 2008). Nejenom živiny přinesené povodní jsou důležité i tající sníh dodává do systému důležité komponenty, jako jsou například dusík díky své atmosférické depozici a minerály (Machová a kol. 2008).

V temperátních oblastech jsou nivy řek z jara pokryty uschlou vegetací (stařinou) zejména různými typy trav (Prach a kol. 1996; Štěrbová 2002). Při jarních povodních dojde k jejich zaplavení (Elster a kol. 2002; Prach a kol. 1996; Štěrbová 2002). Se stoupající teplotou teplota je jeden z nejvýznamnějších faktorů ovlivňující rozvoj společenstva v říční nivě (Elster a kol. 2002; Prach a kol. 1996; Štěrbová 2002; Machová a kol. 2008). Dochází k dekompozici stařiny a uvolňování živin a minerálů do prostředí (Machová a kol. 2008). Tento proces významně podporuje rozvoj perifytického společenstva, kdy dojde k významnému nárůstu biomasy, která v období nízkých teplot není spotřebována herbivory.

Jak již bylo řečeno, jarní povodně spadají do období brzkého jara, (Prach a kol. 1996) a teplota hraje významnou roli při rozvoje perifytického společenstva (Elster a kol. 2002; Prach a kol. 1996; Štěrbová, 2002; Machová a kol. 2008). Dle Štěrbové (2002) neodpovídá počáteční teplota ideálnímu růstovému optimu, které psychrotrofní a psychrofilní řasy převážně ze skupiny *Xantophyceae* preferují, ačkoliv i v těchto stresujících podmínkách mohou žít. Se stoupající teplotou dochází k postupnému výměně psychrotrofních a psychrofilních druhů jiným typem společenstva sinic a řas. Se začátkem vegetační sezóny cévnatých rostlin dochází v říční nivě ke konkurenci o světlo a živiny (Elster a kol. 2002) mezi cévnatými rostlinami a perifytonem. Žrací tlak bezobratlých živočichů také narůstá, protože limitace teplotou pominula a počet taxonomických skupin a druhů úměrně stoupá s teplotou prostředí (Feminella & Hawkins 1995). Biomasa perifytonu je v rovnováze mezi růstovými a ztrátovými procesy (Biggs & Smith 2002). Perifyton se buď stane potravou herbivorů (Feminella & Hawkins 1995) nebo se jeho růst zpomalí díky konkurenci s cévnatými rostlinami a dojde k jeho vizuálnímu vymizení z tůní říční nivy (Elster a kol. 2002).

3.3 Sukcese sinic a řas v průběhu zimní a jarní povodně

V období brzkého jara jsou permanentní tůň ještě pokryty ledem a půda vysychavých tůň je zmrzlá (Prach a kol. 1996). Příchod povodní do tohoto ekosystému znamená začátek sezóny pro perifytická společenstva. V mírných oblastech je říční niva charakteristická omezeným počtem druhů (Elster a kol. 2002) na rozdíl od říční nivy tropických oblastí (Rodrigues & Bicudo 2001). Perifyton říční nivy a jeho sukcese jsou řízeny mnoha faktory, jako jsou; a) délka trvání záplavy, b) teplota vody, c) obsah živin, d) žrací tlak, atd. (Elster, 1999). Jako nejvýznamnější faktor se jeví teplota a její průběh v průběhu sezóny (Elster, 1999; Elster a kol. 2002).

Dle Rodrigueze & Bicuda (2001) by mělo být druhové složení sinic a řas v tůních říční nivy stejné jako v řece a k rozrůznění společenstev by mělo dojít až po opadnutí vody, kdy se změni environmentální podmínky v tůních říční nivy z lotického na lentické prostředí. Po překrytí nivy záplavovou vodou dochází k rozvoji perifytonu a jeho sukcesi (Elster, 1999; Elster a kol. 2002; Machová a kol. 2008; Prach a kol. 1996; Rodrigues & Bicudo 2001; Štěrbová 2002). Říční druhy, které se při povodni dostanou do nivy, se v průběhu klesání vody soustředí v tůních (Elster a kol. 2002; Rodrigues & Bicudo 2001). V počátku jarní povodně dominují psychrotrofní a psychrofilní druhy a iniciální stádia sinic a řas převážně ze skupin Chrysophyceae, Synurophyceae, Xantophyceae a Bacillariophyceae (Elster a kol. 2002). Štěrbová (2002) s těmito výsledky souhlasí, ale dodává, že sinice byly také přítomny. Se vzrůstající teplotou dochází k sukcesi společenstva (Elster a kol. 2002; Prach a kol. 1996; Štěrbová 2002; Machová a kol. 2008) a psychrotrofní a psychrofilní druhy již nejsou nejvýznamnější složkou perifytonu (Elster a kol. 2002). Celková diverzita sinic a řas tůň říční nivy klesá a dochází k převládnutí vláknitých zelených řas ze skupiny Chlorophyceae (Machová a kol. 2008).

Zde uvádím modelový příklad vývoje společenstva perifytonu v záplavovém území říční nivy dle Elster (2012, nepublikovaná data) (Příloha 1). Říční společenstvo je tvořeno převážně rozsivkami, které jsou při povodni naplaveni do tůň. Po opadnutí vody dochází k postupnému převládnutí vláknitých psychrotrofních a psychrofilních řas ze skupiny Xantophyceae, pokud záplava trvá delší dobu, sukcese společenstva pokračuje. Ze společenstva se postupně vytrácí psychrotrofní a psychrofilní druhy a dochází k převládnutí vláknitých zelených řas jako je například *Stigeoclonium* sp. Se zvyšující se teplotou dochází k

rychlejšímu růstu perifytonu, ale také dochází k většímu rozvoji bezobratlých živočichů. Ti začnou narostlou biomasu požírat, přičemž může dojít k výrazné redukci až vymizení perifytonu. Pokud je záplava krátká, tůně vyschnou dřív, než dojde rozvoji bezobratlých živočichů. Tím pádem není biomasa sinic a řas spotřebována a vytvoří se koberec uschlých řas na vegetaci, kterou je niva pokrytá. Tento příklad nastane za ideálních podmínek, ale pokud průběh povodní je jiný, například přijde více povodňových vln, průběh sukcese se zcela změní.

3.4 Faktory ovlivňující perifyton vznikající při jarní záplavě

Tato kapitola neslouží k podrobnému rozboru všech faktorů ovlivňujících rozvoj perifytonu v říční nivě, je spíše shrnutím nejdůležitějších faktorů, které mohou mít vliv na rozvoj fytobentosu v období jarních záplav.

3.4.1 Teplota vody

Jako jeden z nejvýznamnějších faktorů, který zde byl již mnohokrát zmíněn, je teplota. Teplota je významný ekologický faktor, který ovlivňuje rozvoj biomasy perifytonu při jarních záplavách (Elster a kol. 2002). Teplota ovlivňuje i následnou sukcesi společenstva tůní říční nivy (Elster, 1999; Elster a kol 2002; Machová a kol. 2008; Štěrbová 2002) a jejich herbivorů (Barquin & Death 2011), kdy se stoupající teplotou stoupá jak druhová bohatost, tak i biomasa perifytonu (Elster, 1999; Elster a kol 2002; Machová a kol. 2008; Stevenson a kol 1996; Štěrbová 2002) a herbivorů (Barquin & Death 2011).

3.4.2 Délka záplavy

Délka záplavy je dalším důležitým faktorem ovlivňujícím rozvoj perifytonu říční nivy (Elster 2012, nepublikovaná data). Délka záplavy především ovlivňuje to, kdy se z říční nivy

opět stane lentický ekosystém a kolik materiálu je povodní do říční nivy přineseno (Prach a kol. 1996). Při povodni v říční nivě dochází ke značnému proudění, které spíše vyhovuje řasám ze skupiny Bacillariophyceae než zástupcům ze skupiny Xantophyceae (Stevenson a kol. 1996). Pokud je záplava delší, sezóna nárostových společenstev v tůních říční nivy může být kratší, neboť může následovat rychlejší ohřátí vody v tůních i rychlejší ohřátí půdy v záplavových územích čímž dojde k rozvoji herbivorů a cévnatých rostlin, které omezují delší rozvoj perifytonu. Naopak pokud je záplava krátká, může dojít k vyschnutí tůní ještě před rozvojem herbivorů a před začátkem vegetační sezóny. Po vyschnutí tůní je možné najít zelený koberec uschlých řas na vegetaci říční nivy. Vzhledem k délce záplavy je nutné říci, že společenstvo sinic a řas dočasných tůní vznikajících v průběhu povodně má specifické druhové složení, při každém zaplavení, i když určité podobnosti existují (Elster 2012, nepublikovaná data)

3.4.3 Živiny

Živiny jsou důležitou složkou ekosystému, ačkoliv v říční nivě nedochází k jejich nedostatku, neboť většina těchto ekosystémů patří mezi ty vysoce produktivní (Baley, 1995; Prach a kol. 1996; Vannote a kol. 1980). Jarní povodeň přinese do říční mnoho organického a anorganického materiálu, který je později přeměn autotrofními organismy na primární produkci (Prach a kol. 1996). Po opadnutí vody a prohřátí tůní dochází k dekompozici stařiny a uvolňování fosforu, dusíku a dalších minerálů do prostředí. Tento proces způsobí výrazný rozvoj, jak biomasy, tak i druhové diverzity perifytického společenstva (Machová a kol. 2008; Rodrigues & Bicudo, 2001)

3.4.4 Herbivorie

Herbivorie je obecně definována jako konzumace autotrofních organismů organismy heterotrofními (Feminella & Hawkins 1995). Tento fakt obecně platí ve všech ekosystémech. Zdá se, že u vodních ekosystémů hrají herbivoři daleko větší roli, než se dříve předpokládalo, jelikož regulují své potravní zdroje daleko více než v jiných typech ekosystémů (Feminella & Hawkins 1995; Fuller a kol. 1998), ačkoliv Hillebrand (2009) tvrdí, že predanční tlak herbivorů

je konstantní přes všechny ekosystémy. Dle Feminella & Hawkinse (1995) je herbivorie na nárostových společenstvech kontrolována pomocí dostupnosti zdrojů pro růst nárostových společenstev („bottom up efektem“). Tento efekt má silnou vazbu na „top down efekt“, což znamená, že pokud naroste biomasa sinic a řas zároveň dojde k namnožení herbivorů, kteří narostlou biomasu sinic a řas významně sníží, čehož se využívá i pro zlepšení kvality vody (Rutherford a kol. 2000). Autoři Feminella & Hawkins (1995) také zjistili, že herbivoři ovlivňují trofickou úroveň více než predátoři. V jarním období, kdy je teplota vody nízká, je žrací tlak omezen, v tomto ročním období se objevují pouze druhy, které se adaptovali na nízkou teplotu (Barquin & Death 2011). S postupným zvyšováním teploty stoupá intenzita žracího tlaku a také diverzita herbivorů (Barquin & Death 2011; Hillebrand 2009). Žrací tlak herbivorů obvykle značně redukuje biomasu a ovlivňuje druhové složení perifytonu (Feminella & Hawkins 1995; Fuller a kol. 1998; Hillebrand 2009; Barquin & Death 2011; Rutherford a kol. 2000; Wellnitz & Poff 2006) dokonce může dojít i k ovlivnění fyziologických pochodů v buňkách, přičemž se druhová diverzita sinic a řas může jak zvýšit tak i snížit. Prozatím nebyl tento mechanismus zcela uspokojivě popsán (Feminella & Hawkins 1995). Naopak je známo, že herbivoři obvykle redukují biomasu perifytonu průměrně o 59 % a v extrémních případech i o 99 % (Hillebrand, 2009).

4. Materiál a metodika

4.1 Popis studované oblasti

Řeka Lužnice pramení v rakouské části Novohradských hor na úpatí hory Aichelberg (1054 m.n.m.), v nadmořské výšce 970 m.n.m. a je pravostranným přítokem Vltavy. Délka toku Lužnice 208 km, přičemž Lužnice odvodňuje území o rozloze 4226 km². Spád této řeky je malý, což se projevuje na rychlosti proudění a meandrování této řeky krajinou.

V horním úseku řeky Lužnice (CHKO Třeboňsko) mezi obcemi Dvory nad Lužnicí a Halámky vznikají v období jarních záplav dočasné tůň (Příloha 2). Studie byla prováděna v jarních měsících roku 2012. Pro tuto studii byly vybrány tři tůň pod obcí Halámky (T1, T2, T3) v různé vzdálenosti od řeky. Řeka samotná byla do studie zahrnuta také. Z důvodu vyschnutí a tím pádem malého počtu opakování, byla tůň 2 vyřazena z analýz. Tůň 1 (Příloha 3-4) je nejvzdálenější tůň od řeky Lužnice, je mělká a většinu roku bez vody. Tůň 3 (Příloha 5) je nejbližší k řece a nevysychá obklopena stromovou vegetací olší a vrb, na dně této tůň se nachází množství detritu a průhlednost je velice malá. Řeka Lužnice (Příloha 6) je menším tokem, který meandruje volně krajinou, voda v této řece je velice čistá a průhlednost je relativně velká, dno této řeky je tvořeno jemnozrnným sedimentem převážně pískem.

4.2 Metodika

Do vybraných tůň a řeky byly instalovány v měsíci únoru umělé nosiče, ze kterých byly následně získávány nárostové řasy. Instalace nosičů proběhla 22.2.2012, přičemž první odběr proběhl 25.3.2012. Nosiče byly čtyřikrát za sezónu vyměněny za nové. Jako vhodné nosiče byly vybrány podložní sklička (76x26mm) a sítěky proti komárům s křemíkovým jádrem (100x100mm). Tyto dva nosiče zajišťovaly dostatečnou heterogenitu prostředí pro nárostové řasy, neboť podložní sklička představovala hladký kamen a sítěky představovaly porézní materiál. Upevnění sítěk na dně tůň zajišťovaly dva dráty ohnuté do tvaru "U". V řece byly sítěky upevněny na železné konstrukci (Příloha 7), která byla přivázaná ke břehu. Konstrukce byla na hladině udržována pomocí čtyřech malých plováků, tento systém

zabraňoval odplavení sítěk velkým proudem. Podložní sklička v tůních byla upevněna na plováku, který jezdil po kovové tyčce (Příloha 8). Tento systém pružně reagoval na snížení hladiny, což znamenalo, že pokud nedošlo k úplnému vyschnutí tůně, sklička byla vždy pod vodou. Podložní sklička v řece byla upevněna na železné konstrukci stejně jako sítěky. Do všech tůní i řeky byly instalovány datalogery. Při každém odběru a instalaci byly sbírány vzorky vody pro následnou fyzikálně-chemickou analýzu (viz. Kapitola 4.2.3). Na místě byly měřeny vodivost, pH a teplota.

4.2.1 Stanovení nekorigovaného chlorofylu *a* (chl *a*) Pechar (1987)

Pro stanovení chlorofylu *a* byly vždy použity tři vzorky z každé lokality z každého odběru. K očištění nosičů byly použity zubní kartáčky, které byly mezi jednotlivými vzorky důkladně očištěny. Po očištění byl u vzorků změřen přesný objem kvůli pozdějšímu výpočtu, následně byly vzorky přefiltrovány přes Whatman GF/C filtrační papír, na kterém po filtraci zůstaly řasy. Po té byl filtrační papír vložen do zkumavky, do které bylo přidáno 7,2 ml extrakčního činidla (metanol + etanol 90% v poměru 1:5), které umožnilo extrakci chlorofylu z buněk. Filtrační papír byl za pomoci kovové tyčky rozdrcen. Zkumavka byla uzavřena a v kovovém stojanu umístěna do vodní lázně o teplotě 65°C na dvě minuty a následně zchlazena. Poslední krok před měřením absorbance byla centrifugace při 3500 otáčkách/15 minutách a 5°C. Následovalo měření absorbance na spektrofotometru při 663 nm. Jako slepý vzorek byl použit extrakční roztok.

Vzorec pro stanovení nekorigovaného chlorofylu:

$$C = 11,9 * A_o * 7,2 / V * d$$

7,2 - Objem extraktu

A_o - Absorbance před okyselením

V - Objem vzorku (l)

d - Délka kyvety (cm)

4.2.2 Stanovení obsahu bezpopelné sušiny ve vzorku Steinman& Lamberti (1996)

Očištění nosičů probíhalo stejným způsobem jako u stanovení chl *a* i počet vzorků byl stejný, pokud byly vzorky dostupné. Po očištění byl vzorek centrifugován při 2000 otáčkách/5 minut, přebytečná voda byla slita. Biomasa řas usazená po centrifugaci na dně byla přesunuta do spalovacích kelímků, jejichž přesná hmotnost byla známa. Následně se vzorky sušily při 105°C po dobu 24 hodin v sušárně. Po vysušení byly vzorky ve spalovacích kelímcích přesunuty do exsikátoru na vychladnutí. Exsikátor zaručoval, že vzorky do sebe nenatáhnou vzdušnou vlhkost a tím pádem nezmění svojí hmotnost. Po vychladnutí byly vzorky zváženy s přesností n 0,001g. Poslední krok bylo žíhání při 550°C/4 hodiny, opětovný přesun vyžíhaných vzorků do exsikátoru a následné zvážení s přesností 0,001g. Rozdílem hodnot po sušení a po žíhání bylo získána bezpopelná sušina.

4.2.3 Chemický analýzy

Základní vlastnosti vody jako jsou pH, vodivost, teplota byly měřeny na místě pomocí sondy Kombibox WTE, Weilheim, CB 570. Složitější analýzy jako zjištění N-NH₄, N-NO₃, N-NO₂, celkový dusík, P-PO₄, celkový fosfor, Cl, SO₄, byly prováděny laboratoří Botanického Ústavu AV ČR v Třeboni, dle metodiky Pechar (1987). Před těmito analýzami byl vzorek přefiltrován přes Whatman GF/C filtrační papír, na kterém po filtraci zůstali veškeré nečistoty, které se ve vodě vyskytovaly a mohly by způsobit nepřesnost v měření.

Fosfor (jako rozpuštěný reaktivní fosfor, DRP) a dusík (jako rozpuštěný anorganický dusík, DIN) byly analyzovány za použití průtokového analyzátoru (FIA, Tecator, Sweden; Ruzicka & Hansen 1981). DRP (PO₄-P) byl analyzován reakcí s molybdenanem amonným a redukován pomocí chloridu cínatého na fosfor molybdenovou modř (Proctor & Hood 1954, Application note AN 60/83 Tecator). Limit pro přítomnost DRP byl 5 µg/l⁻¹. Dusičnanový dusík byl analyzován reakcí se sulfonamidem (Application note ASN 62-01/83) a amonný dusík (NH₄-N) byl analyzován pomocí plynové difuzní metody (Karlberg & Twengstrom 1983, Application note ASN 50-0187 Tecator). Detekční limit pro NH₄-N byl 10 µg/l⁻¹ a pro

NO-N byl $3\mu\text{g}/\text{l}^{-1}$. Celkový minerální dusík je uveden v Tabulce (Příloha 9) jako TN (Total Nitrogen) a celkový minerální fosfor je v tabulce uvedena jako TP. Označení DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen) je použito pro celkový anorganický dusík, DON (Dissolved Organic Nitrogen) je použito pro celkový organický dusík a DOP (Dissolved Organic Phosphorus) je použito pro celkový organický fosfor v jednotlivých vzorcích.

4.2.4 Determinace sinic a řas a výpočet počtu buněk na cm^2 a biovolume dle Hillebrand (1999)

Očištění nosičů probíhalo stejně jako v případě chl *a* bezpopelné sušiny (stanovení organického uhlíku). Byl změřen objem vzorku a následně byly vzorky centrifugovány při 2000 otáčkách/ 5 minut. Biomasa řas a sinic byla umístěna do uzavíratelných lahvíček a nafilována 3% formaldehydem s přidavkem modré skalice. Sinice a řasy byly determinovány za pomoci těchto určovacích klíčů Heering (1914), Batko (1975), Kladrubovská (1984), Komárek (2013), Komárek & Anagnostid (1998, 2005), Komárek & Fott (1983), Krammer & Langebertalot (1986, 1991a, 1991b), Lange-Bertalot (1993), Mrozinska (1985), Růžička (1977, 1981), Ettl (1978), Rieth (1980).

Pro počítání buněk a určení druhů-skupin druhů řas a sinic byl použit mikroskop Olympus BX60. Některé v našem úpojetí skupiny mohly obsahovat pouze jeden druh, např. *Klebsormidium* sp., na druhé straně skupiny-druhy především rozsivky *Fragilaria* sp., *Navicula* sp., *Cymbella* sp. obsahovaly několik těžko za pomoci světelného mikroskopu identifikovatelných druhů. Pro počítání buněk a jejich druhovému/rodovému zastoupení byl zvolen objem 0,2ml a krycí sklíčko 22x22mm. Používané zvětšení bylo 400x. Minimální počet buněk/vláken byl z jednoho vzorku 200 ks, přičemž byla spočítána minimálně jedna zorná mikroskopická řada. Následně byl vypočítán počet buněk na 1cm^2 . Pro výpočet biovolume byl použit program na bázi Excelu, který byl vyvinut v HBÚ AVČR v Českých Budějovicích (VOLLENWEIDE1R969, Nedoma a kol. 2001).

Vzorec pro výpočet počtu buněk na cm²

$$(((PB * PS) / (PP - ŠP \times DS * PSP)) * (POV / OV)) / PN$$

PB - Počet spočítaných buněk/vláken daného druhu dané velikosti

PS - Plocha sklíčka krycího sklíčka mm²

PP - Plocha jednoho pruhu

ŠP - Šířka pruhu

DS - Délka sklíčka

PSP - Počet spočítaných pruhů z jednoho vzorku.

POV - Původní objem vody, do kterého byl nosič oškrábán

OV – Objem vody pod sklíčkem

PN - Plocha nosiče z obou stran

4.2.5 Meteorologické údaje, průtoky vody v jednotlivých letech a teplotní režim sledovaných lokalit

Meteorologická data byla poskytnuta společností ENKI, o.p.s a data o výšce sněhu byla získána z volně dostupných zdrojů ČHMÚ (Český Hydrometeorologický ústav). Průtoky z požadovaných období poskytl správce povodí řeky Lužnice Povodí Vltavy s.p. Teplotní režim sledovaných lokalit v sezóně 2012 byl získán pomocí datalogerů Minikin TH (EMS Brno, Czech Republic).

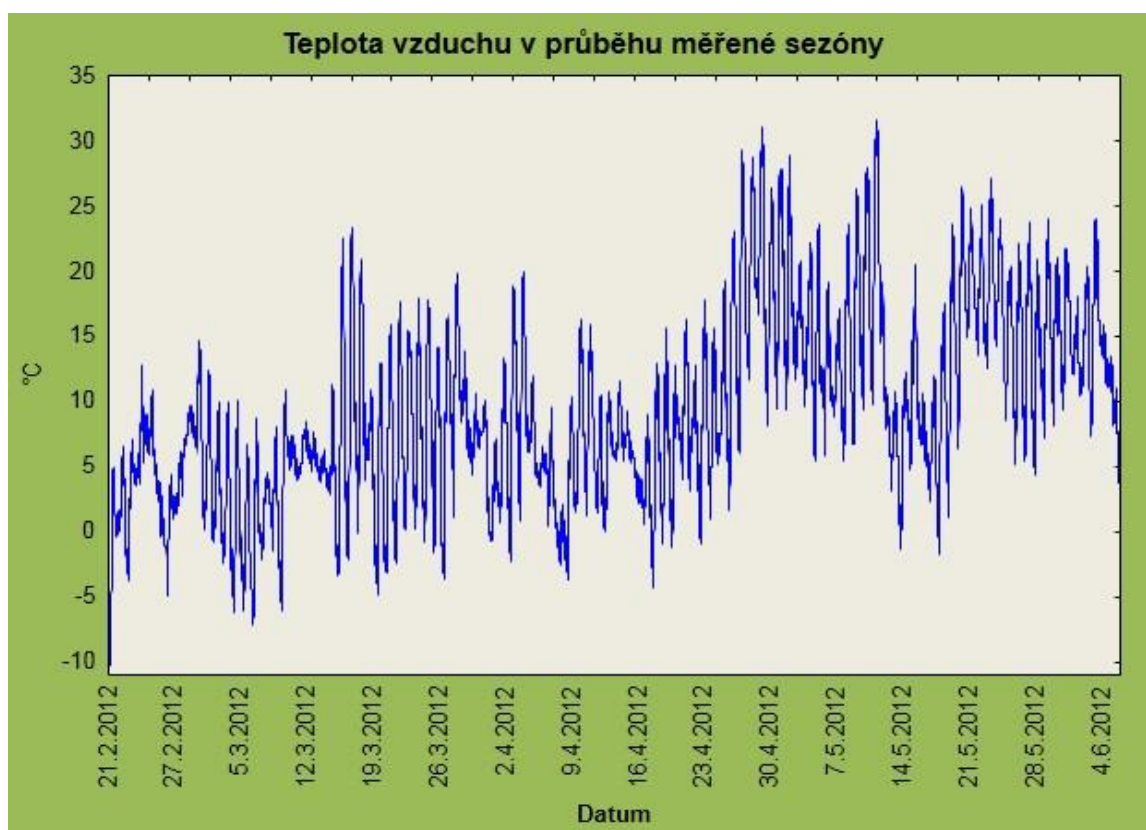
4.2.6 Statistické hodnocení

Pro statické zhodnocení dat byly využity dva programy Statistica 7 (StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com), kterou byla hodnocena většina analýz a vytvořena většina grafů. Také byl použit program CANOCO for Windows 4.5, (Ter Braak & Šmilauer 1997-2002), kterým byla analyzována preference druhů k jednotlivým typům biotopů a také vliv faktorů prostředí (fyzikálně-chemické parametry vody) na druhové složení společenstva sinic a řas. Pro vytvoření ordinačních diagramů byl použit program CanoDraw for Windows 4.0 (Petr Šmilauer 1999-2002).

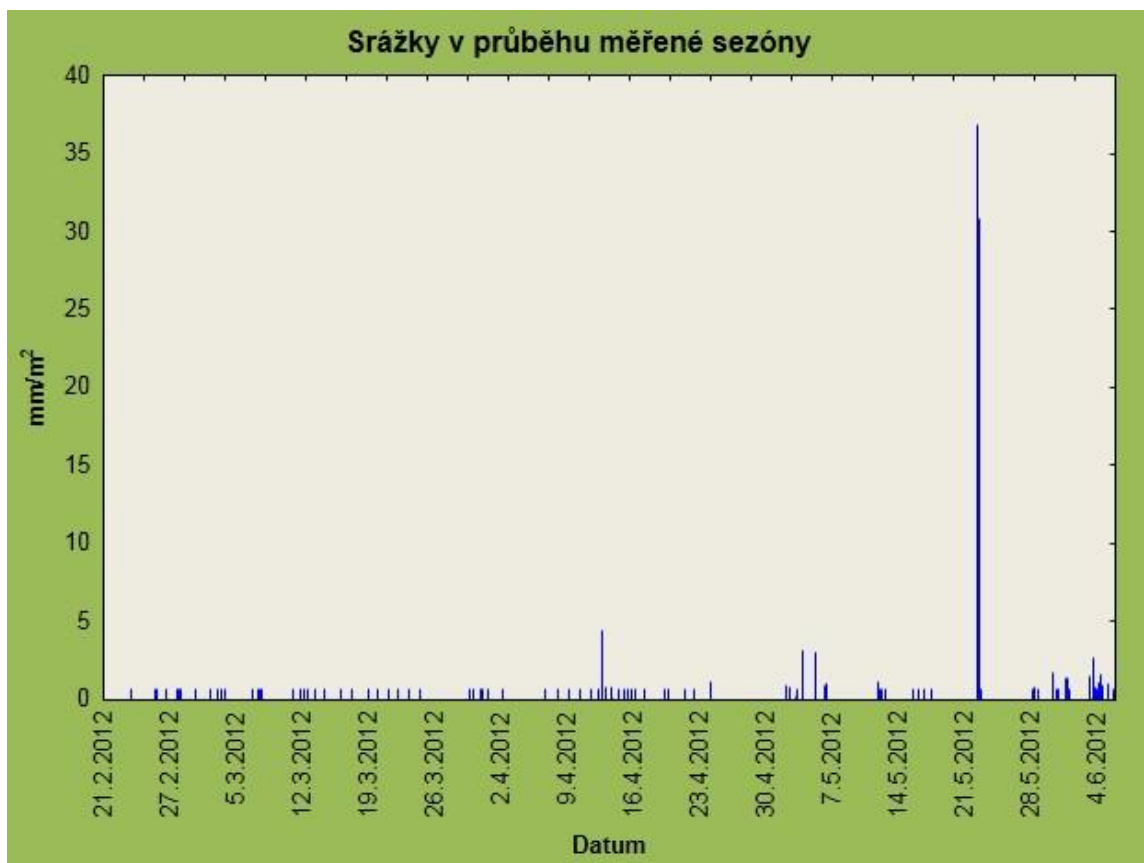
5. Výsledky

5.1 Počasí v průběhu měřené sezóny

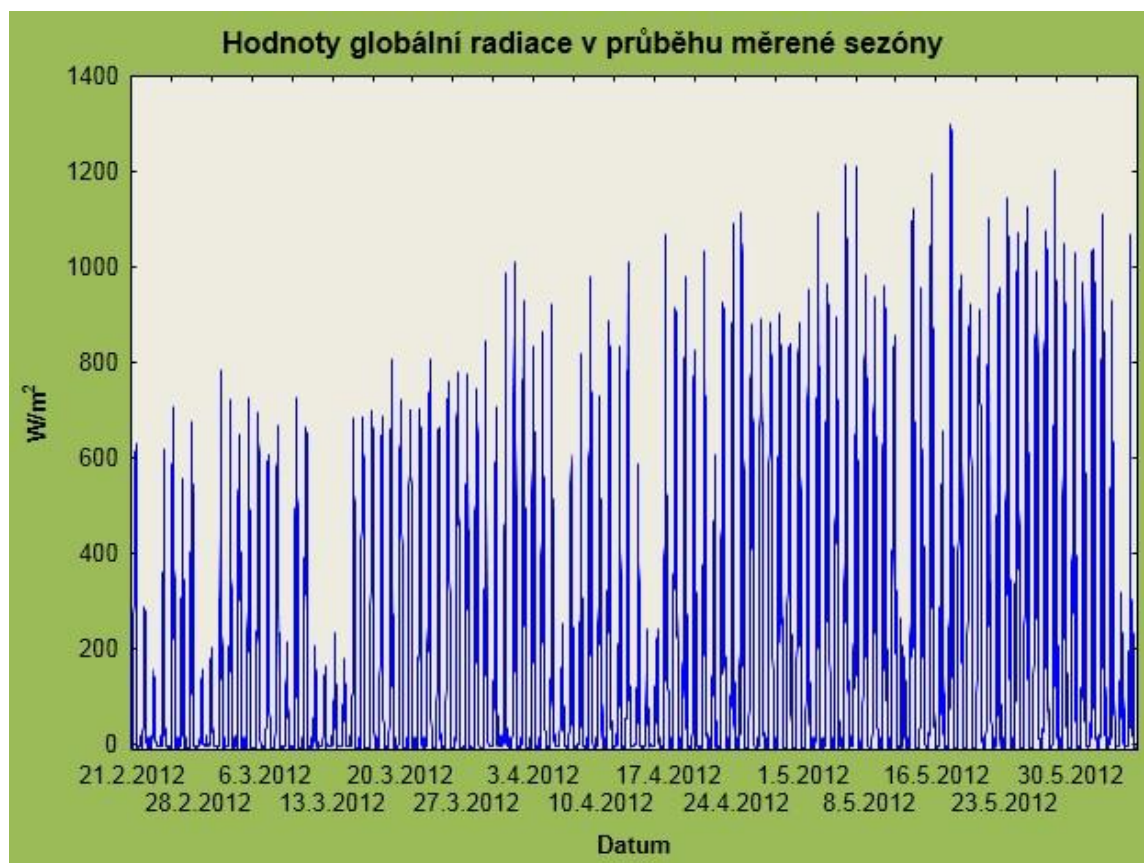
Jaro roku 2012, patřilo k těm sušším jarům, kdy teplota se zvedala postupně (Obr.1), srážek mnoho nebylo (Obr.2) a globální radiace byla relativně vysoká (Obr. 3). Tyto faktory způsobily pozvolné tání sněhu ve vyšších partiích novohradských hor a nepřítomnost jarní povodně v tomto roce viz (Obr. 4). V Obr. 4 je také současně vidět, že v roce 2012 neprošla žádná povodňová vlna řekou Lužnicí na rozdíl od předchozích roků, které mají jasně viditelný pík, který značí největší množství vody, které řekou z jara protékalo. Sledované roky byly vybrány zcela záměrně z důvodu předchozích studií rozvoje fytoENTOSU v těchto letech. Výsledky této práce poslouží k pozdějšímu srovnávání těchto výsledků a modelování vývoje společenstva vzhledem environmentálním faktorům.



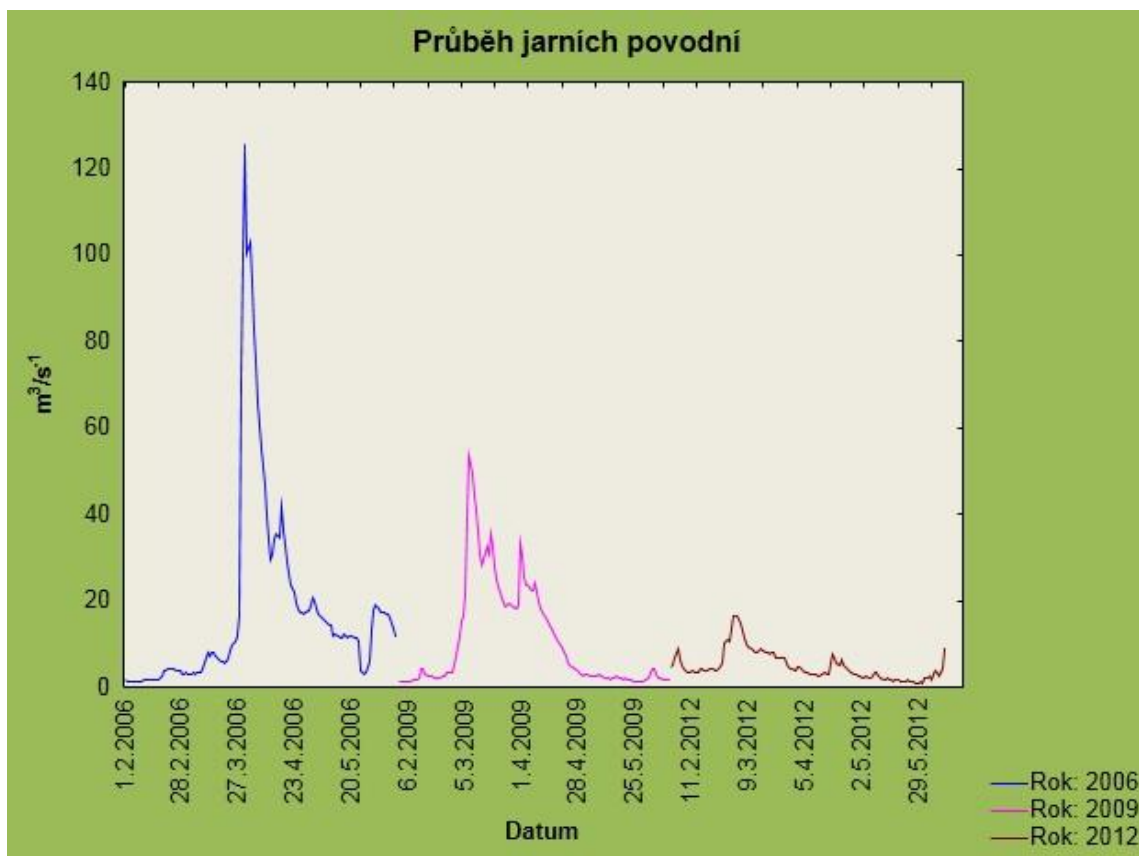
Obr. 1 Teplota vzduchu v průběhu měřené sezony 2012



Obr. 2 Srážky v průběhu měřené sezóny roku 2012



Obr. 3 Hodnoty globální radiace v průběhu měřené sezóny roku 2012

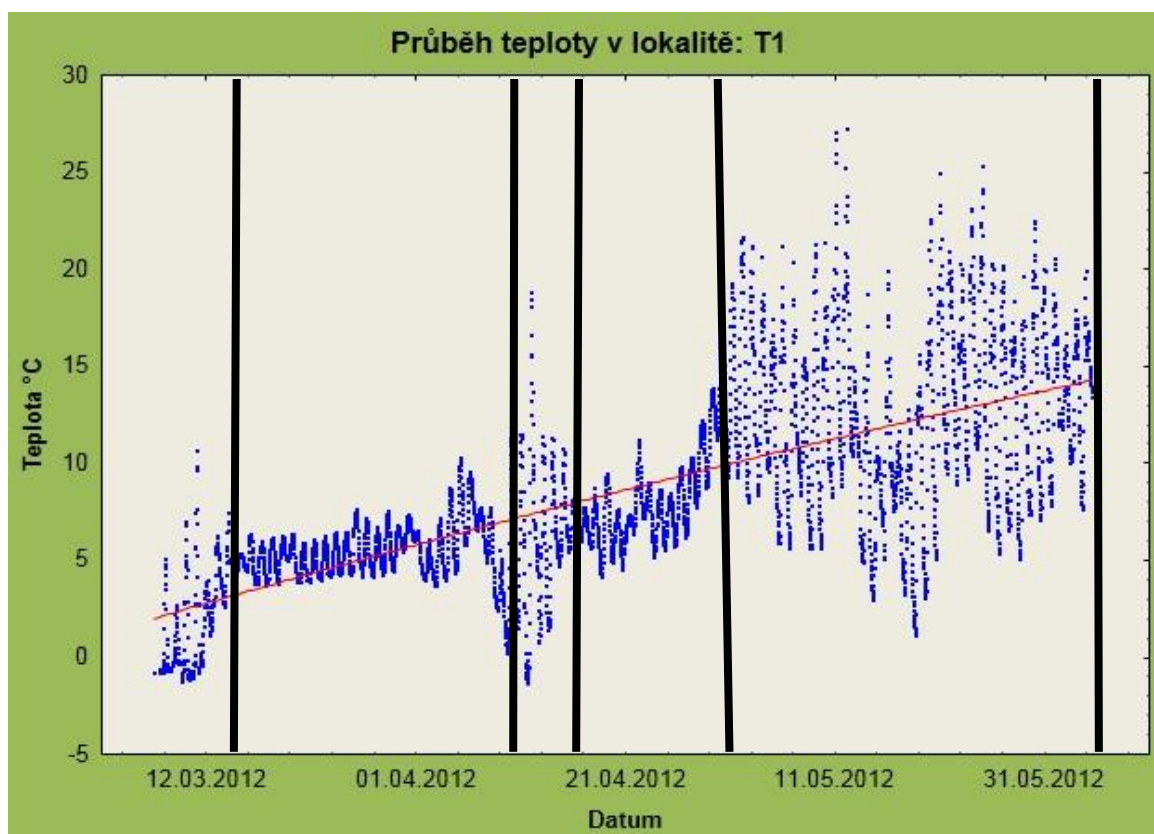


Obr. 4 Průběh jarních povodní v období až 2006 až 2012

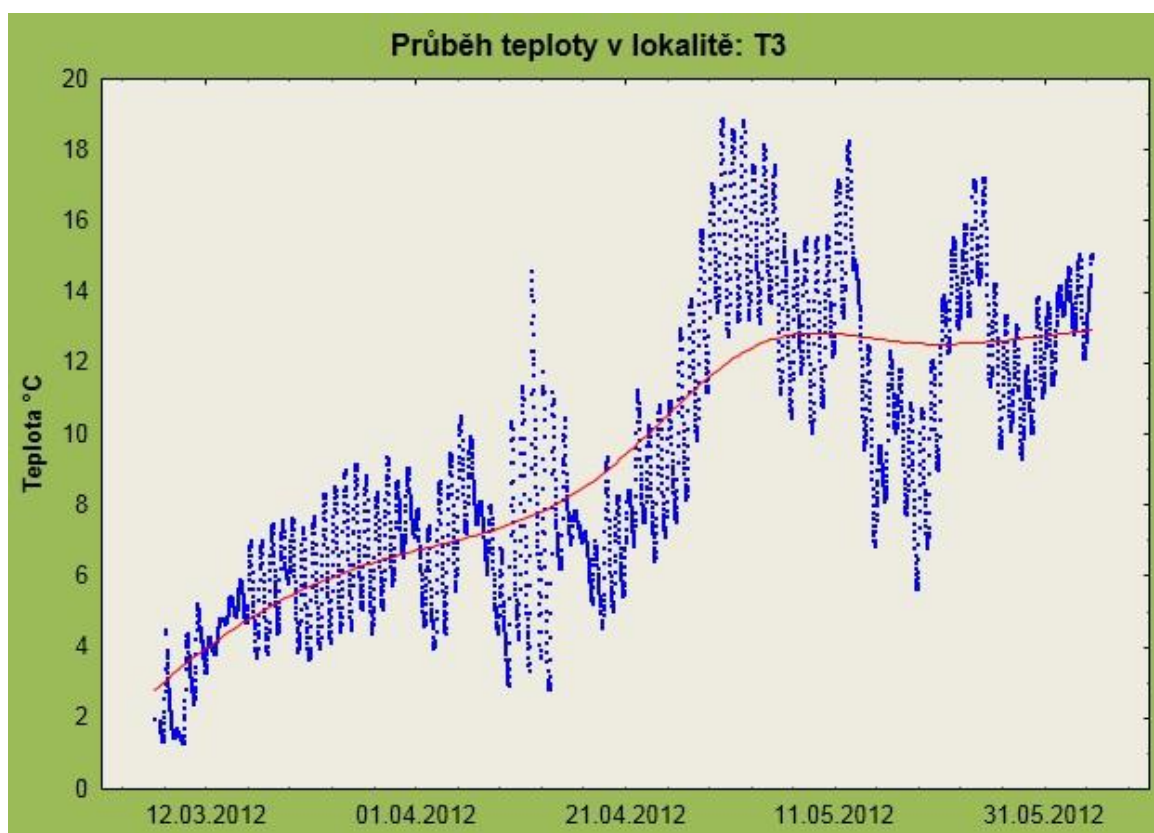
5.2 Fyzikální a chemické parametry vody

5.2.1 Teplota

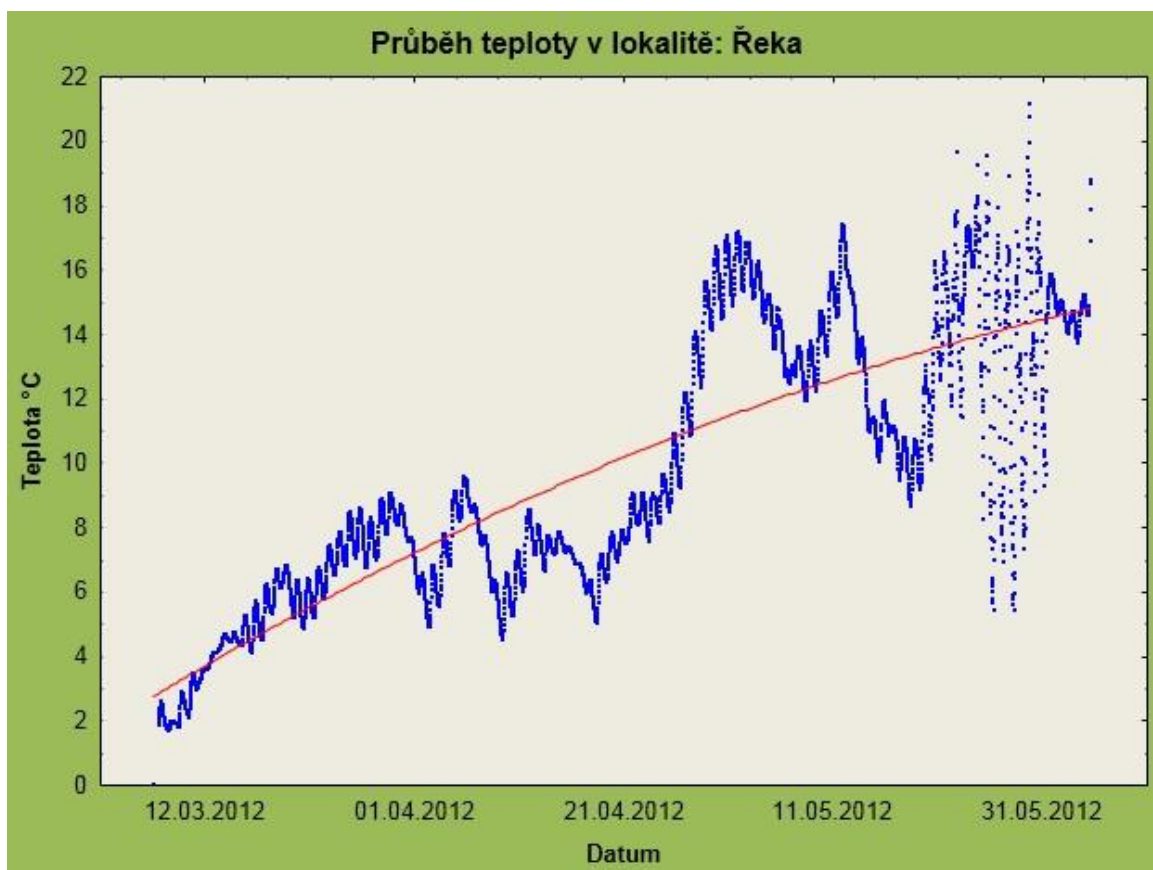
Z výsledků jasně vyplývá, jaký byl průběh teplot v jednotlivých lokalitách (Obr. 5-7). U tůň jedna jsou svislými černými čarami odděleny období, ve kterých byla přítomna voda v tekutém stavu a období kdy byla tato tůň bez vody, přičemž bylo zjištěno, že Tůň 1 byla zaplavena dvakrát. Tůň 3 měla celou sezonu dostatek vody, jelikož je plněna průsakovou vodou z řeky. Řeka měla kontinuální průběh oteplování, v období okolo konce května vodní hladina klesla natolik, že dataloger zůstal na vlhkém písku a neměřil teplotu vody, ale vzduchu.



Obr. 5 Průběh teploty v lokalitě: T1
 Rovnice regrese ($y = -3,874E5 + 18,752 * x - 0,0002 * x^2$)



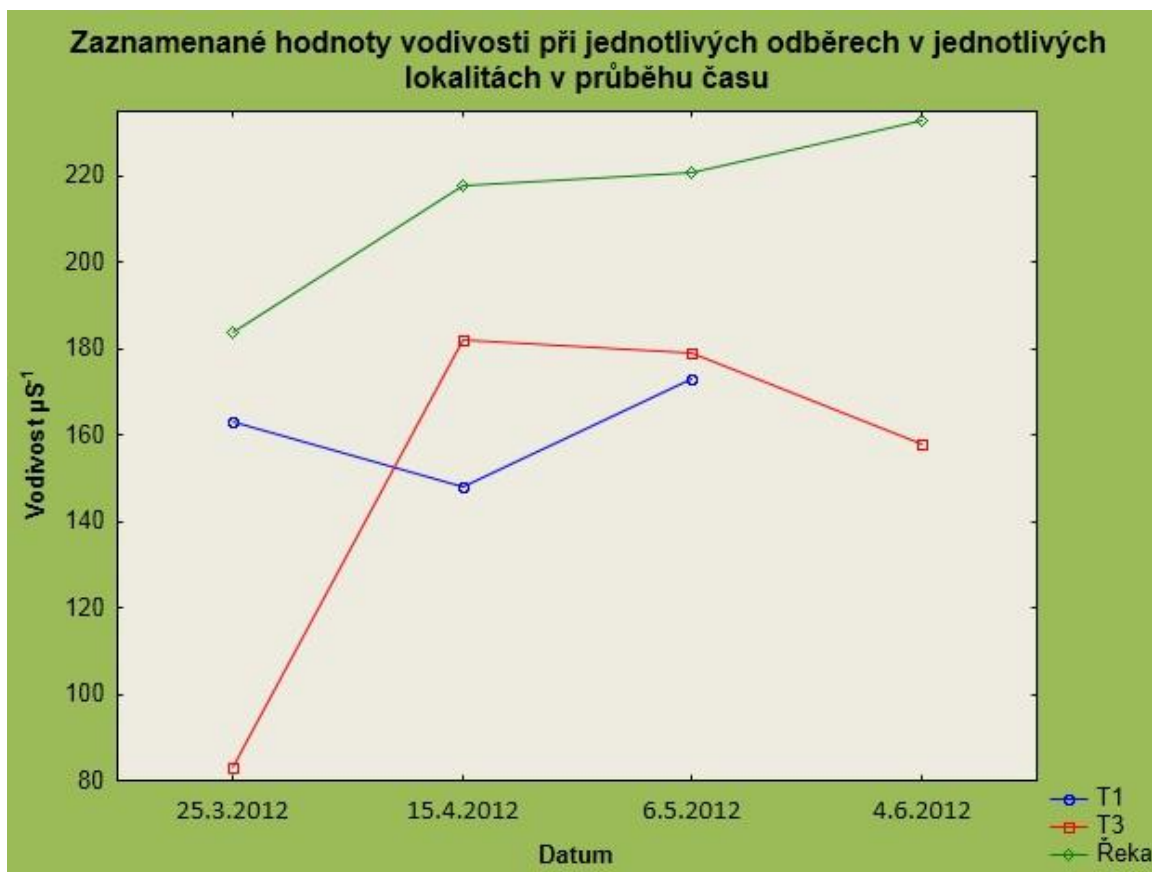
Obr. 6 Průběh teploty v lokalitě: T3
 Rovnice regrese ($y = -1,5395E6 + 74,9423 * x - 0,0009 * x^2$)



Obr. 7 Průběh teploty v lokalitě: Řeka
 Rovnice regrese ($y = -1,1569E6 + 56,2733 * x - 0,0007 * x^2$)

5.2.2 Vodivost

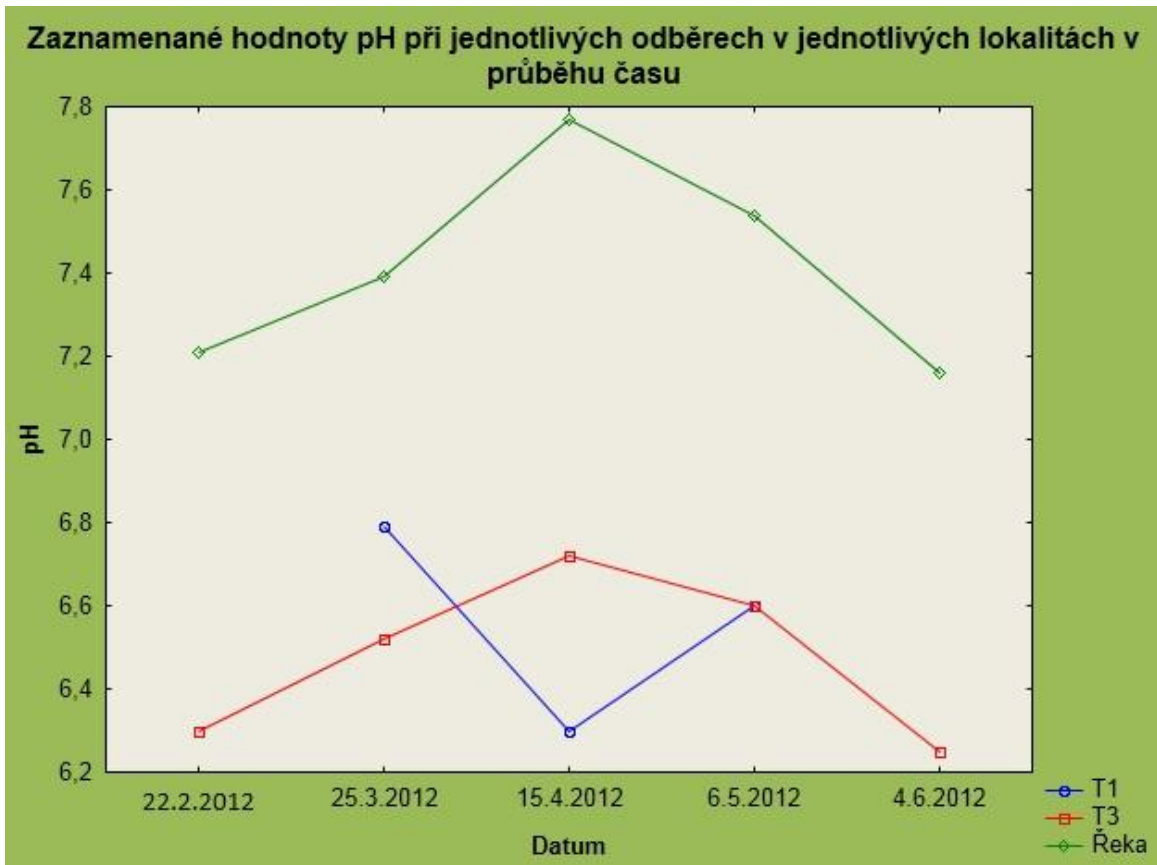
Vodivost byla měřena při každém odběru vzorku vody a nosičů (Obr. 8). Nejvyšší vodivost byla naměřena v řece, kdy docházelo k postupnému zvyšování vodivosti v průběhu času. Tůň měly kolísavý průběh vodivosti, pravděpodobně způsobené tajícím sněhem a průsakovou vodou.



Obr. 8 Zaznamenané hodnoty vodivosti při jednotlivých odběrech v jednotlivých lokalitách v průběhu času

5.2.3 pH

Hodnoty pH nemají jak v tůních, tak ani v řece příliš velký rozsah (Obr. 9), tento fakt je očekávající, jelikož voda z řeky zásobuje společně s tajícím sněhem a srážkami přilehlé tůně. Tůň 3 a řeka měly stejný průběh vývoje pH pouze hodnoty se liší. Tůň 1 měla odlišný vývoj pH, při prvním odběru měla relativně vyšší hodnotu než Tůň 3, která při dalším odběru prudce klesla a následně opět stoupla. Průběh v této tůni nebyl tak harmonický jako ve zbylých mokřadních biotopech.



Obr. 9 Zaznamenané hodnoty pH při jednotlivých odběrech v jednotlivých lokalitách v průběhu času

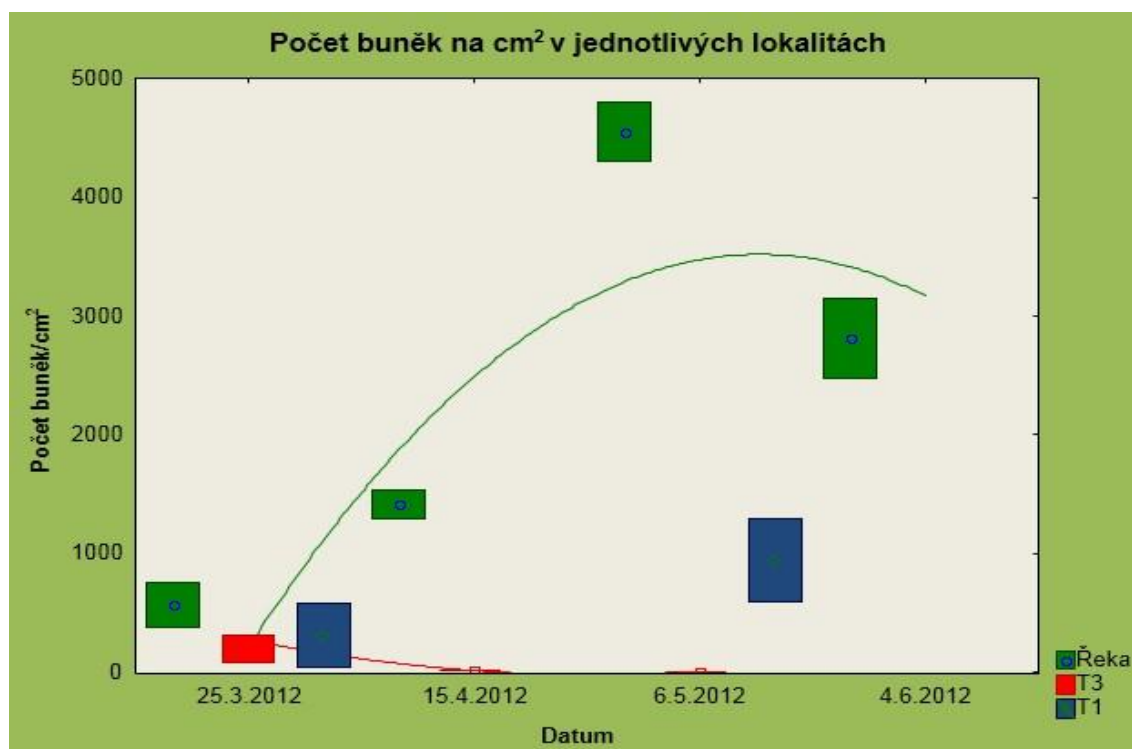
5.2.4 Chemická analýza vody

Ze všech chemických parametrů, které byly měřeny laboratoří v Třeboni (příloha 9) se ukázalo, že N-NH_4 a N-NO_3 , se liší v průběhu času (Příloha 10-11). Obsah N-NH_4 se významně liší jak v čase ($\text{df}=3$, $f=141,28$, $p=0,00002$), tak i mezi studovanými lokalitami ($\text{df}=2$, $f=5,914$, $p=0,048$). Tukeyho test prokázal rozdíl mezi T1 a T3 ($p=0,05$) a rozdíl mezi T1 a Řekou byl hraniční ($0,074$). Hodnoty N-NO_3 se významně lišili pouze v čase ($\text{df}=3$, $f=5,396$, $p=0,05$), přičemž nejvyšší koncentrace byla dosažena v lokalitě Řeka při třetím odběru. Hodnoty N-NH_4 v lokalitě T1, T3 a Řeka byly na začátku sezony nízké a postupně stoupaly, přičemž na lokalitě T3 došlo k výraznému poklesu mezi předposledním a posledním odběrem. V lokalitě T1 došlo k výraznému nárůstu N-NH_4 mezi prvním a druhým odběrem. Ve studovaných lokalitách významně převládá organický dusík a fosfor nad anorganickými formami. Ačkoliv se celkový fosfor významně neliší v průběhu času a v rámci lokalit, bylo zjištěno, že v T3 byla vysoká koncentrace celkového fosforu v době instalace nosičů. Poměr N:P byl velice proměnlivý a dosahoval poměru 1:4,9-81,1.

5.3 Standing crop- sklizeň

5.3.1 Počet buněk

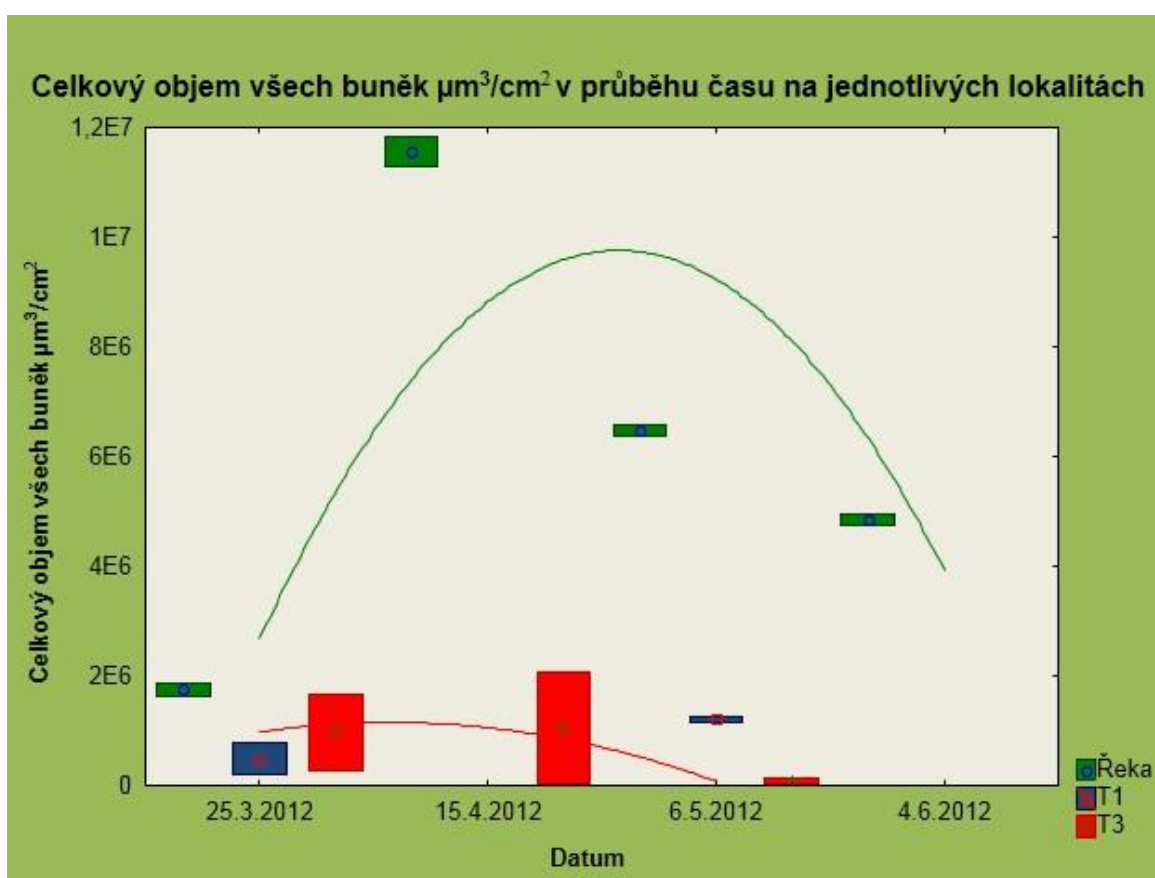
Pro zjištění, zdali se počet buněk na cm^2 signifikantně liší mezi zkoumanými biotopy ($\text{df}= 3, f=5,786, p=0,005$) a v čase ($\text{df}= 2, f= 3,066, p=0,046$) byla použita dvoucestná Anova. Tato metoda byla použita pro testování zbývajících parametrů týkajících se sklizeň (chl a , celkový objemem všech buněk $\mu\text{m}^3/\text{cm}^2$ a bezpopelná sušina). Jako vysvětlující proměnné byly u všech analýz týkajících se chl a , bezpopelné sušiny, počtu buněk a objem všech buněk ($\mu\text{m}^3/\text{cm}^2$) použity lokalita - Tůň 1, 3, Řeka a datum odběru. Tyto hodnoty byly přetransformovány jako faktoriální proměnné. Jako vysvětlující proměnné byly použity hodnoty počtu buněk na cm^2 , celkový objemem všech buněk $\mu\text{m}^3/\text{cm}^2$, bezpopelná sušina a chl a . Bylo zjištěno (Obr. 10), že nejvíce buněk narostlo v řece při třetím odběru. Řeka měla jasně viditelný jarní pík fyto-bentosu s jeho postupným poklesem pravděpodobně do období clear water, zatímco v tůňích tento jev nenastal. Tůň 3 měla největší počet buněk při prvním odběru a při dalších odběrech jejich počet klesal. U Tůň 1 byly pouze dva odběry, proto není možno usuzovat, jak by vývoj probíhal, kdyby zde voda byla, avšak je vidět stoupající trend v počtu buněk.



Obr. 10 Počet buněk na cm^2 v jednotlivých lokalitách. Rovnice regrese
(Řeka= $-3357,5577+4214,823*x-645,8461*x^2$),
(T3= $788,2799-635,9666*x+125,1633*x^2$)

5.3.2 Celkovým objemem všech buněk

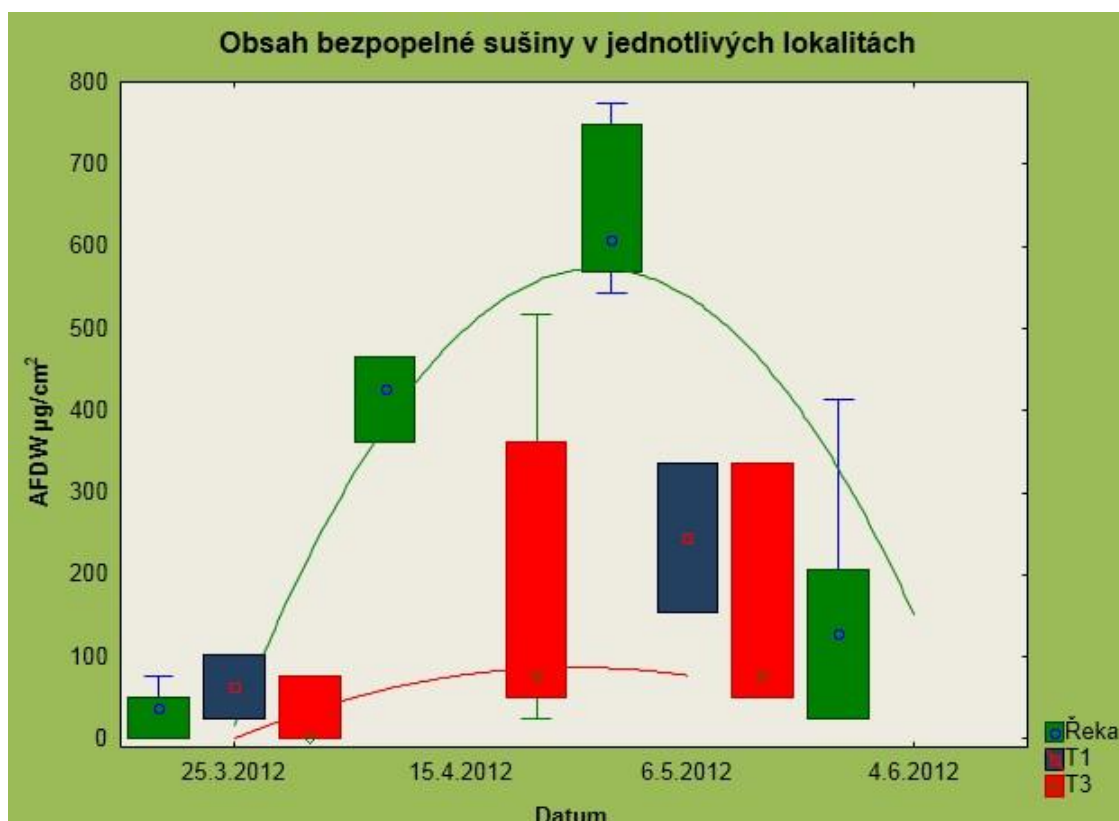
Pro zjištění, zdali se signifikantně liší celkový objemem všech buněk $\mu\text{m}^3/\text{cm}^2$ v jednotlivých biotopech ($df= 8$, $f= 48,654$, $p= 0,001$) a v čase ($df= 9$, $f= 59,526$, $p= 0,0001$), byla použita dvoucestná Anova. Z grafu (Obr. 11) vyplývá, že jarní pík fyto-bentosu počítaný z celkového objemu všech buněk neodpovídá jarnímu píku fyto-bentosu počítaného z počtu buněk, ale je posunutý o jeden odběr. Po jarním píku následuje kontinuální pokles biomasy sinic a řas. Tůň 1 vykazovala stejný trend jak v počtu buněk, tak i v jejich celkovém objemu. U tůň 3 byla nejvyšší biomasa naměřena při druhém odběru.



Obr. 11 Celkový objem všech buněk $\mu\text{m}^3/\text{cm}^2$ v průběhu času na jednotlivých lokalitách. Rovnice regrese (Řeka= $-9,2068E6+1,4737E7*x-2,8628E6*x^2$), (T3= $-1,6109E5+1,6682E6*x-5,2952E5*x^2$)

5.3.3 Bezpopelná sušina

Pro zjištění, zdali je rozdíl v objemu bezpopelné sušiny (Obr. 12) ve zkoumaných lokalitách ($df=3$, $f=29,177$, $p=0,001$) a v čase ($df=4$, $f=8,965$, $p=0,035$) byla použita stejná metoda jako v předchozím případě. Byl zjištěn stejný trend jako v případě počtu buněk na cm^2 . Je zde však jistý rozdíl v posledním měření u lokality řeka, kdy hodnota bezpopelné sušiny na rozdíl od počtu buněk klesá na relativně nízkou úroveň. Z grafu je patrné, že hodnota bezpopelné sušiny v posledním měření má velký rozptyl.

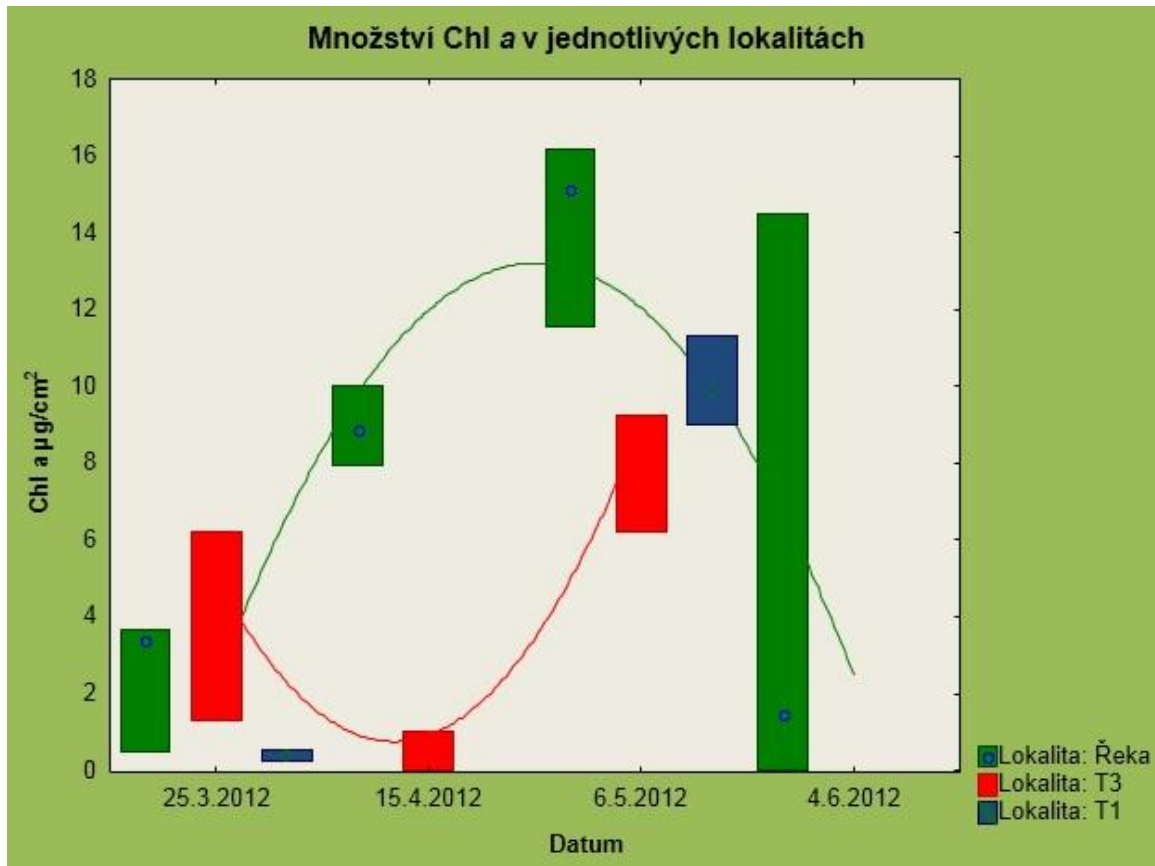


Obr. 12 Obsah bezpopelné sušiny v jednotlivých lokalitách. Rovnice regrese (Řeka= $-894,7028+1127,261*x-216,4083*x^2$), (T3= $-155,0388+193,7984*x-38,7597*x^2$)

5.3.4 Chlorofyl *a*

Bylo zjištěno, že množství chlorofylu *a* se signifikantně liší na zkoumaných lokalitách ($df=5$, $f=15,352$, $p=0,041$) i v čase ($df=4$, $f=20,83$, $p=0,0463$), viz Obr. 13. Řeka a Tůň 1 měly podobný trend, jako byl zaznamenán u výsledků bezpopelné sušiny a počtu buněk na

cm². Naopak Tůň 3 měla zcela jiný průběh, kdy největší obsah chl *a* byl zaznamenán při posledním odběru.



Obr. 13 Množství Chl *a* v jednotlivých lokalitách. Rovnice regrese (Řeka= $16,9173+24,0472*x-4,7983*x^2$), (T3= $21,3558-22,4561*x+6,1172*x^2$)

5.3.4.1 Ověření správnosti výsledků chl *a*

Jelikož výsledky chlorofylu *a* nesouhlasí s ostatními provedenými analýzami, byly provedeny lineární regrese mezi chl *a*, bezpopelnou sušinou, počtem buněk na cm² a celkovým objemem všech buněk µm³/cm². Korelační koeficient chlorofylu *a* byl mezi počtem buněk na cm² a celkovým objemem všech buněk µm³/cm² velmi malý (Přílohy 12-16) i přesto je chlorofyl *a* pro další hodnocení ponechán, jelikož je velmi důležitým faktorem primární produkce.

5.4 “Relativní primární produkce“

Relativní primární produkce není v tomto případě každodenní odběr narostlé biomasy, ale pouze sklizeň vydělená počtem dnů mezi jednotlivými odběry. Pod pojem Relativní primární produkce zahrnujeme všechny změny, jako je růst, migrace, úhyn, sežrání, odnesení proudem, atd. buněk. Proto tato kapitola spíše slouží jako doplňková k předchozí kapitole, ale je současně důležitým indikátorem rozvoje nebo ústupu společenstva. Vždy bylo snahou dodržet intervaly mezi jednotlivými odběry s přesností na jeden až dva dny, což se celkem dařilo až na interval mezi třetím a čtvrtým odběrem, kdy došlo k technickým závadám na dopravních prostředcích a nebylo možné vzorky odebrat ve stanoveném termínu. Počty dnů mezi jednotlivými odběry jsou uvedeny v Tab. 1.

Tab.1 Počet dnů mezi jednotlivými odběry

Termíny	Počet dnů
0-1	19
1-2	21
2-3	21
3-4	28

5.4.1 Počet buněk (relativní primární produkce)

Pro srovnání zdali se rychlost „růstu“ (růst, migrace, úhyn, sežrání, odnesení proudem) buněk na cm^2/den liší v čase ($df=3$, $f=2,895$, $p=0,05$), tak i v lokalitě ($df=3$, $f=8,066$, $p=0,005$) byla použita dvoucestná Anova. Tato metoda byla použita pro testování zbývajících parametrů týkajících se relativní primární produkce (chl a , celkový objemem všech buněk $\mu\text{m}^3/\text{cm}^2$ a bezpopelná sušina). Jako vysvětlující proměnné byly u všech analýz týkajících se chl a , bezpopelné sušiny, celkový objemem všech buněk $\mu\text{m}^3/\text{cm}^2$ a počtu buněk na cm^2 použity lokalita -Tůň 1, 3, Řeka a datum odběru. Tyto hodnoty byly přetransformovány jako faktoriální proměnné. Jako vysvětlující proměnné byly použity hodnoty počtu buněk, bezpopelné sušiny a chl a za den. Jelikož je relativní primární produkce korelována se sklizní

mají tyto veličiny stejný průběh i stejné chybové hodnoty v případě chl *a*. Počet buněk (Obr. 14) v Řece byl nejvyšší v období předpokládaného jarního píku fyto-bentosu. V Tůni 1 byl nejvyšší počet buněk při třetím odběru a u Tůně 3 byl nejvyšší počet buněk při prvním odběru, přičemž v dalších odběrech následoval pokles počtu buněk na cm^2/den .

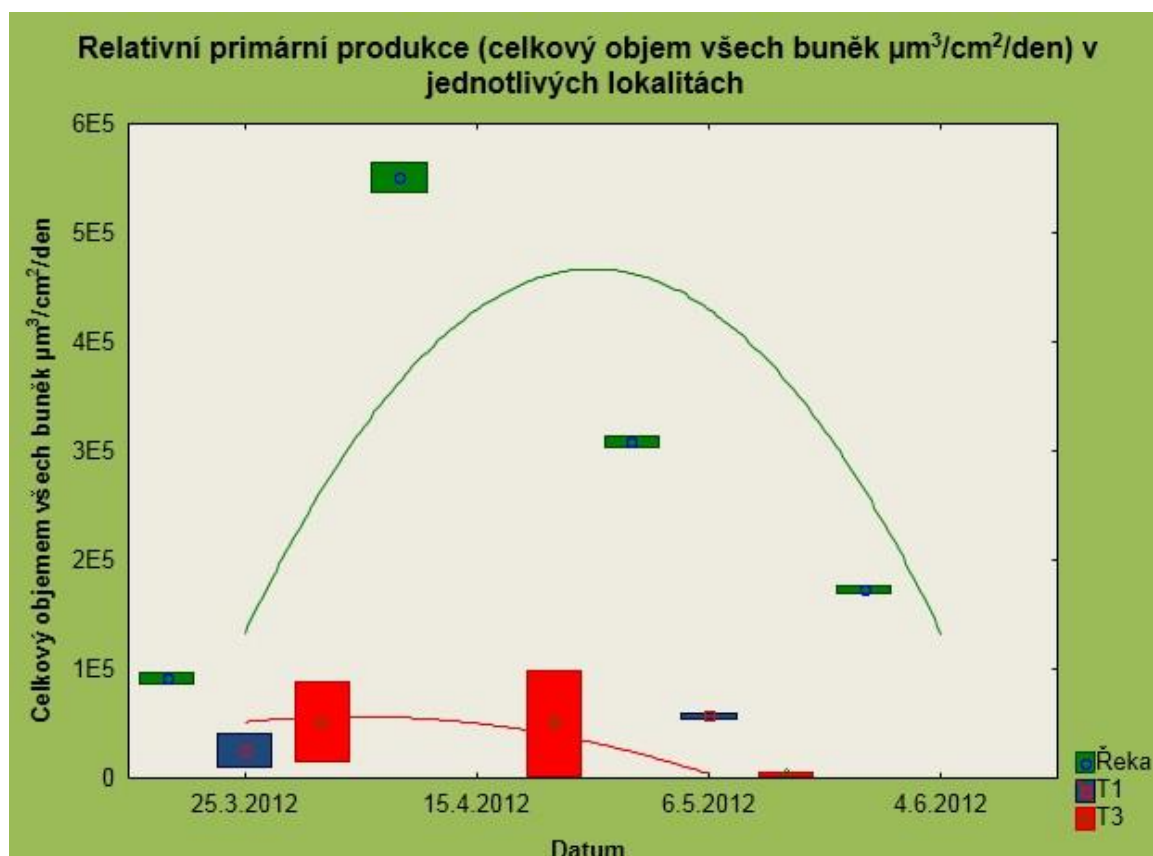


Obr. 14 Relativní primární produkce (počet buněk/ cm^2/den) v jednotlivých lokalitách. Rovnice regrese (Řeka= $-177,3864+228,7568*x-38,8507*x^2$), (T3= $44,1437-35,7896*x+7,0613*x^2$)

5.4.2 Celkový objem všech buněk (relativní primární produkce)

Pro zjištění, zdali se významně liší celkový objem všech buněk $\mu\text{m}^3/\text{cm}^2/\text{den}$ v jednotlivých habitatech ($df= 8$, $f= 34,856$ $p= 0,005$) a v čase ($df= 9$, $f= 48,471$, $p= 0,001$) byla použita dvoucestná Anova. Z grafu (Obr. 15) vyplývá, že jarní pík fyto-bentosu

celkového objemu všech buněk neodpovídá jarnímu píku fyto-bentosu počítaného z počtu buněk, ale je posunutý o jeden odběr, což se shoduje i s předešlými výsledky u sklizně. Po jarním píku následuje kontinuální pokles biomasy sinic a řas. Tůň 1 vykazovala stejný trend jak v počtu buněk, tak i v jejich celkovém objemu. U tůň 3 byla nejvyšší biomasa naměřena při druhém odběru. Tyto výsledky jsou naprosto totožné s výsledky sklizně.

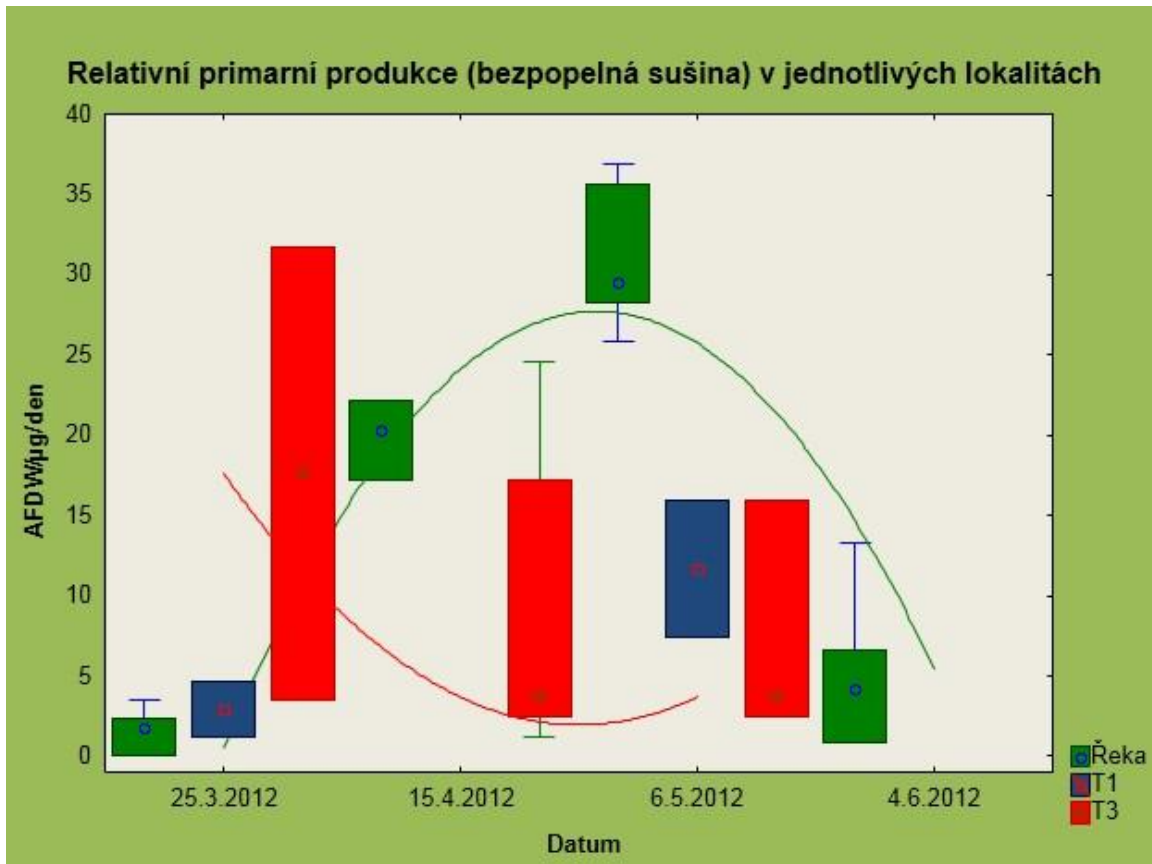


Obr. 15 Relativní primární produkce (celkový objem všech buněk $\mu\text{m}^3/\text{cm}^2/\text{den}$) v jednotlivých lokalitách. Rovnice regrese (Řeka= $-4,6205\text{E}5+7,4311\text{E}5*x-1,4859\text{E}5*x^2$), (T3= $7030,3016+67188,5834*x-22765,1124*x^2$)

5.4.3 Bezpopelná sušina (relativní primární produkce)

Pro zjištění, zdali je rozdíl v objemu bezpopelné sušiny ve zkoumaných lokalitách ($df=3$, $f=3,554$, $p=0,01$) a v čase ($df=4$, $f=5,149$, $p=0,009$) byla použita stejná metoda jako v předchozím případě. Byl zjištěn stejný trend jako v případě počtu buněk na cm^2/den tak i bezpopelné sušiny získané ze sklizně. Jako u bezpopelné sušiny získané ze sklizně je zde opět vidět jistý rozdíl v posledním měření u lokality Řeka, kdy hodnota bezpopelné sušiny na

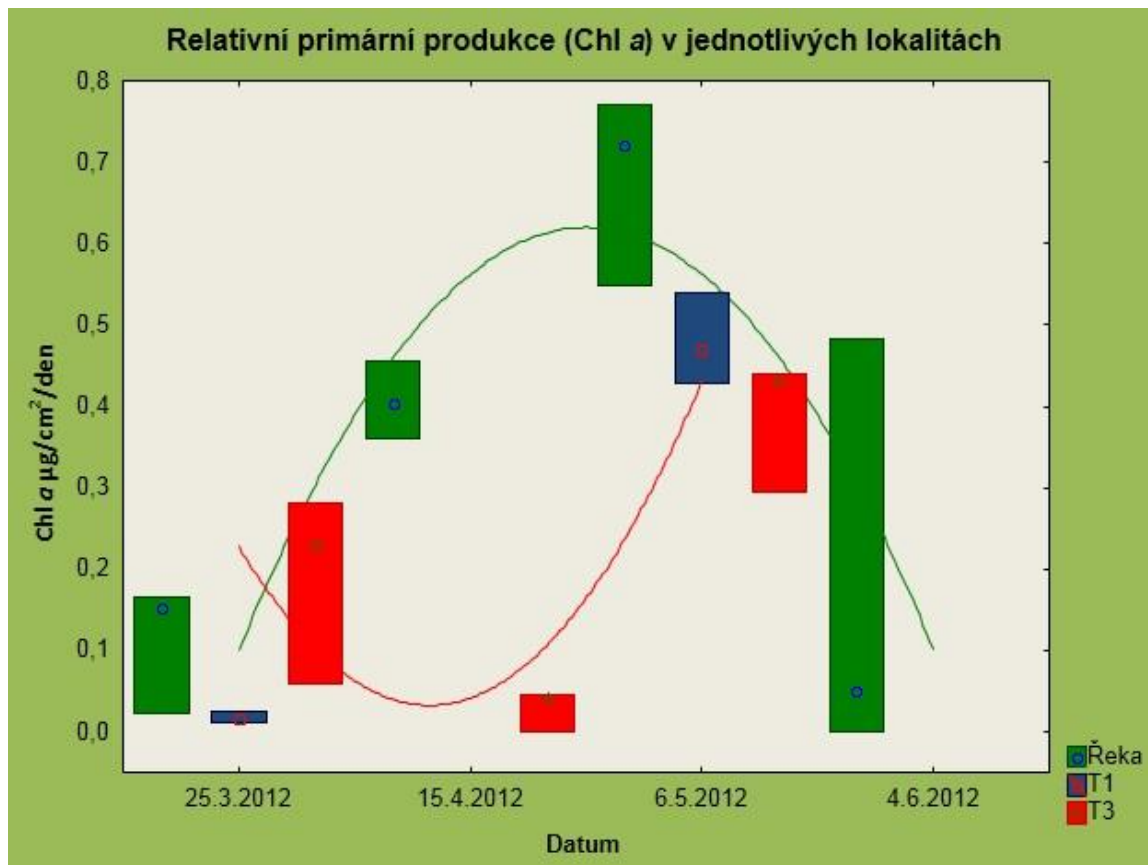
rozdíl od počtu buněk klesá na relativně nízkou úroveň. Z grafu (Obr. 16) je patrné, že hodnota bezpopelné sušiny v posledním měření má velký rozptyl.



Obr. 16 Relativní primární produkce (bezpopečná sušina/den) v jednotlivých lokalitách. Rovnice regrese (Řeka= $-45,0512+56,5251*x-10,9761*x^2$), (T3= $45,4713-34,8166*x+6,9633*x^2$)

5.4.4 Chl *a* (relativní primární produkce)

Bylo zjištěno, že množství chlorofylu *a* se signifikantně liší na zkoumaných lokalitách ($df= 5$, $f= 17,487$, $p= 0,032$) i v čase ($df= 4$, $f= 197,994$, $p= 0,005$), viz Obr. 17. Výsledky se shodují s výsledky sklizně. Řeka a Tůň 1 měly podobný trend, jaký byl zaznamenán u výsledků bezpopelné sušiny/den a počtu buněk na cm^2 /den. Naopak Tůň 3 měla zcela jiný průběh, kdy největší obsah chlorofylu *a* byl zaznamenán při posledním odběru.



Obr. 17 Relativní primární produkce (Chl a/den) v jednotlivých lokalitách. Rovnice regrese (Řeka= $-0,8233+1,1542*x-0,2307*x^2$), (T3= $0,9903-1,0501*x+0,2878*x^2$)

5.5 Zastoupení jednotlivých skupin sinic a řas v jednotlivých lokalitách v průběhu času

5.5.1 Z počtu buněk na cm^2

Dle počtu buněk na cm^2 z jednotlivých odběrů byl vytvořen graf zastoupení jednotlivých druhů-skupin sinic a řas a jejich postupná změna v čase.

Tůň 1

Z důvodu vyschnutí Tůně 1 nebyl získán kontinuální průběh sezony v této tůni (Obr. 18). V prvním odběru jasně dominuje skupina Chlorophyceae (především iniciální stadia, kokální typy, popřípadě kokální půdní řasy) a malé zastoupení má také skupina Xantophyceae. Mezi prvním a třetím odběrem se z vodního ekosystému stal ekosystém vlhké

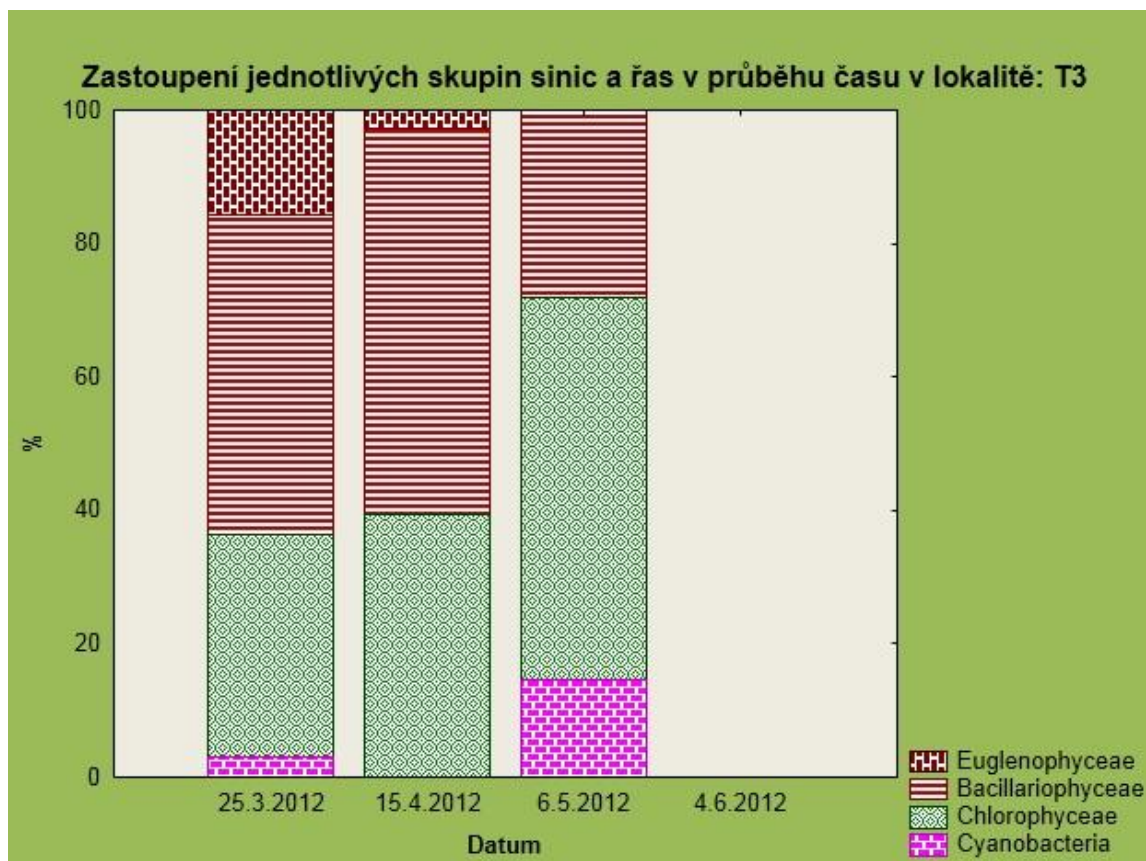
půdy. Ve třetím odběru se počet skupin zvýšil a došlo k částečnému snížení procentuálního zastoupení ze strany skupiny Chlorophyceae, ačkoliv tato skupina stále dominovala. Dalšími skupinami, které se při třetím odběru v Tůň 1 vyskytovaly, byly Xantophyceae, Cyanobacteria, Bacillariophyceae, Zygnematophyceae a Klebsormidophyceae. Čtvrtý odběr nebyl proveden z důvodu opětovného vyschnutí Tůň 1.



Obr. 18 Zastoupení jednotlivých skupin sinic a řas v průběhu času v lokalitě: T1

Tůň 3

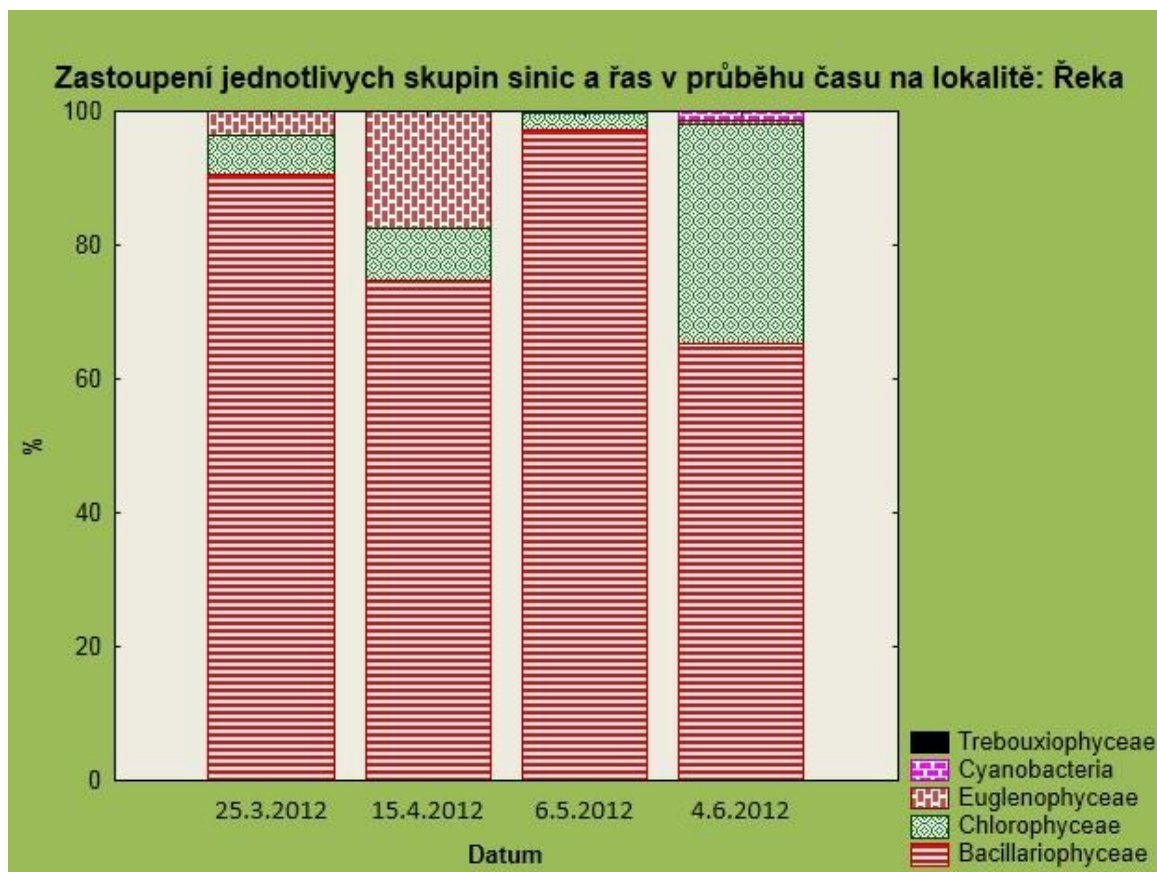
U Tůň 3 (Obr. 19) nedošlo k vyschnutí v průběhu sezony. V prvním odběru měly největší zastoupení skupiny Bacillariophyceae, Chlorophyceae a Euglenophyceae. S postupným oteplováním docházelo ke změnám v procentuálním zastoupení jednotlivých skupin, také se měnil počet skupin. Při druhém odběru převládaly skupiny Bacillariophyceae a Chlorophyceae, přičemž došlo ke snížení procentuálního zastoupení skupiny Euglenophyceae, které se již ve třetím odběru nevyskytovala a byla nahrazena skupinou Cyanobacteria. Při čtvrtém odběru nebyla nalezena žádná buňka na umělých nosičích.



Obr. 19 Zastoupení jednotlivých skupin sinic a řas v průběhu času v lokalitě: T3

Řeka

V lokalitě řeka (Obr. 20) jasně dominovaly řasy ze skupiny Bacillariophyceae. Při prvním odběru se společně s dominantními rozsivkami vyskytovaly i řasy ze skupiny Chlorophyceae a Euglenophyceae. Euglenophyceae, dosáhly svého maxima při druhém odběru a následně došlo k jejich vymizení. Chlorophyceae se kontinuálně vyskytovaly po celou dobu pozorování a svého maxima dosáhly při čtvrtém odběru, kdy se společně s nimi vyskytly zástupci Cyanobacteria. Naprostá převaha rozsivek nastává při předpokládaném jarním píku fyto-bentosu, což znamená při třetím odběru.



Obr. 20 Zastoupení jednotlivých skupin sinic a řas v průběhu času v lokalitě: Řeka

5.5.2 Z celkového objemu všech buněk $\mu\text{m}^3/\text{cm}^2$

Z celkového objemu všech buněk $\mu\text{m}^3/\text{cm}^2$ z jednotlivých odběrů byl vytvořen graf zastoupení jednotlivých skupin sinic a řas a jejich postupná změna v čase.

Tůň 1

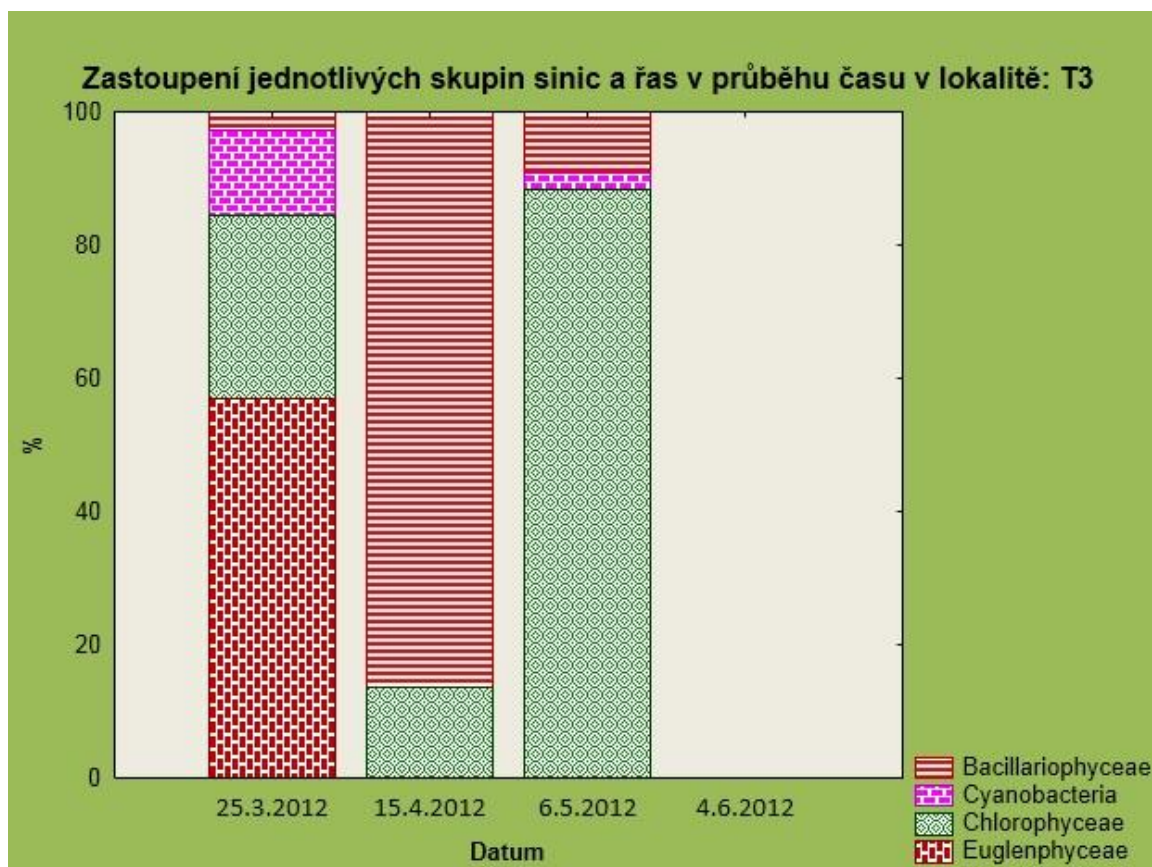
V tůni T1 (Obr. 21) byly v prvním odběru dominantní řasy ze skupiny Chlorophyceae, oproti výsledkům získaných z počtu buněk na cm^2 se zde ve větší míře vyskytují řasy ze skupiny Xantophyceae a Zygnematophyceae. Mezi druhým a třetím odběrem tůň vyschla a stal se z ní ekosystém vlhké půdy, který byl opětovně zaplaven. Při třetím odběru byly zelené řasy stále dominantní, ačkoliv velké biomasy dosáhly Bacillariophyceae a biomasa Xantophyceae se také zvýšila oproti prvnímu odběru. Ostatní skupiny řas měly velice malé zastoupení a na grafu nejsou vidět.



Obr. 21 Zastoupení jednotlivých skupin sinic a řas v průběhu času v lokalitě: T1

Tůň 3

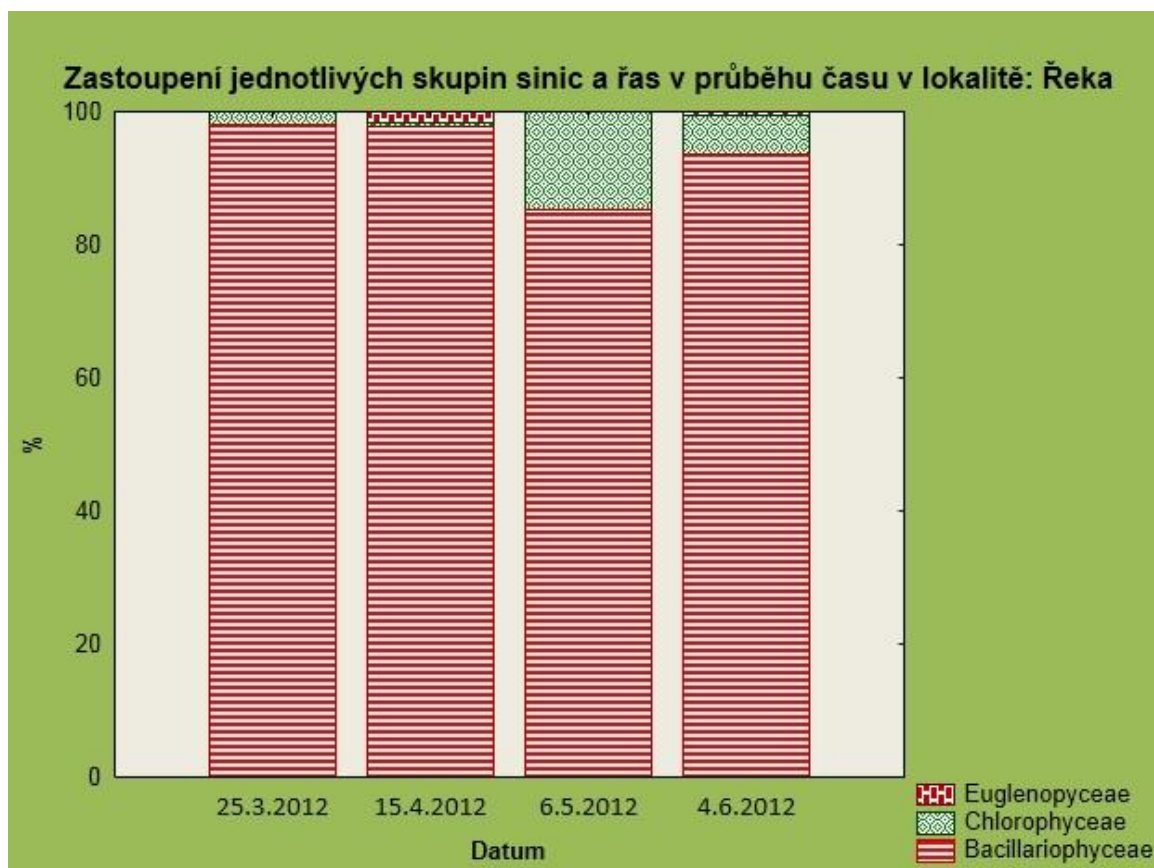
V Tůni 3 (Obr. 22) bylo nejvíce skupin v prvním odběru, s postupným ohříváním vody tůně se počet skupin snižoval. Graf si opět neodpovídá s výsledky, které byly získány z počtu buněk na cm^2 . V prvním odběru jasně převažovaly řasy ze skupiny Euglenophyceae, dalšími skupinami, které měly větší zastoupení v prvním odběru, byly Chlorophyceae a Cyanobacterie. Při druhém odběru došlo k jasnému převládnutí skupiny Bacillariophyceae, která měla v prvním odběru malou biomasu. Při třetím odběru došlo k vytlačení rozsivek, které byly vytlačeny zelenými řasami. Při čtvrtém odběru nebyla na nosičích zaznamenána jediná autotrofní buňka.



Obr. 22 Zastoupení jednotlivých skupin sinic a řas v průběhu času v lokalitě: T3

Řeka

V lokalitě řeka jasně dominovaly rozsivky v každém odběru. V prvním odběru měly malé zastoupení zelené řasy. Při druhém odběru měly malé zastoupení zelené řasy a Euglenophyceae. Ve třetím odběru došlo k nárůstu biomasy zelených řas, které v tomto odběru dosáhly svého maxima. Ve čtvrtém odběru se opět jejich biomasa snížila a ve velmi malé míře se opět objevily řasy ze skupiny Euglenophyceae.



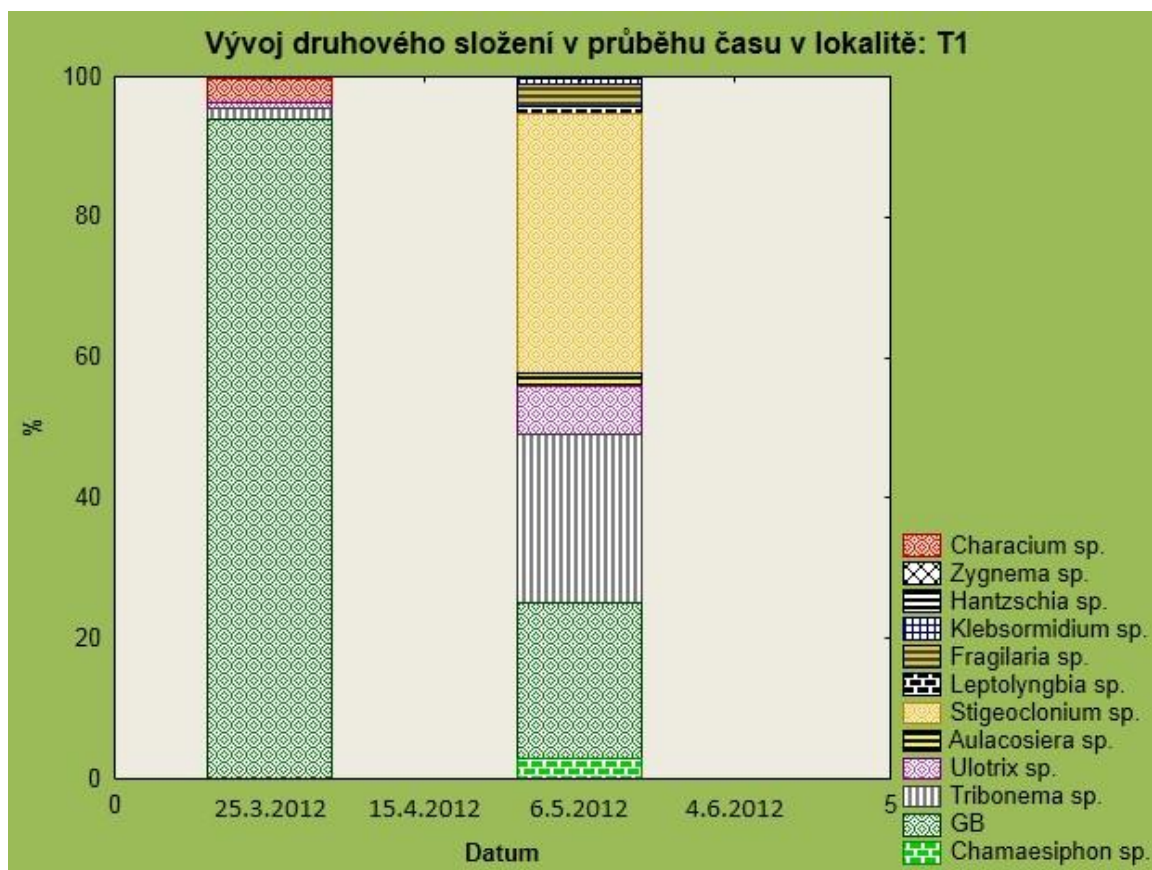
Obr. 23 Zastoupení jednotlivých skupin sinic a řas v průběhu času v lokalitě: Řeka

5.6 Vývoj druhového složení v jednotlivých lokalitách

5.6.1 Z počtu buněk na cm^2

Tůň 1

V prvním odběru (Obr. 24) převažovaly zelené koule (GB), toto označení je používáno pro neidentifikované druhy ve tvaru koule. V tomto případě se pravděpodobně jednalo o půdní řasy a iniciální stádia ostatních druhů řas. V prvním odběru byly také nalezeny *Tribonema* sp. ze skupiny Xantophyceae a zelené řasy *Characium* sp. a *Ulothrix* sp. Ve třetím odběru se počet zelených koulí snížil. Jejich zastoupení bylo prakticky totožné s *Tribonema* sp. Jako nejpočetnější druh se jeví *Stigeoclonium* sp. následovaný již zmíněnou *Tribonema* sp. a zelenými koulemi. Dále je z grafu patrný výskyt sinic a rozsivek ve třetím odběru.



Obr. 24 Vývoj druhového složení v průběhu času v lokalitě: T1

Tůň 3

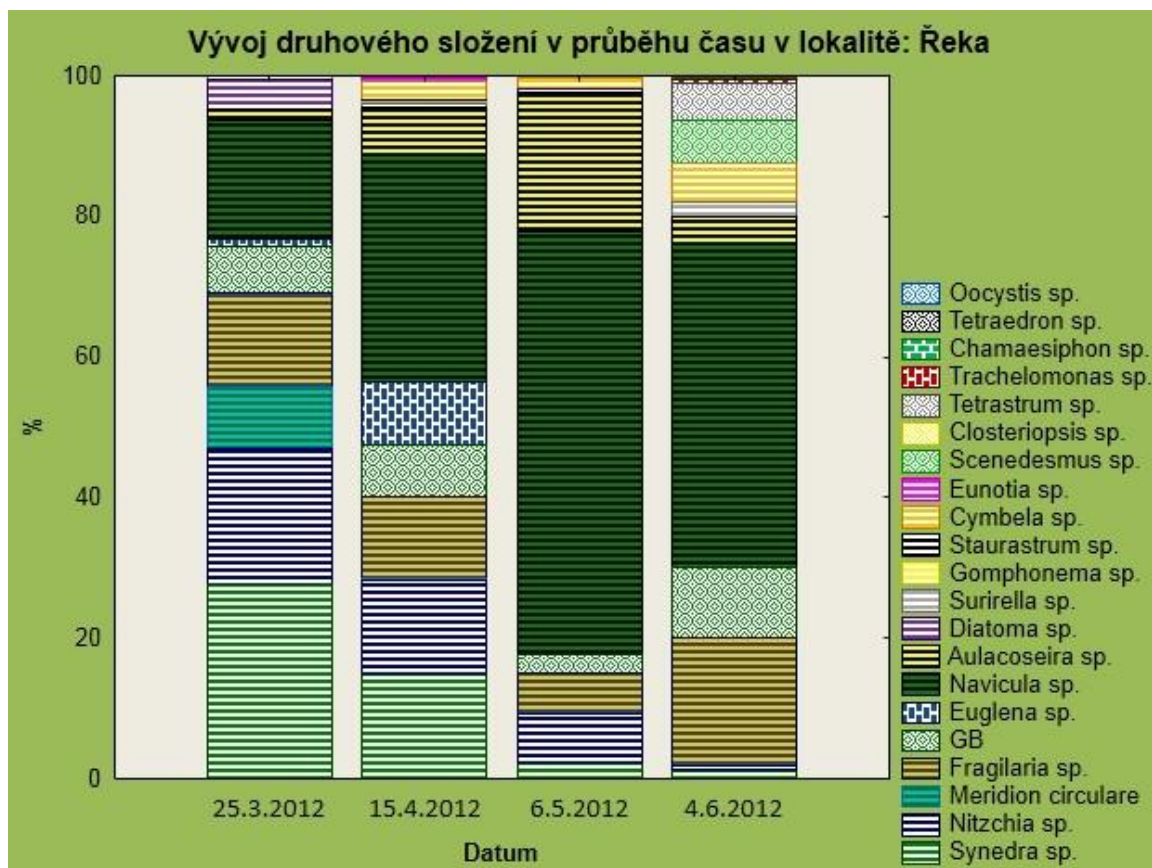
V prvním odběru měly převahu zelené koule (Obr. 25), které byly přítomny v každém dalším odběru přibližně ve stejné míře. První odběr se vyznačoval relativně vysokou diversitou oproti dalším odběrům. Při druhém odběru měly největší zastoupení rozsivky konkrétně *Navicula* sp. a *Synedra* sp. a naopak došlo k poklesu u druhu ze skupiny Euglenophyceae konkrétně u *Trachelomonas* sp., který měl v prvním odběru větší zastoupení a ve třetím odběru zcela zmizel. Třetí odběr se vyznačoval převahou zelených řas konkrétně zelených koulí a *Stigeoclonium* sp.



Obr. 25 Vývoj druhového složení v průběhu času v lokalitě: T3

Řeka

Řeka měla ve svém druhovém složení převahu rozsivek v každém odběru (Obr. 26). Skupiny druhů jako *Synedra* sp. a *Nitzschia* sp. měly nejvyšší zastoupení v prvním odběru a v každém dalším odběru se jejich počet snižoval. Skupiny druhů jako *Fragilaria* sp. a zelené koule měly podobně procentuální zastoupení v každém odběru. Druhy jako *Navicula* sp. a *Aulacoseira* sp. měly při prvním odběru menší zastoupení, které se v průběhu času zvyšovalo, přičemž největší procentuální zastoupení měly při jarním píku fyto-bentosu a následně se jejich zastoupení v období „clear water“ snížilo.

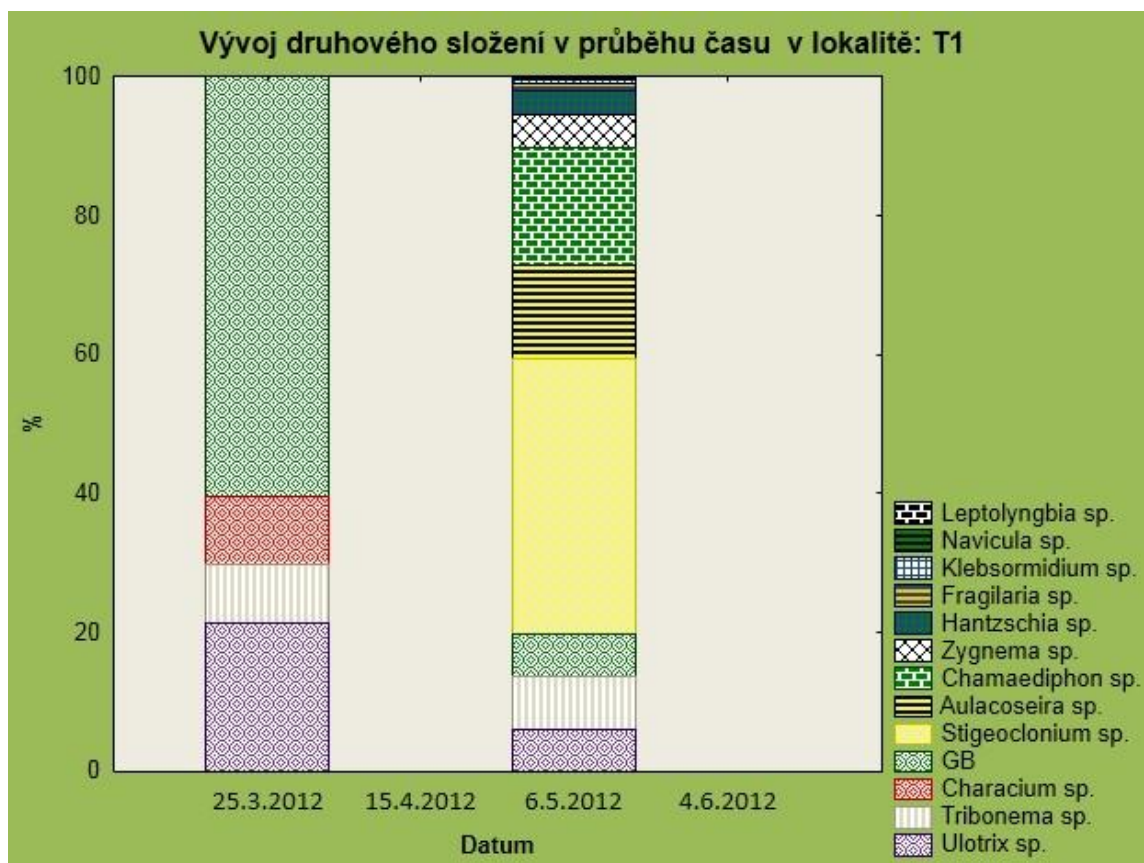


Obr. 26 Vývoj druhového složení v průběhu času v lokalitě: Řeka

5.6.2 Z celkového objemu všech buněk $\mu\text{m}^3/\text{cm}^2$

Tůň 1

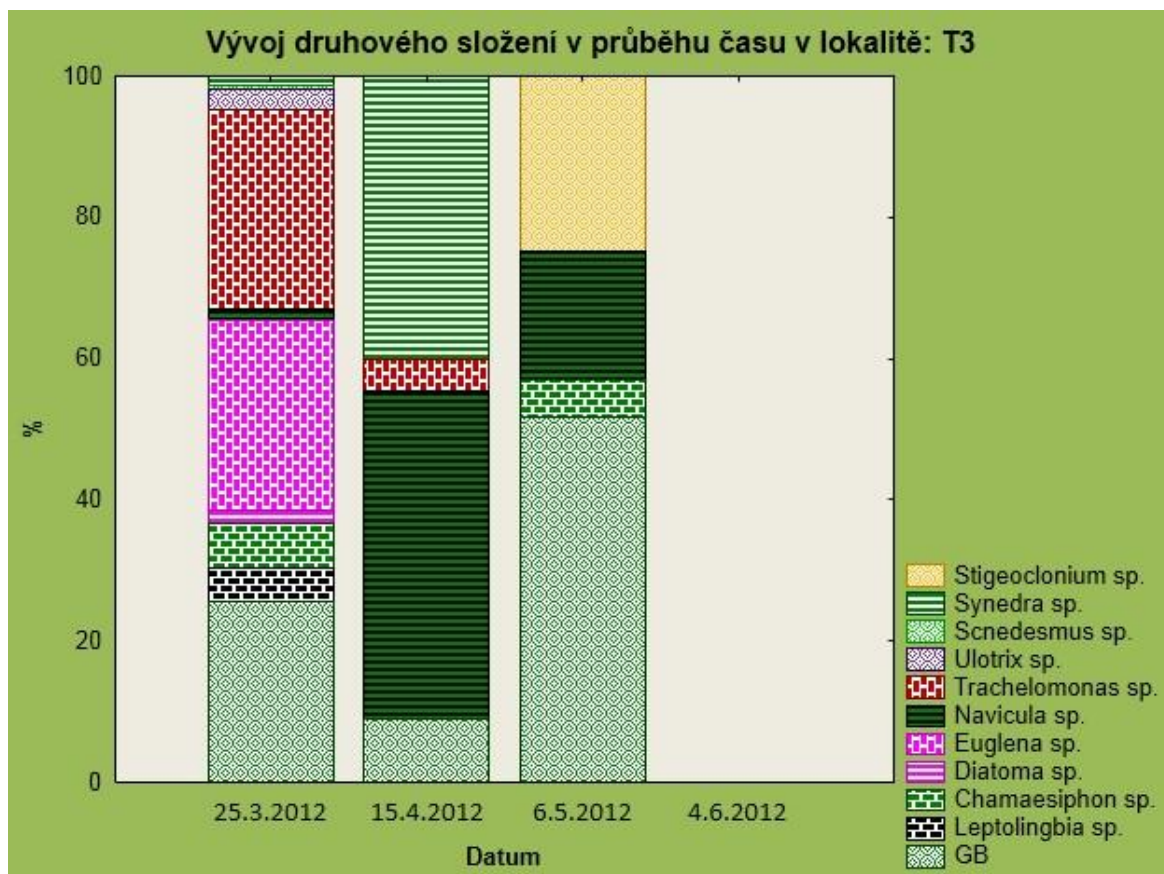
V Tůni 1 (Obr. 27) v prvním odběru převládaly zelené koule (GB), což jsou převážně půdní kokální řasy a iniciační stádia ostatních řas, které ještě není možné identifikovat. Dále se zde vyskytovaly další druhy, jako byly *Ulotrix* sp., *Characium* sp. a *Tribonema* sp. Jak již bylo zmíněno, mezi prvním druhým odběrem tůň vyschla. Ve třetím odběru mělo největší zastoupení *Stigeoclonium* sp. následované *Chamaesiphon* sp., *Aulacoseira* sp. a dalšími druhy se snižující se biomasou.



Obr. 27 Vývoj druhového složení v průběhu času v lokalitě: T1

Tůň 3

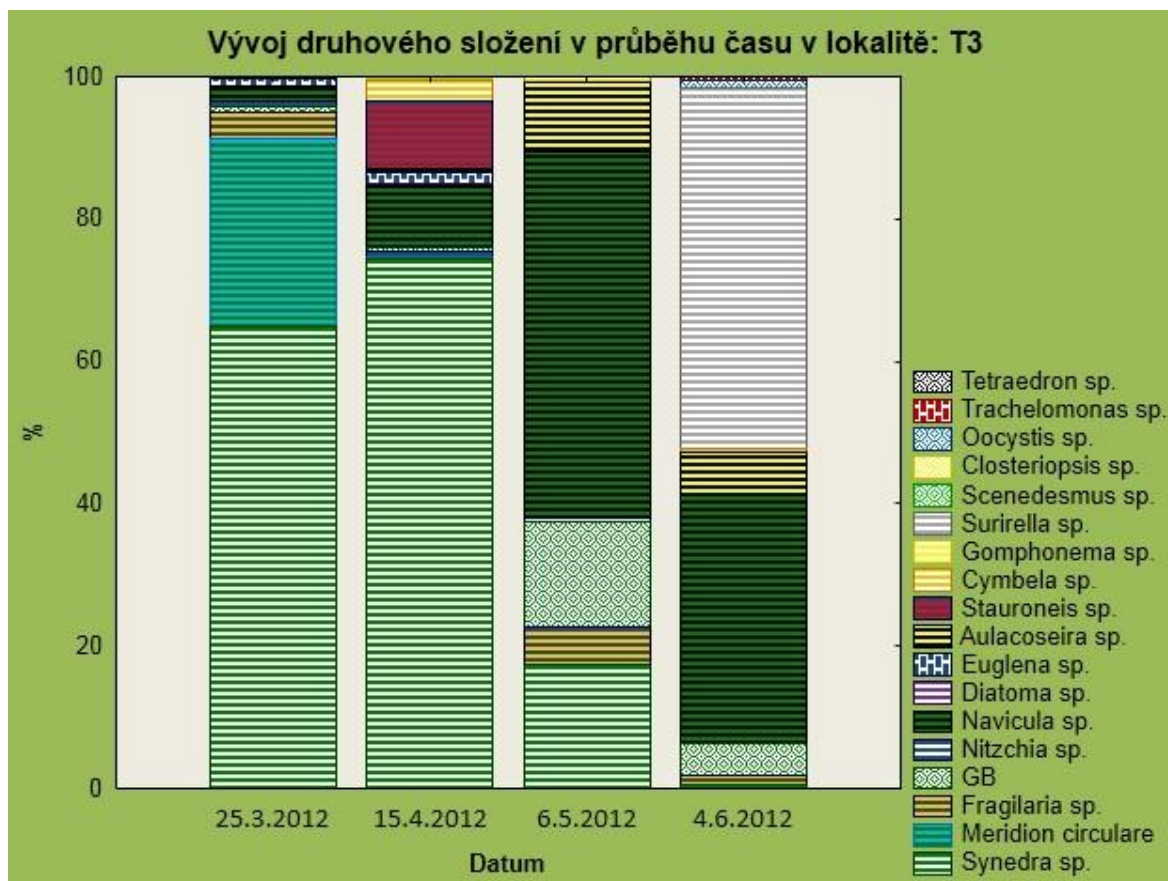
V Tůni 3 (Obr. 28) byla největší diverzita v prvním odběru, s ohříváním tůně se počet zástupců snižoval. V prvním odběru převažovaly řasy ze skupiny Euglenophyceae, konkrétně *Trachelomonas* sp. a *Euglena* sp. stejně jako v Tůni 1 se i zde vyskytovaly zelené koule, které dosáhly svého maxima ve třetím odběru. V prvním odběru se také vyskytovaly sinice konkrétně *Chamaesiphon* sp. a *Leptolyngbia* sp., které se v následujících odběrech již neobjevily. V druhém odběru převažovaly rozsivky *Synedra* sp. a *Navicula* sp. Ty měly v prvním odběru nepatrné zastoupení. Ve třetím odběru došlo vymizení *Synedra* sp. a převládnutím zelených koulí.



Obr. 28 Vývoj druhového složení v průběhu času v lokalitě: T3

Řeka

V lokalitě Řeka (Obr. 29) byla jasná převaha rozsivek. Oproti počtu buněk vypadají výsledky poněkud jinak. Jsou zde rozsivky, které se objevily na umělých nosičích pouze jednou jako je například *Meridion circulare* v prvním odběru, *Cymbela* sp. a ve druhém odběru, či *Surirella* sp. v posledním odběru. *Synedra* sp. dosahovala nejvyšší biomasy v prvním a druhém odběru, ve třetím odběru se její biomasa značně snížila a ve čtvrtém odběru téměř vymizela. Biomasa *Navicula* sp. se s oteplováním řeky postupně zvyšovala, kdy ve třetím odběru dosáhla svého maxima a ve čtvrtém odběru se její biomasa snížila. Biomasa ostatních druhů byla zanedbatelná a značně fluktuovala v průběhu času.



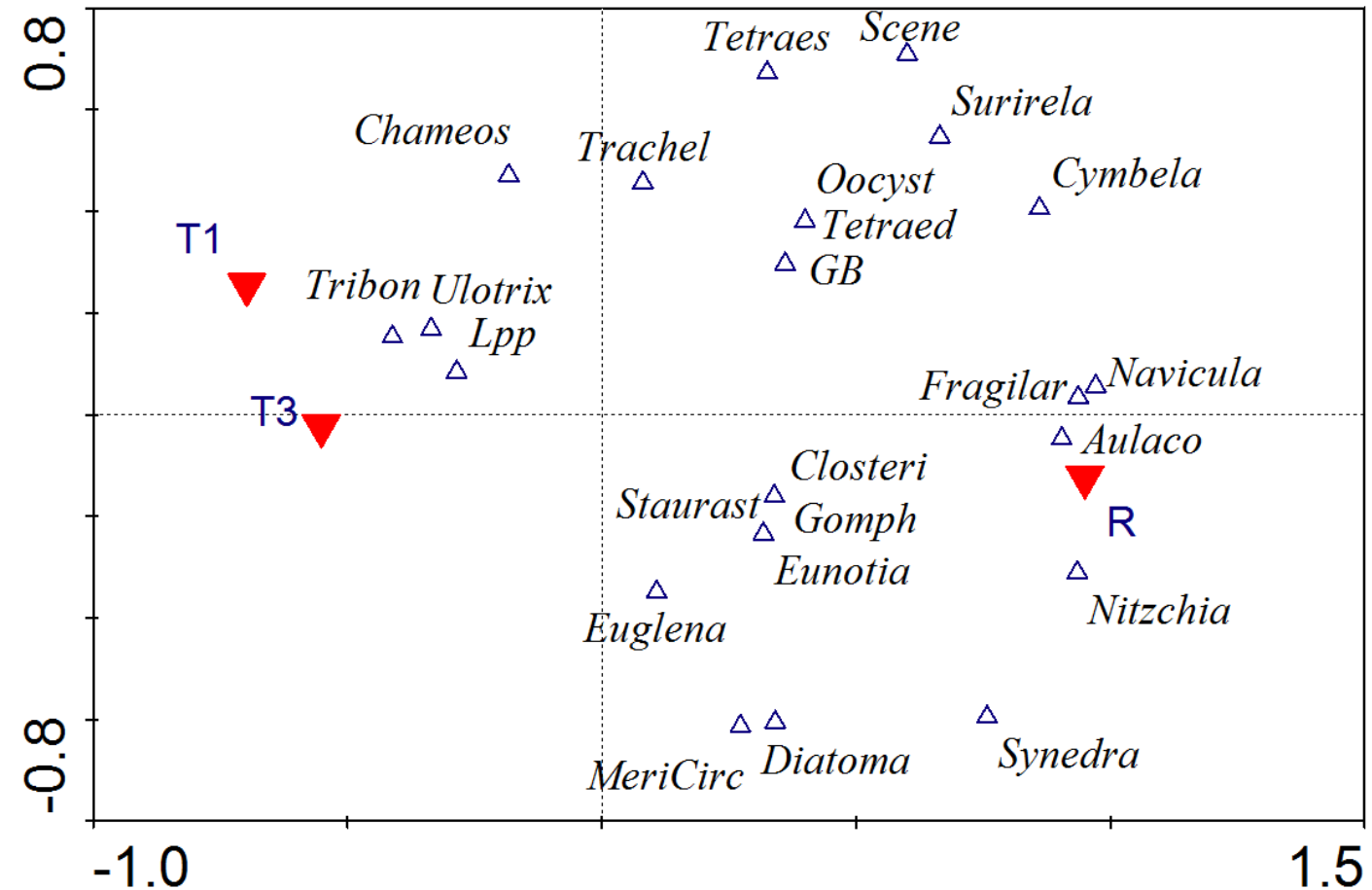
Obr. 29 Vývoj druhového složení v průběhu času v lokalitě: Řeka

5.7 Příslušnost druhů k jednotlivým lokalitám a environmentálním faktorům prostředí

Analýza hlavních komponent

Pro zjištění, zdali použít lineární či unimodální metodu pro zkoumání příslušností druhů k jednotlivým lokalitám byla provedena detrendovaná korespondenční analýza (DCA), bylo zjištěno, že délka gradientu je 2,397 a proto byla vybrána lineární metoda. Jako lineární metoda byla vybrána analýza hlavní komponent (PCA), která vysvětlila 64 % variability. Jako vysvětlující proměnné byly použity jednotlivé lokality. Proměnné byly logaritmovány a centrovány. Z ordinačního diagramu (Obr. 31) jasně vyplývá příslušnost druhů, nebo skupin druhů, jako jsou *Fragilaria* sp., *Navicula* sp., *Aulacoseira* sp., *Nitzschia* sp. a *Synedra* sp. k lokalitě řeka. K lokalitě Tůň 1 mají určitou afinitu druhy, nebo skupiny druhů, jako jsou

Tribonema sp., *Ulothrix* sp. či *Chamaesiphon* sp. Tůň 3 nebyla svým druhovým složením specifická a byl to spíše mix řeky a Tůně 1. Ostatní druhy neměly zcela vyhraněnou příslušnost k jednotlivým lokalitám.

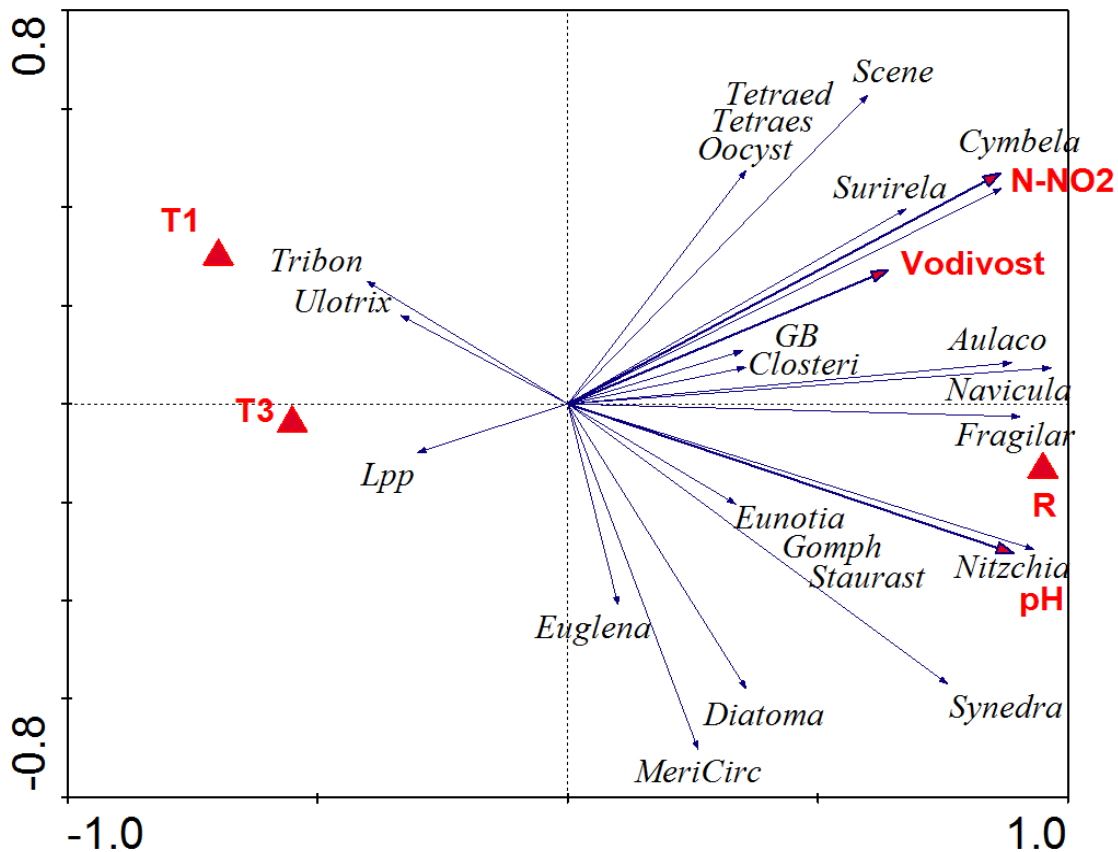


Obr. 31 PCA ordinační diagram příslušnosti druhů k jednotlivým lokalitám.

Redundanční analýza

Pro zjištění jaké měřené faktory ovlivňují druhové složení perifytonu, byla díky délce gradientu (2,397) vybrána redundanční analýza (RDA). RDA vysvětlila 61,1% variability. Jako vysvětlující proměnné byly použity všechny měřené chemické a fyzikální parametry vody a jednotlivé lokality. Jako vysvětlovaná proměnná bylo použito druhové složení z jednotlivých odběrů a lokalit. Proměnné byly logaritmovány a centrovány. Jako faktory, které průkazně ovlivňovaly složení společenstva ve sledované sezoně 2012, byly: Řeka ($f=13,858$, $p=0,002$), Tůň 1 ($f=1,745$, $p=0,05$), Tůň 3 ($f=1,352$, $p=0,05$), $N-NH_4$ ($f=4,321$, $p=$

0,002), Vodivost ($f=2,313$, $p= 0,016$), pH ($f= 2,068$, $p= 0,032$). Z ordinačního diagramu (Obr. 32) je opět vidět jistou afinitu již zmíněných druhů v předchozím odstavci k lokalitám. Dále je možné vidět že *Nitzchia* sp., *Synedra* sp., *Eunotiasp.*, *Gomphonema* sp. a *Staurastrum* sp. preferují vyšší pH, které je v řece. Také by se dalo usuzovat, že tyto druhy se v tůních nevyskytují, nebo zde mají pouze malou četnost. Naopak *Tribonema* sp. a *Ulotrix* sp. preferují spíše nižší pH a proto se vyskytují v tůních kde pH nedosahuje takových hodnot. Stejně tak by se dalo usuzovat i o *Surirella* sp. a *Cymbella* sp. tyto druhy se v tůních nevyskytují a preferují vyšší vodivost a vyšší hodnoty N-NO₂. Legenda k oběma ordinačním diagramům se nachází v tabulce 2-3



Obr. 32. RDA Ordinační diagram faktorů, které ovlivňují druhové složení perifytonu říční nivy.

Tab. 2 Legenda k Obr. 32-32

Zkratka	Lokalita
T1	Tůň 1
T3	Tůň 3
R	Řeka

Tab. 3 Legenda k Obr. 31-32

Zkratka	Latinský název
Tribon	<i>Tribonema sp.</i>
Ulotrix	<i>Ulotrix sp.</i>
Lpp	<i>Leptolyngbya sp.</i>
Staurast	<i>Staurastrum sp.</i>
Euglena	<i>Euglena sp.</i>
MeriCirc	<i>Meridion circulare</i>
Diatoma	<i>Diatoma sp.</i>
Closteri	<i>Closteriopsis sp.</i>
Gomph	<i>Gomphonema sp.</i>
Eunotia	<i>Eunotia sp.</i>
Synedra	<i>Synedra sp.</i>
Nitzchia	<i>Nitzschia sp.</i>
Aulaco	<i>Aulacoseira sp.</i>
Fragilar	<i>Fragilaria sp.</i>
Navicula	<i>Navicula sp.</i>
GB	Zelené koule
Tetrard	<i>Tetraedron sp.</i>
Oocyst	<i>Oocystis sp.</i>
Cymbela	<i>Cymbella sp.</i>
Surirela	<i>Surirella sp.</i>
Scene	<i>Scenedesmus</i>
Tetraes	<i>Tetrastrum sp.</i>
Chameos	<i>Chamaesiphon sp.</i>
Trachel	<i>Trachelomonas sp.</i>

6. Diskuze

Studií, které by se zabývaly ekologií říční nivy, není příliš mnoho. Když už nějaké existují, byly převážně prováděny v tropických a subtropických oblastech velkých řek (Baley, 1995; Junk, a kol 1989; Middleton, 2002; Gregory a kol. 1991; Tockner a kol. 1998). O říčních nivách temperátních oblastí není dostatek informací (Prach a kol. 1996; Stevenson a kol. 1996). Tento trend platí i o perifytonu záplavových oblastí, který je částečně prozkoumán v tropických (Goldsborough & Robinson 1996; Junk & Da Silva 1995; Rodrigues & Bicudo 2001; Stevenson a kol. 1996) a v polárních oblastech (Elster a kol. 1995; Elster & Svoboda 1995; Elster & Svoboda 1996; Elster a kol. 1997; Elster a kol. 2001; Elster & Komárek 2003; Kubečková a kol. 2001; Lúscínska & Kyc 1993; Mataloni, 1999; Pithart a kol. 1996; Sheath & Muller 1997; Vincent & Howard-Williams 1989; Vincent a kol. 1993), ostatní oblasti nejsou prozkoumány. Fenomén jarních povodní je prozkoumán ještě méně, zřejmě z důvodu náročnosti jeho studia a sezonnosti tohoto fenoménu. Například neexistuje žádný model, který by předpovídal výskyt určitého společenstva fytoENTOSU vzhledem k charakteru záplav (Elster a kol. 2002; Prach a kol 1996).

6.1 Chemické a fyzikální parametry vody

Jaro roku 2012 se vymykalo představám o záplavách v říční nivě. Tato sezona byla sušší, teplejší a povodně se vzhledem ke kontinuálnímu oteplování v průběhu měřené sezóny nevyskytly. Přičemž množství sněhu, které se v novohradských horách nacházelo, nebylo zanedbatelné, ba naopak ho zde bylo větší množství než v předchozích letech (Nepublikovaná data, ČHMU, ENKI). Dle Elster a kol. (2002) a Elster (1999); Stevenson a kol. (1996) je množství vody, které protéká a doba po kterou voda protéká říční nivou klíčovými faktory, které ovlivňují složení společenstva fytoENTOSU tůní říční nivy a jeho následnou sukcesí. Teplotní režim jednotlivých habitatů do jisté míry určuje složení společenstva sinic a řas a jeho dynamiku. To je dáno především odolností organismů na krátkodobé a dlouhodobé změny teplot (Stevenson a kol. 1996). Není překvapivé, že se vodivost tůní od řeky liší, jelikož tuto sezónu nebyly tůně naplněny jarní povodní, ale roztátým sněhem a průsakovou vodou. Ačkoliv je překvapující, že Tůň 3, která je plněna převážně průsakovou vodou, měla

na začátku velice malou vodivost. Tento fakt je pravděpodobně způsoben velkou vrstvou ledu a množstvím sněhu, kterým byla tato tůň pokryta. Jak již bylo řečeno, zdroj vody pro tůň je z části průsaková voda, proto nebyl rozdíl v pH mezi lokalitami příliš vysoký (Prach a kol. 1996), i když průběh hodnot mezi Řekou a Tůň 1 byl odlišný. U Řeky a Tůň 3 docházelo k postupnému zvyšování pH. Vrchol nastal při druhém odběru odčerpáním volného CO₂, díky vysoké fotosyntetické aktivitě (Kalff, 2002; Maberly & Spence 1983; Stevenson a kol. 1996). U Tůň 1, která byla při druhém odběru téměř vyschlá, došlo k výraznému poklesu pH díky ohřátí vody, které spustilo dekompoziční procesy stařiny cévnatých rostlin (Prach a kol. 1996; Rodrigues & Bicudo 2001; Stevenson a kol. 1996). Fakt, že míra dekompozice byla v tomto období vysoká a způsobila pokles pH potvrzuje i hodnota N-NH₄, která svého maxima dosáhla v Tůň 1 při druhém odběru. Zároveň v Tůň 1 docházelo i k denitrifikaci, což potvrzují hodnoty N-NO₃ v Tůň 1. Vysoká hodnota N-NH₃ v řece byla pravděpodobně způsobena splachem hnojiv z okolních polí, či fekálním znečištěním. Vysoká hodnota celkového fosforu v tůň 3 při instalaci nosičů byla pravděpodobně způsobena anoxickými podmínkami, jelikož celá tůň byla pokryta při instalaci nosičů 30 cm silnou vrstvou ledu. K uvolnění fosforu ze sedimentu došlo díky změně redoxního potenciálu (Kalff, 2002). Fosfor byl následně využit primárními producenty k vytvoření vlastní biomasy, jelikož při prvním odběru byla zaznamenána výrazně nižší koncentrace celkového fosforu. Vysoké hodnoty jak celkového organického dusíku, tak i fosforu značí, že výkyvy anorganických forem těchto sloučenin nebyly zásadní pro celkové množství dusíku a fosforu v tomto ekosystému. Zdá se, že říční niva řeky Lužnice není limitována fosforem ani dusíkem. Poměr mezi N:P byl 1:4,9-81,1. Spíše je zde nadbytek fosforu. Pokud nějaká limitace nastala, byla velice krátká a pravděpodobně nedošlo k ovlivnění primární produkce (Elster & Komárek 2003).

6.2 Standing crops-sklizeň

Aby naše výsledky byly věrohodné, byly provedeny čtyři metody pro stanovení sklizně fyto-bentosu. Byl zjištěn jarní pík fyto-bentosu v řece. V tůňích se neprojevil, pravděpodobně z důvodu nevhodných podmínek prostředí (vyschnutí, anoxické podmínky a malá průhlednost vody). Jarní pík fyto-bentosu počítaný z počtu buněk na cm² se vyskytl ve

třetím odběru na rozdíl od jarního píku fyto-bentosu počítaného z celkového objemu všech buněk $\mu\text{m}^3/\text{cm}^2$, který se vyskytl ve druhém odběru. Tento rozdíl je velice patrný a dalo by se usuzovat, že na začátku sezóny rostly buňky, které měly větší objem a menší abundanci na cm^2 . Dle Balley-Watts (1986) rostou na začátku sezóny větší buňky díky slabé herbivorii, zatímco v pozdějším období, kdy dojde k oteplení vody a herbivorů začne přibývat, se velikost buněk se sníží. Aby bylo možné s určitou přesností říct, kdy nastal největší rozvoj fyto-bentosu, je nutné tyto výsledky porovnat bezpopelnou sušinou a chl *a*. Dle těchto výsledků vyplývá, že jarní pík fyto-bentosu byl okolo třetího odběru, což je začátkem května roku 2012. Bohužel každá metoda má svoje chyby a je třeba ji brát s rezervou. Obsah bezpopelné sušiny nám neukazuje pouze bezpopelnou sušinu sinic a řas, ale také vířníků, bakterií a detritu, atd. jelikož tyto fragmenty není možné od sebe ve vzorku oddělit (Kalf, 2002; Stevenson a kol. 1996; Vymazal, 1995). Tento fakt mohl způsobit rozptýl hodnot bezpopelné sušiny v jednotlivých odběrech. Chlorofyl *a* a jeho hodnoty jsou v čase nestálé a mění se s podmínkami prostředí (McConnell & Sigler 1959), což byl i důvod proč pravděpodobně korelační koeficient mezi chl *a* počtem buněk na cm^2 a celkovým objemem všech buněk $\mu\text{m}^3/\text{cm}^2$ byl velice malý. Ačkoliv nebyly odběry z Tůně 1 kompletní, množství bezpopelné sušiny ve třetím odběru napovídá, že tůně říční nivy jsou velice produktivní ekosystém (Prach a kol. 1996; Rodrigues & Bicudo 2001; Stevenson a kol. 1996), který se může rovnat produkci perifytonu v řece. Rodrigues & Bicudo (2001) dokonce naznačují, že tůně mají v počátečních stádiích sukcese větší produkci než řeky, ačkoliv jeho práce se zabývá letními povodněmi.

6.3 Relativní primární produkce

Relativní primární produkce byla v této studii spíše doplňkový údaj, jelikož odběry narostlé biomasy byly v dlouhých časových intervalech. Při srovnání s jinými studii bylo zjištěno, že relativní primární produkce (bezpopečná sušina) v jarním období není příliš vysoká, ale ani příliš nízká. Například v Everglades (Florida, USA), mají průměrně 35-85 bezpopelné sušiny $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{den}$ v nejproduktivnějším období roku. Při srovnání s výsledky z řeky Lužnice je sice vidět že Everglades dosahují větší relativní primární produkce, avšak teplotní a světelný režim zde dosahuje vyšších hodnot ve srovnání s říční nivou řeky Lužnice,

ačkoliv je nutné dodat, že Everglades jsou limitovány fosforem (McCormick a kol. 1998), což říční niva řeky Lužnice není (Prach a kol. 1996). Tento závěr potvrzuje i Calow (1996), který provedl studii v Idahu (USA), zjistil, že množství bezpopelné sušiny bylo 45,6-169,5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{den}$, přičemž zde k žádné limitaci dusíkem ani fosforem nedochází. V této studii byla naměřena nejvyšší relativní primární produkce v řece z důvodu kontinuálního přísunu živin a odvodu metabolitů (Stevenson 1996), ačkoliv i tůně měly relativně vysokou relativní primární produkci.

6.4 Zastoupení jednotlivých skupin sinic a řas v jednotlivých lokalitách

Zastoupení jednotlivých skupin sinic a řas se v tůních říční nivy v průběhu sezóny značně mění (Elster a kol. 2002; Rodrigues & Bicudo 2001), naopak zastoupení skupin v řece je konzervativní a prakticky celou sezonu zde převládají rozsivky (Stevenson a kol. 1996). Je zde také značný rozdíl mezi použitými metodami. Pokud je například zastoupení jednotlivých skupin sinic a řas v Tůni 1 počítáno z celkového objemu všech buněk, tak oproti počtu buněk na cm^2 dojde ke snížení procentuálního zastoupení „zelených koulí“ v prvním odběru a zvýšení procentuálního zastoupení Xantophyceae a Klebsormidiophyceae, jelikož vláknité typy měly menší počet vláken na cm^2 , ale větší objem buněk. Ve třetím odběru se počet skupin, které měly větší procentuální zastoupení v případě počtu buněk na cm^2 , zvýšil. Pokud bylo zastoupení skupin sinic a řas počítáno z celkového objemu buněk tak se sinice ani Klebsormidiophyceae se svoji biomasou v grafu neprojevily, oproti zastoupení skupin sinic a řas počítaného z počtu buněk na cm^2 . Podle mého názoru je nutné brát v potaz výsledky obou metod a porovnávat je, jelikož oba dva výsledky mají svoji vypovídací hodnotu. Ačkoliv výsledky z celkového počtu všech buněk mají větší vypovídací hodnotu, protože popisují celkovou biomasu získanou z nosičů. V Tůni 3 bylo nejvíce skupin sinic a řas v prvním odběru, v dalších odběrech jejich počet klesal, přičemž ve čtvrtém odběru nebyla nalezena jediná autotrofní buňka. To by mohlo svědčit o vysokém žracím tlaku či nevhodných podmínkách prostředí. Jelikož nebyla nalezena na nosičích a ani zpozorována ve vodě jediná larva komára, předpokládáme, že druhá možnost, tedy nevhodné podmínky prostředí, byla důvodem ke snižování počtu skupin a nakonec vymizení autotrofních organismů z Tůně 3.

Stevenson a kol. (1996) dodávají, že nevhodné podmínky prostředí mohou vést k převládnutí jiných skupin sinic a řas, nebo k naprostému vymizení autotrofních organizmů.

6.5 Druhov^á diverzita

Druhov^á diverzita na umělých nosičích by měla odpovídat druhové diverzitě ve zkoumaných habitatech. Dle Lamberti a Resh (1983) bylo zjištěno, že druhov^á diverzita na umělých nosičích dosahovala 96%. Pokud projde říční nivou povodeň, měla by být druhov^á diverzita v počátcích sukcese stejná jak v tůních, tak i v řece (Rodrigues & Bicudo 2001). Pokud jarní povodeň nivou neprojde je pravděpodobné, že druhov^á diverzita se bude lišit, což se stalo i v případě mé studie. Na rozdíl od tůní řeka nabízí stabilní podmínky pro život (Elster a kol. 2002; Stevenson a kol. 1996; Rodrigues & Bicudo 2001), zatímco periodické tůně jsou pouze dočasným prostředím (Rodrigues & Bicudo 2001). Na druhou stranu i periodické tůně říční nivy mohou oplývat relativně vysokou druhovou diverzitou (Stevenson 1996; Rodrigues & Bicudo 2001), ale je důležité dodat, že s postupem času díky kompetici o “místo“ dochází ke snižování druhové diverzity. V řece v době jarního píku byl index druhové diverzity v rámci lokality řeky nejnižší, ačkoliv oproti tůním byl stále vysoký. Pravděpodobně došlo k potlačení vzácnějších druhů dominantními druhy. Po období jarního píku fyto-bentosu nastává období „clear water“ (Kalf, 2002). Druhy, které byly dominantní při jarním píku fyto-bentosu, byly následně pod větším predáčním tlakem herbivorů, což dovolilo ostatním druhům obsadit uvolněný prostor a znovu růst. Herbivorie pravděpodobně opět zvedla druhovou diverzitu sinic a řas v řece Lužnici, jelikož dominantní druhy byly pod daleko větším žracím tlakem nežli druhy s menší abundancí (Feminella & Hawkins 1995).

6.6 Vývoj druhového složení v jednotlivých lokalitách

Je opět nutné poznamenat, že různé metody dávají různé výsledky. Elster (2012 nepublikovaná data) předpokládá, že v ideálním případě na začátku jarní povodně budou v tůních společně s rozsivkami převládat psychrofilní a psychrotrofní druhy, které budou postupně vytlačeny dalšími druhy a konečnou fází sukcese budou zelené vláknité řasy. Dle

(Rodrigues & Bicudo 2001) by se druhové složení v začátku sukcese nemělo lišit mezi řekou a tůňmi, jelikož říční druhy jsou naplaveny do říční nivy, kde se koncentrují v tůních. V sezóně jako byla 2012, kdy povodně nepřišly, bylo druhové složení tůní a řeky naprosto odlišné a průběh sukcese se také lišil. K převládnutí psychrofilních a psychrotrofních řas zejména ze skupiny Xantophyceae nedošlo. Naopak zde měly velké zastoupení „zelené koule“, což pravděpodobně byly půdní řasy a iniciační stádia ostatních druhů řas, což potvrzuje i předešlá studie (Štěřbová, 2002; Zemanová, 2002). Pravděpodobně je převládnutí psychrofilních a psychrotrofních druhů závislé na příchodu jarní povodně, která vyčistí říční nivu od spór ostatních druhů řas a řasy jako *Tribonema sp.* se mohou stát dominantními, jelikož jsou konkurenčně slabé (Zemanová, 2002). *Tribonema sp.* je považována za psychrotrofní rod, který roste v nízkých teplotách. Experimentálně však bylo prokázáno, že optimální růstová teplota může být daleko vyšší, ale v podmínkách vyšších teplot je tato skupina vytlačena konkurenčně silnějšími typy (Machová a kol. 2008). To by mohl být důvod, proč nepřerostla ostatní druhy, které porůstaly v brzkém jaře nosiče v tůních. Díky vyschnutí Tůně 1 mezi prvním a třetím odběrem se z Tůně 1 stal ekosystém vlhké půdy, který přecházel ve velmi mělký mokřad. Vyschnutí pravděpodobně mělo vliv na vývoj druhového složení. Vyschnutí tůně mohlo působit jako značný fyziologický stres pro některé druhy, které nejsou adaptovány na vyschnutí (Martinez a kol. 2012). Voda nemohla plnit svoji tlumící funkci při výkyvech teplot (Kalff, 2012), což mohl být další stresující faktor pro společenstvo sinic a řas, který mohl působit jako regulátor druhového složení (Stevenson a kol. 1996). *Stigeoclonium sp.*, které pravděpodobně dobře prosperovalo i v době vyschnutí, se stalo dominantní vzhledem ke svojí biomase a počtu buněk, což potvrzuje Elster a kol (2002), který předpokládal převládnutí zelených vláknitých řas po ohřátí vody. Nejvíce druhů v prvním odběru u Tůně 3 bylo nečekané, jelikož podmínky pro život, zejména teplota, nejsou v tomto období ideální (Elster a kol. 2002; Machová a kol. 2008). Je pravděpodobné, že na vině jsou environmentální podmínky, zejména nízká průhlednost, která velice ztenčila eufotickou zónu a nedostatek kyslíku u dna díky množství detritu, které se na dně nacházelo. Zvýšené trofii a zvýšené rychlosti dekompozice odpovídá také přítomnost řas ze skupiny Euglenophyceae, zejména *Trachelomonas sp.* a *Euglena sp.*, které jsou schopny mixotrofní či dokonce heterotrofní výživy (Petrova & Gerdzhikov 2010). Jejich četnost se ale s přibývajícím časem snižovala a naopak došlo k silnému rozvoji rozsivek (*Synedra sp.* a *Navicula sp.*), které pravděpodobně využily volnou niku s malým žracím tlakem a dosáhly zde relativně vysokého procentuálního zastoupení. Když se jejich počty snížily, došlo k převládnutí zelených koulí

pravděpodobně opět díky volné níže. S největší pravděpodobností byly tyto zelené koule ze skupiny Euglenophyceae, které čekaly na vhodnější podmínky. V řece naprosto dominovaly rozsivky (Stevenson a kol. 1996), ale i zde byly druhové změny dramatické. Skupiny rozsivek jako *Navinula* sp., *Synedra* sp. a *Surirella* sp. jsou pravděpodobně dobrými kompetitory, kteří jsou schopní být v dobrých podmínkách dominantními druhy. Jak již bylo řečeno, pouze v řece nastal jarní pík fyto-bentosu okolo začátku měsíce května. Jako hlavní dominantní skupina se ukázala *Navicula* sp., což jen potvrzuje fakt, že je to vysoce kompetitivní druh (Stevenson a kol. 1996).

6.7 Příslušnost druhů k jednotlivým lokalitám a environmentálním faktorům prostředí

Jak již bylo zmíněno, řeka je velice konzervativní, co se týče skupin, které v ní převládají (Stevenson a kol. 1996) a proto není překvapující, že skupiny druhů jako *Fragilaria* sp., *Navicula* sp., *Aulacoseira* sp., *Nitzschia* sp. a *Synedra* sp. měly velkou afinitu k lokalitě řeka. Vysoké procento vysvětlené variability je pravděpodobně způsobeno nepřítomností jarních povodní, pokud by povodně přišly, tak by byly říční druhy nalezeny i v nivě, což by pravděpodobně procento vysvětlené variability snížilo. U Tůně 1 byly nalezeny typické skupiny druhů, které zde byly očekávány, jako *Tribonema* sp., *Ulothrix* sp. či *Chamaesiphon* sp. Naopak Tůň 3 nevykazovala žádné typické druhy, spíše to byla směs říčních druhů, společně s druhy z Tůně 1. Vzhledem podmínkám, které v Tůni 3 panovaly, bylo očekáváno, že zde budou jako typický zástupci druhy ze skupiny Euglenophyceae, kteří se dokážou žít i jinak než fotosyntézou, a je možné je najít ve velice eutrofních systémech s malou průhledností a vysokým organickým zatížením (Petrova & Gerdzhikov 2010).

Zdá se, že RDA ordinační diagram spíše popisuje rozdíly mezi řekou a tůněmi, než že by vysvětloval, jaké faktory prostředí ovlivňují druhové složení, ačkoliv je zde opět vidět stejný trend příslušnosti určitých druhů k určitým lokalitám. Tento závěr podporují i výsledky, jelikož v řece bylo oproti tůním vyšší pH i vodivost. To že průkazně vyšel N-NO₂ by mohl vysvětlovat, vysokou kvalitu vody, minimální rozkladné procesy v řece a její samočisticí schopnost, kdy dochází k postupné oxidaci dusíkatých sloučenin (Kalff, 2002).

Dusík a fosfor se neprokázaly jako faktory ovlivňující druhové složení, což je pravděpodobně způsobeno bohatostí půdy říční nivy na tyto prvky (Rodrigues & Bicudo 2001) a také díky rozkladu stařiny, která tyto prvky také uvolňuje (Štěrbová, 2002; Machová a kol. 2008; Rodrigues & Bicudo 2001). Jedním z faktorů, u kterého se předpokládalo signifikantní vliv na složení populace a její dynamiku, byla teplota. Ačkoliv teplota v této studii nevyšla průkazně jako faktor, který ovlivňoval druhové složení, tůňe a řeka neměly stejný průběh ohřívání, což je spojené i vyschnutím Tůňe 1. Machová a kol. (2008) se domnívá, že teplota hraje klíčovou roli při formování společenstva tůní, při jarních povodních. V našem případě je pravděpodobné, že kdybychom měli více opakování, teplota by mohla vyjít průkazně.

7. Závěr

- ⊙ Jarní povodně hrají klíčovou roli v utváření společenstva sinic a řas v říční nivě.
- ⊙ Tůň měly specifické vlastnosti vody a specifické složení společenstva fytobentosu.
- ⊙ Lokalita řeka se svým druhovým složením fytobentosu zcela odlišuje od tůní.
- ⊙ Tůň T1 a T3 jsou rozdílné, jak v druhové složení fytobentosu, tak i v chemických a fyzikálních parametrech vody.
- ⊙ Jarní nárůst rozvoje fytobentosu v předjarním a jarním období roku 2012 se projevil pouze v řece. V hlubších tůních s organickým detritem na dně a ve vysychajících tůních se nevytvářely příznivé podmínky pro rozvoj fytobentosu.
- ⊙ Druhová diverzita v průběhu měřené sezóny značně kolísala, největší druhovou diverzitou měla řeka. V tůních se s postupem času druhová diverzita snižovala
- ⊙ Stále není dostatek informací o fytobentosu říční nivy v temperátních oblastech

8. Seznam použité literatury

Batko, A. (1975): Zarys hydromikologii. principles of hydromycology. Panstw. Wyd. Nauk., Warszawa: 487 pp

Barquin, J. & Death, R. G. 2011: Downstream ganges in spring-fed stream invertebrate communities: the effect of increased temperature range? *Journal of Limnology* 70: 134-146.

Balley-Watts, A. E. 1986: Seasonal variation in size spectra of phytoplankton assemblages in Loch Leven, Scotland. *Hydrobiologia* 138: 25-42

Baley, B. P. 1995: Understanding large river: Floodplain ecosystem. Ecology of large rivers 3: 153-158.

Biggs, J. F. B. & Smith, R. A. 2002: Taxonomic richness of stream benthic algae: Effect of flood disturbance and nutrients. *Limnology and Oceanography* 47: 1178-1186

Callow, P. P. 1996: River biota: Diversity and dynamics. *Wiley-blackwell science*, Oxford: 168-170.

Elster, J. & Svoboda, J. 1995: *In situ* simulation and manipulation of a glacial stream ecosystem in the Canadian High Arctic. In: A. Jenkins, R. C. Ferrier and C. Kirby (eds.) Ecosystem manipulation experiments: scientific approaches, experimental design and relevant results. Proceedings of a Symposium at Bowness - on - Windermere, *Ecosystem Research Report* No. 20, Brussels, Luxembourg: 254 – 263

Elster, J., Komárek, J. & Svoboda, J. 1995: Algal communities of polar wetlands. *Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Masaryk., Brun.* Vol. 24 (1994), (Geography): 13 – 24

Elster, J. & Svoboda, J. 1996: Algal diversity, seasonality and abundance in, and along glacial stream in Sverdrup Pass, 79 °N, Central Ellesmere Island, Canada. *Memories National Institut of Polar Research*. Spec. Issue, 51: 99 – 118

Elster, J., Svoboda, J., Komárek, J. & Marvan, P. 1997: Algal and cyanoprocaroyote communities in a glacial stream, Sverdrup Pass, 79 °N, Central Ellesmere Island, Canada. Arch. *Hydrobiological Supplementary. Algological. Studies* 85: 57 - 93.

Elster, J. 1999: Algal versality in various extreme environments. In Sechbach, J. (ed.), Origin –Evolution and versality of microorganism (Phylogeny, structure, physiology and extreme environments). *Kluver Academic publishers*, The Netherlands: 215-227.

Elster, J., Francírková, T. & Kyrbergerová, M. 2002: Ekologie fytoENTOSU dočasných tůní Horní Lužnice. Papáček, M. (ed.). Sborník příspěvků z konference: Biodiverzita a přírodní podmínky Novohradských hor, *Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích*: 123-130.

Elster, J., Svoboda, J. & Kanda, H. 2001: Controlled environment platform used in temperature manipulation study of a stream periphyton in the Ny-Ålesund, Svalbard. Proceedings of International conference – Algae and Extreme Environments – Ecology and Physiology, J. Elster, J. Seckbach, W. Vincent & O. Lhotský (eds.). *Nova Hedvigia*, Beiheft 123: 63-75.

Elster, J. & Komárek, O. 2003: Periphyton ecology of two snow-fed streams in the vicinity of H. Arctowski station, King George Island, South Shetlands, Antarctica. – *Antarctic Science* 15 (2): 189 - 201.

Ettl, H. (1978): Xanthophyceae. 1. Teil. - Süßwasserflora von Mitteleuropa, G. Fischer Verlag, Stuttgart - New York: 530 pp

Feminella, J. W. & Hawkins, C. P. 1995: Interaction between stream herbivores and periphyton: A quantitative analysis of past experiments. *Journal of the American benthological society* 14: 465-509.

Fuller, R. L., Ribble, C., Kelley, A. & Gaenzie, E. 1998: Impact of stream grazers on periphyton communities: A laboratory and field manipulation. *Journal of freshwater ecology* 13: 105-114.

Goldsborough, L. G. & G. G. C. Robinson. 1996. Pattern in wetlands, Chapter 4. In Algal Ecology in Freshwater Benthic Ecosystems, (ed.) R. J. Stevenson, M. L. Bothwell, and R. L. Lowe., *Academic Press* New York: 77-177

Gregory, S. V., Swanson, F. J., McKee W. A. & Cummins K. W., 1991: An ecological perspective of riparian zones. *Bioscience* 41, 540-551.

Heering, W. (1914): Chlorophyceae III. - Ulotrichales, Microsporales, Oedogoniales. - In: Pascher, A. (ed.): Die Süsswasserflora Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz G. Fischer, Jena 6: 1-250

Hillebrand, H., Durselen, C-D., Kirschtel, D., Pollinger, U. & Zohary, T. 1999: Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of phycology* 35: 403-424.

Hillebrand, H. 2009: Meta-analysis of grazer control of periphyton biomass Gross aquatic ecosystem. *Journal of phycology* 45: 798-806.

Junk, J. W., Baley, B. P. & Sparks, E. R. 1989: The flood pulse concept in river-floodplain system. *Canadian journal of fish aquatic science*. 106: 110-127

Junk, W. J. & Da Silva, C. J. 1995; Neotropical floodplains: A comparison between the Pantanal of Mato Grosso and the large Amazonian river floodplain in: Tundisi, J. G. & Matsumura Tundisi T. (ed.). Brazilian Academy of science, *Brazilian Limnological society, Rio de Janeiro*, Brazil: 195-217.

Kalff, J. 2002: Limnology. *Prentice hall*, New Jersey: 25-75, 145-223, 247-275.

Kubečková, K., Elster, J. & Kanda, H. 2001: Periphyton ecology of glacial and snow-fed streams, Ny-Ålesund, Svalbard: the influence of discharge disturbances due to sloughing, scraping and peeling. Proceedings of International conference – Algae and Extreme Environments – Ecology and Physiology, J. Elster, J. Seckbach, W. Vincent & O. Lhotský (eds.). *Nova Hedvigia*, Beiheft 123: 141-172

Komárek, J. & Fott, B. (1983): Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung Chlorococcales. - In: Huber-Pestalozzi, G. (ed.): Das Phytoplankton des Süsswassers. Die Binnengewässer Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart: 1044pp

Komárek J. & Anagnostidis K. (1998): Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales. - In: Ettl H., Garther H., Heyning, G. H. & Mollenhauer, D. (ed.). Süsswasserflora von Mitteleuropa 19/1, Gustav Fischer, Jena-Stuttgart-Lübeck-Ulm, 548 pp.

Komárek J. & Anagnostidis K. (2005): Cyanoprokaryota -2. Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales. - In: Budel, B., Krienz L., Gartner G. & Schagerl M. (ed.), Süsswasserflora von Mitteleuropa 19/2, Elsevier/Spektrum, Heidelberg, 759 pp.

Komárek J. (2013): Cyanoprokaryota -3. Teil/ 3rd Part: Heterocytous genera. - In: Budel, B., Krienz L., Gartner G. & Schagerl M. (ed.), Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/3, *Spektrum Verlag*, Heidelberg, in press.

Lamberti, G. A. & Resh, V. H. 1983: Stream periphyton and Insect herbivores: An Experimental study of grazing by a caddisfly population. *Ecology* 64: 1124-1135.

Lange-Bertalot, H. (1993): 85 Neue Taxa und über 100 weitere neu definierte Taxa ergänzend zur Süßwasserflora von Mitteleuropa Vol. 2/1-4. - Bibliotheca Diatomologica, Berlin – Stuttgart: 454pp

Lúscínska, M & Kyc, A. 1993: Algae inhabiting creeks of region of H. Arctowski Polish Antarctic station, King George island, South Shetlands. *Polish polar research* 14: 393-405.

Maberly, S.C. & Spence, D.H.N. (1983). Photosynthetic inorganic carbon use by freshwater plants. *Journal of Ecology*, 71, 705-724

Machová, K., Elster, J. & Adamec, L. 2008: Xanthophyceae assemblages during winter-spring flood: autecology and ecophysiology of *Tribonema fonticolum* and *T. monochloron*. *Hydrobiologia* 600: 155-168, (IF=1.48, Times Cited 3).

Martinez, B., Arenas, F., Rubal, M., Burges, S., Esteban, R., Garcia-Plazaola, I., Figueroa, R., Pereira, R., Saldana, L., Sousa-Pinto, I., Trilla, A. & Viejo, R. M. 2012: Physical factors driving intertidal macroalgae distribution: physiological stress of a dominant fucoid at its southern limit. *Oecologia* 170: 341-353.

Mataloni, G. 1999: Ecological studies on algal communities from Tierra del Fuego peat bogs. *Hydrobiologia* 391: 157-171.

Matthaei, C. D., Guggelberger, C. & Huber, H. 2003: Local disturbance history affects patchiness of benthic river large algae. *Freshwater Biology* 48: 1514-1526.

Middleton, B. A. 2002: The flood pulse concept in wetland restoration. Flood pulsing in wetlands: Restoration the natural hydrological balance. (ed.) Middleton, B. A. *Wiley & sons, Inc* : 1-7.

McConnell, W. J. & Sigler, W. F. 1959: Chlorophyll and productivity in a mountain river. *Limnology and Oceanography* 3: 335-351.

McCormick P. V., Shuford III, R.B. E., Backus, J. G. & Kennedy, W. C. 1998: Spatial and seasonal patterns of periplan biomass and productivity in the northern Everglades, Florida, USA. *Hydrobiologia* 362: 185-208.

Pechar L. 1987: Use of acetone-methanol mixtur efor extraction and spectrometric determinativ of chlorophyll *a* in phytoplankton Archiv fur Hydrobiologia 78: 99-117

Petrova, D. & Gerdzhikov, D. 2010: Euglenophyceae in Varna and Beloslav lakes during 2008. *Bulgarian journal of agricultural science* 16: 311-316.

Pithart, D., Elster, J., Komárek, O. & Klabouchová, A. 1996: Microphyte vegetation. In: Prach K., J. Jenik and A. R. G. Large (eds.) Floodplain ecology and management. *SPB Academic publishing*, Amsterdam: 99 – 113.

Prach, K., Jeník, J. & Large R. G. A. 1996: Floodplain ecology and management. *SPB Academic publishing*, Amsterdam: 1-227

Rodrigues, L. & Bicudo, D. D. 2001: Similarity among periphyton algal communities in a lentic-lotic gradient of the upper Paraná river floodplan, Brazil. *Revta brasil bot* 24: 235-248.

Rutherford, J. C., Scarsbrook, M. R. & Broekhuizen, N. Journal of environmental engineering 126: 331-339.

Sheath, R. G. & Muller K. M. 1997: Distribution of stream macroalgae in four high arctic drainage basin. *Arctic* 50: 355-364.

Stevenson, R. J., Bothwell, M. L. & Love, L. R. 1996: Algal ecology: freshwater bentic ecosystem. *Academic press*, London: 1-702

Steinman, A.D. & G. A. Lamberti. 1996. Biomass and pigments of benthic algae. In “Methods in Stream Ecology”. Hauer, F. R. & G.A. Lamberti (eds). *Academic Press* , San Diego : 297.

Štěrbová, H. 2002: Druhová diverzita sinic a řas tůní Horní Lužnice. Sborník příspěvků z konference: Biodiverzita a přírodní podmínky Novohradských hor, Papáček, M. (ed.). *Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích*: 131-138.

Tockner, K., Schiemer, F. & Ward, J. V. 1998: Conservation by restoration: the management concept for a river-floodplain system on the Danube river in Austria. *Aquatic conservation: Marine and freshwater Ecosystem* 8: 71-86.

Tockner, K., Malard, F. & Ward J. V. 2000: An extension of flood pulse concept. *Hydrological Processes* 14: 2861-2863.

Vannote, R. L., Wayne Minshall, G., Gummins, K. W., Sedell, J. R. & Cushing, C. E. 1980: The river continuum concept. *Canadian journal of fish aquatic science* 37: 130-137.

Vincent, W. F., Howard-Williams, C. & Broady P. A. 1993: Microbial communities and processes in antarctic flowing waters. *Antarctic Microbiology*: 543-569

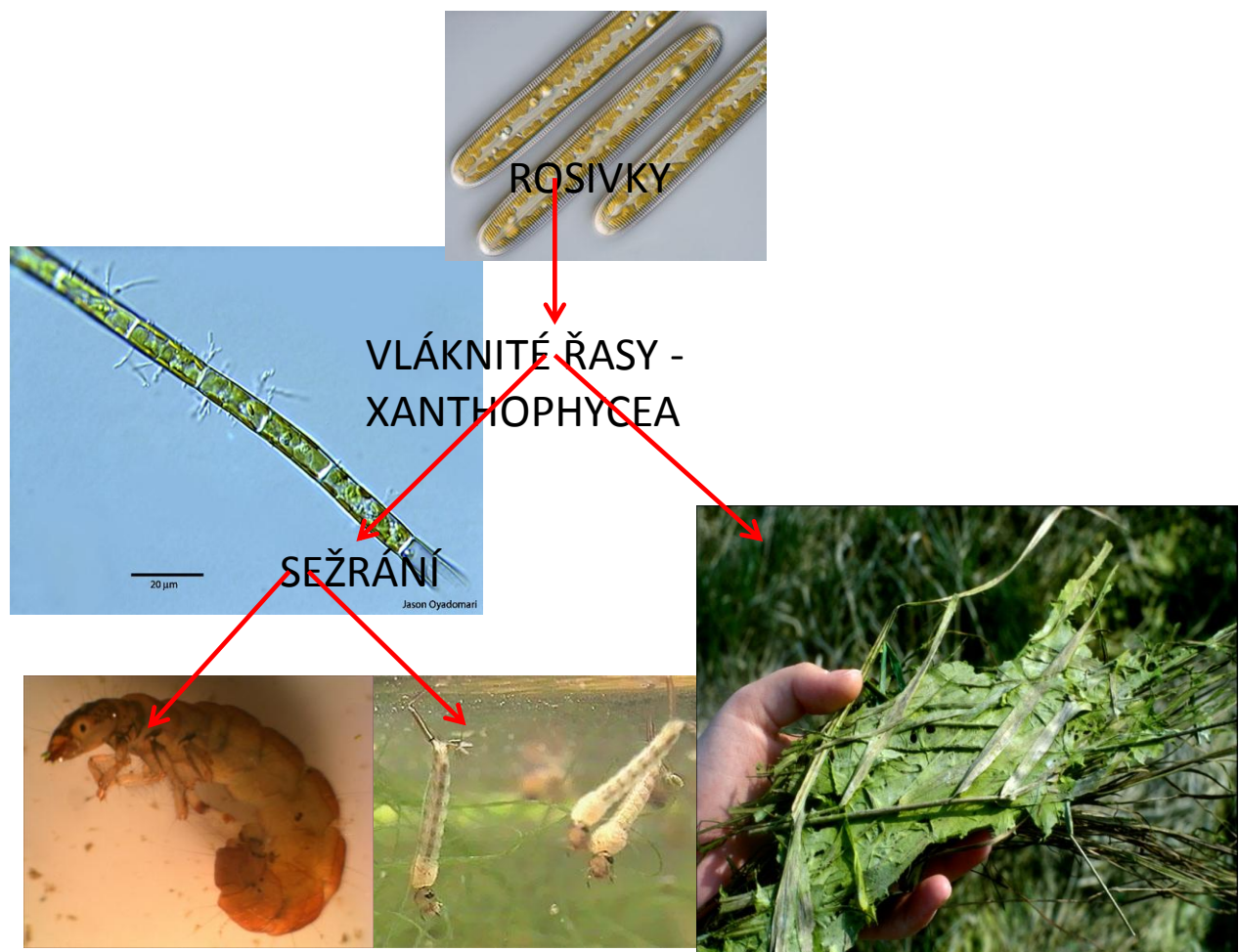
Vincent, W. F. & Howard-Williams, C. 1989: Microbial communities in southern Victoria land streams (Antarctica) II. the effect of low temperature. *Hydrobiologia* 172:39-49

Vymazal, J. 1995: Algal and element cycling in wetlands. *CRC Press*, London: 79-81

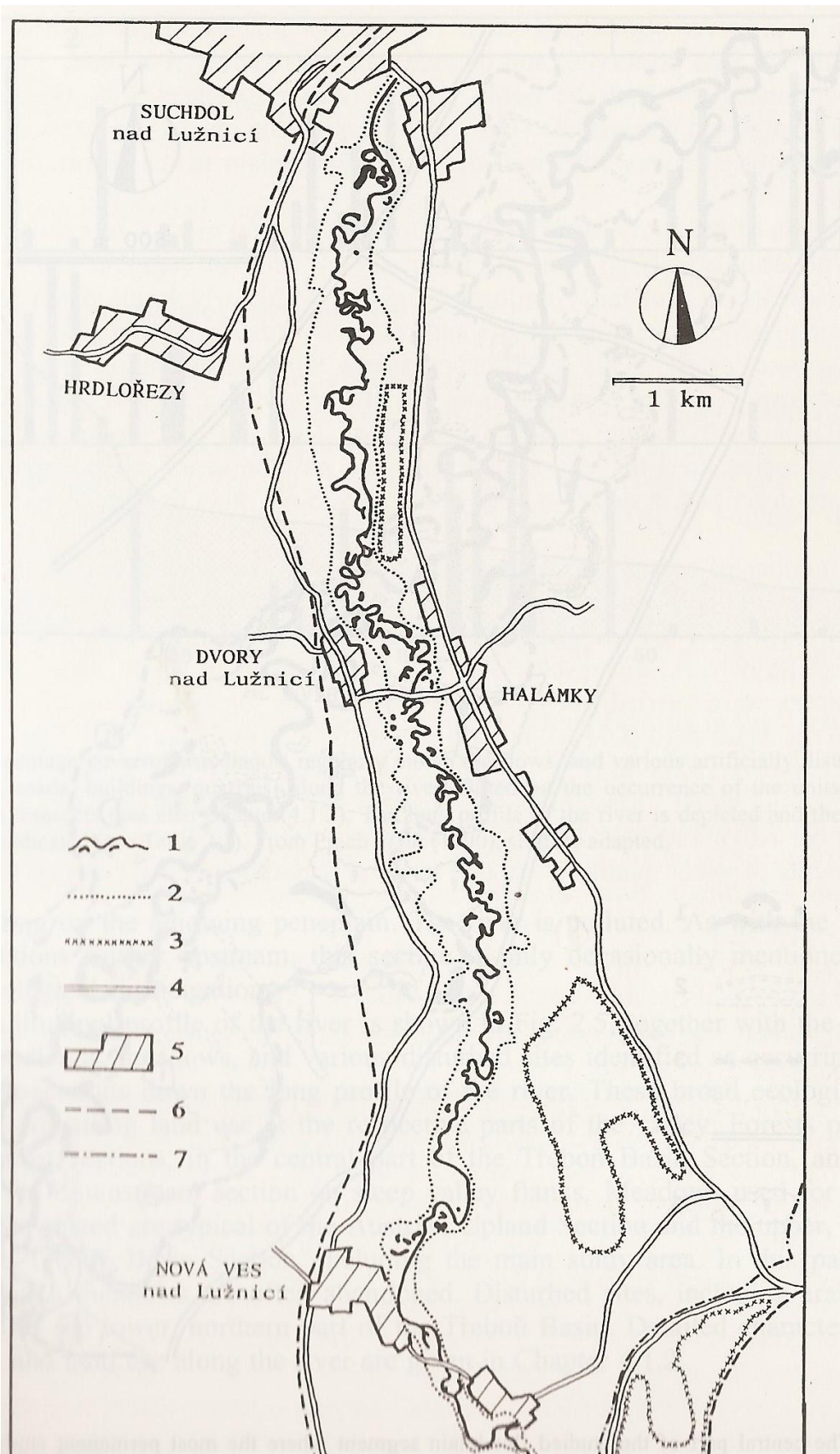
Wellnitz, T. & Poff, N. L. 2006: Herbivory, current velocity and algal regrowth: how does periphyton grow when the Grazers have gone? *Freshwater biology* 51: 2114-2123.

Zemanová, K. 2002: Rozvoj perifýtonu v periodických tůních Horní Lužnice-vliv žráčeho tlaku zoobentosu. Papáček, M. (ed.). Sborník příspěvků z konference: Biodiverzita a přírodní podmínky Novohradských hor, *Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích*: 139-146

9. Přílohy



Příloha 1. Modelový příklad vývoje společenstva perifytonu v záplavovém území říční nivy dle Elster (2012, nepublikovaná data)



Příloha 2. Mapa říční nivy dle Prach a kol. (1996). Legenda: 1- Řeka Lužnice a ostatní vodní plochy v říční nivě, 2- Hranice říční nivy, 3- Pískovny, 4- Silnice, 5- Zastavěné území, 6- Železniční trať, 7- Státní hranice



Příloha 3. Tůň 1 naplněná vodou



Příloha 4. Tůň 1 bez vody



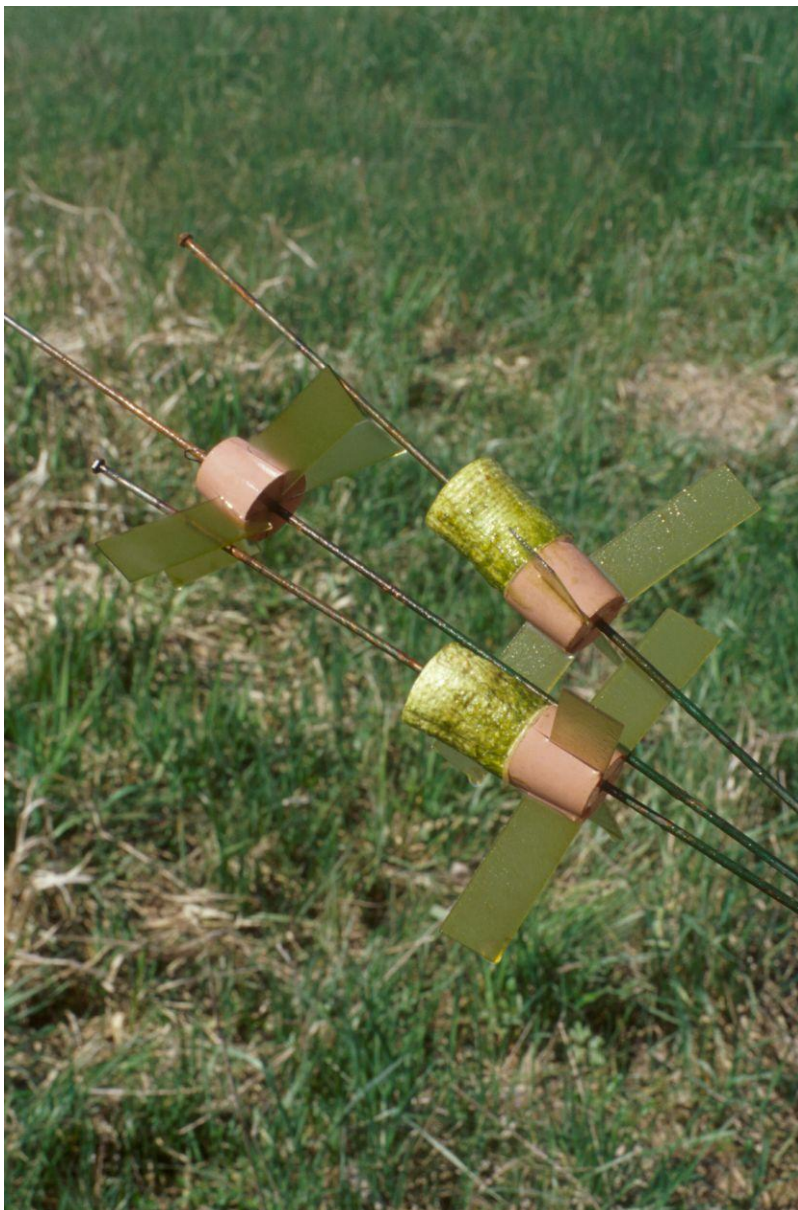
Příloha 5. Tůň 3



Příloha 6. Řeka Lužnice



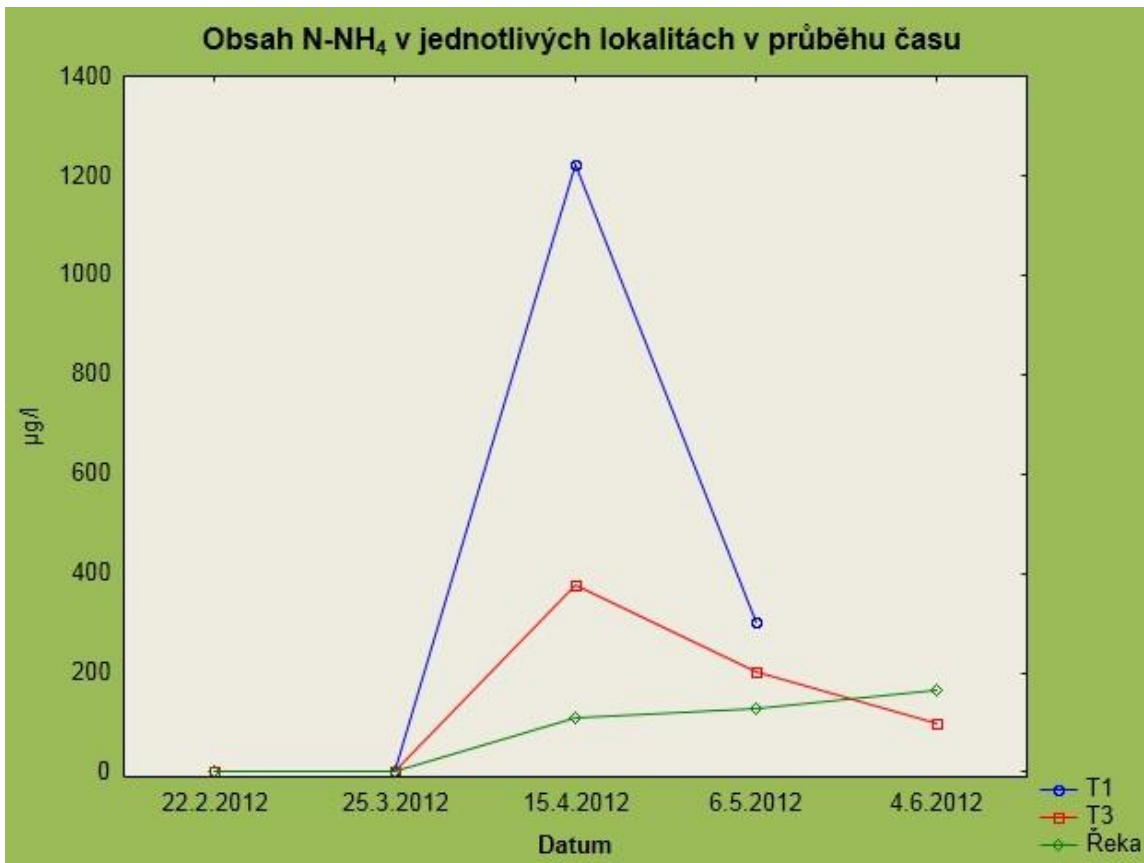
Příloha 7. Železná konstrukce používaná na přichycení nosičů v řece



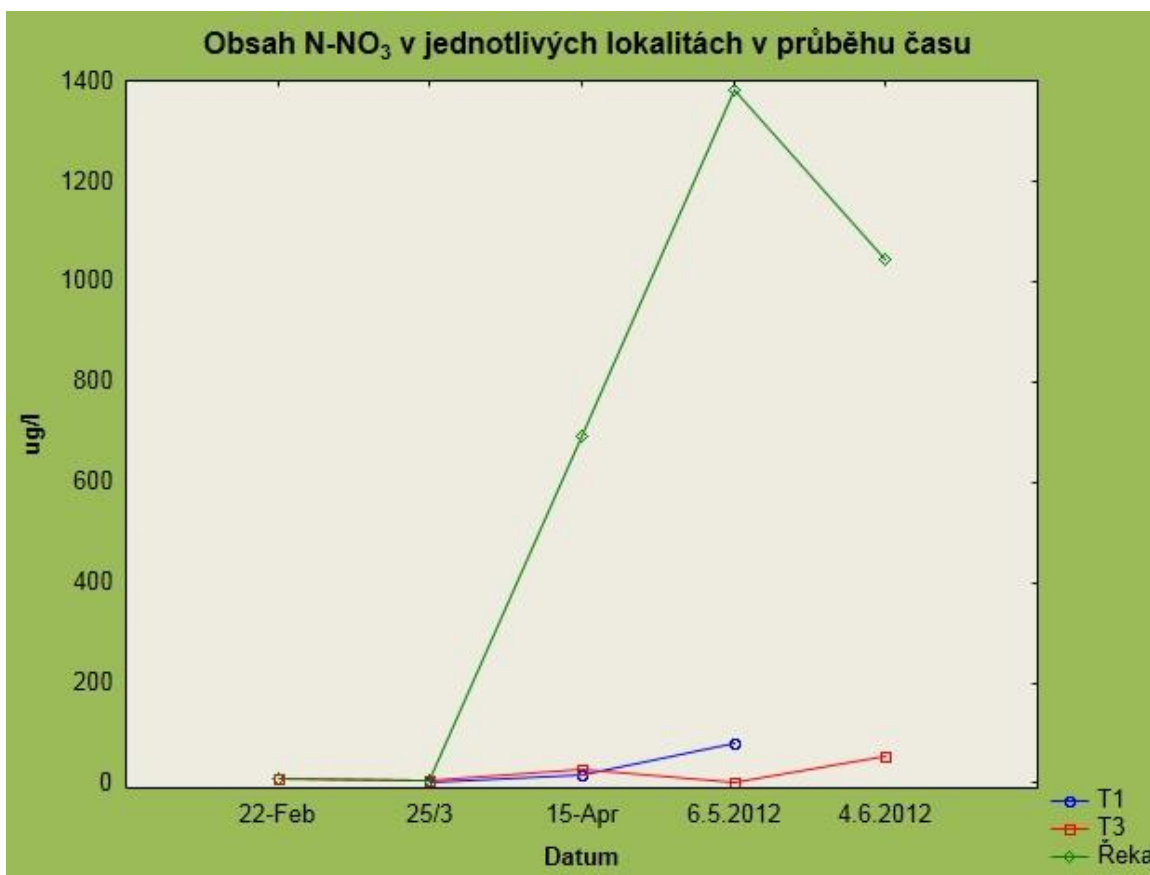
Příloha 8. Podložní sklíčka upevněná na plováku, který jezdí kovové tyče

		N:P	N-NH ₄	N-NO ₂	N-NO ₃	TN	DIN	DON	P-PO ₄	TP	DIP	Cl	SO ₄
Datum	Lokalita	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l
25.3.2012	T1	1:51,9	0,03	0,321	2,668	1258	3,019	1254,981	1,827	51,933	50,106	7762	20121
15.4.2012	T1	1:36,5	1222	8,984	16,163	3953	1247,147	2705,853	30,08	231,979	201,899	14777	32997
6.5.2012	T1	1:20,5	300,413	16,365	78,764	2600	395,542	2204,458	69,201	271,533	202,332	9721	29387
22.2.2012	T3	1:4,9	1,22	0,255	7,257	3313	8,732	3304,268	67,229	1432,858	1365,629	43006	18580
25.3.2012	T3	1:14,9	0,024	0,012	4,73	1184	4,766	1179,234	6,831	169,837	163,006	22796	23215
15.4.2012	T3	1:14,9	374,636	6,642	26,967	1643	408,245	1234,755	60,663	236,133	175,47	19260	19181
6.5.2012	T3	1:15,6	203,102	12,342	2,297	1195	217,741	977,259	15,847	163,229	147,382	7322	11290
4.6.2012	T3	1:16,7	97,975	5,96	55,274	1326	159,209	1166,791	12,184	169,82	157,636	15554	25504
22.2.2012	Řeka	1:56,1	1,48	3,977	15,808	5979	21,265	5957,735	6,037	126,488	120,451	47,714	21,574
25.3.2012	Řeka	1:81,1	0,038	2,185	5,923	2994	8,146	2985,854	3,047	79,101	76,054	20457	18574
15.4.2012	Řeka	1:24,3	107,424	6,046	690,351	1332	803,821	528,179	11,518	117,449	105,931	11029	13995
6.5.2012	Řeka	1:51,3	129,409	21,378	1380	2587	1530,787	1056,213	12,443	108,02	95,577	37932	24058
4.6.2012	Řeka	1:41,6	163,945	15,702	1045	1863	1224,647	638,353	11,486	95,856	84,37	27815	19598

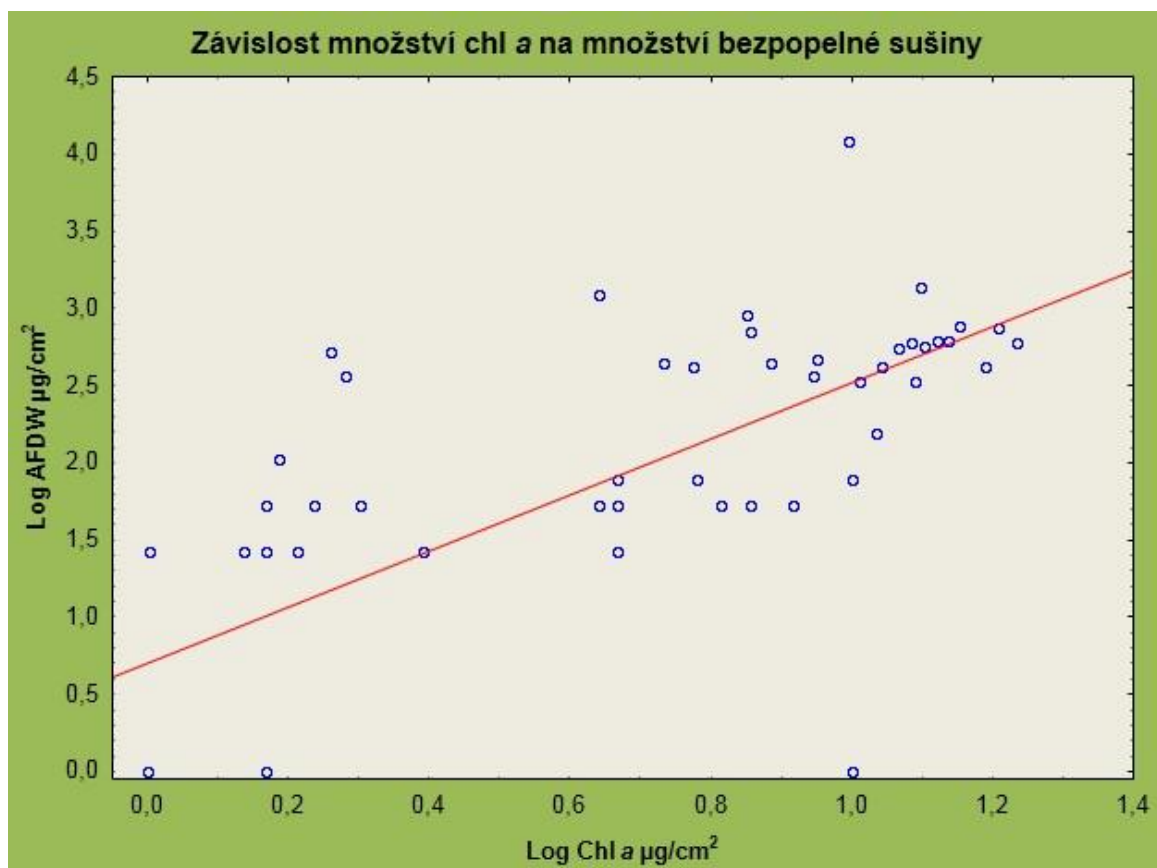
Příloha 9. Výsledky chemických analýz z jednotlivých lokalit v průběhu času



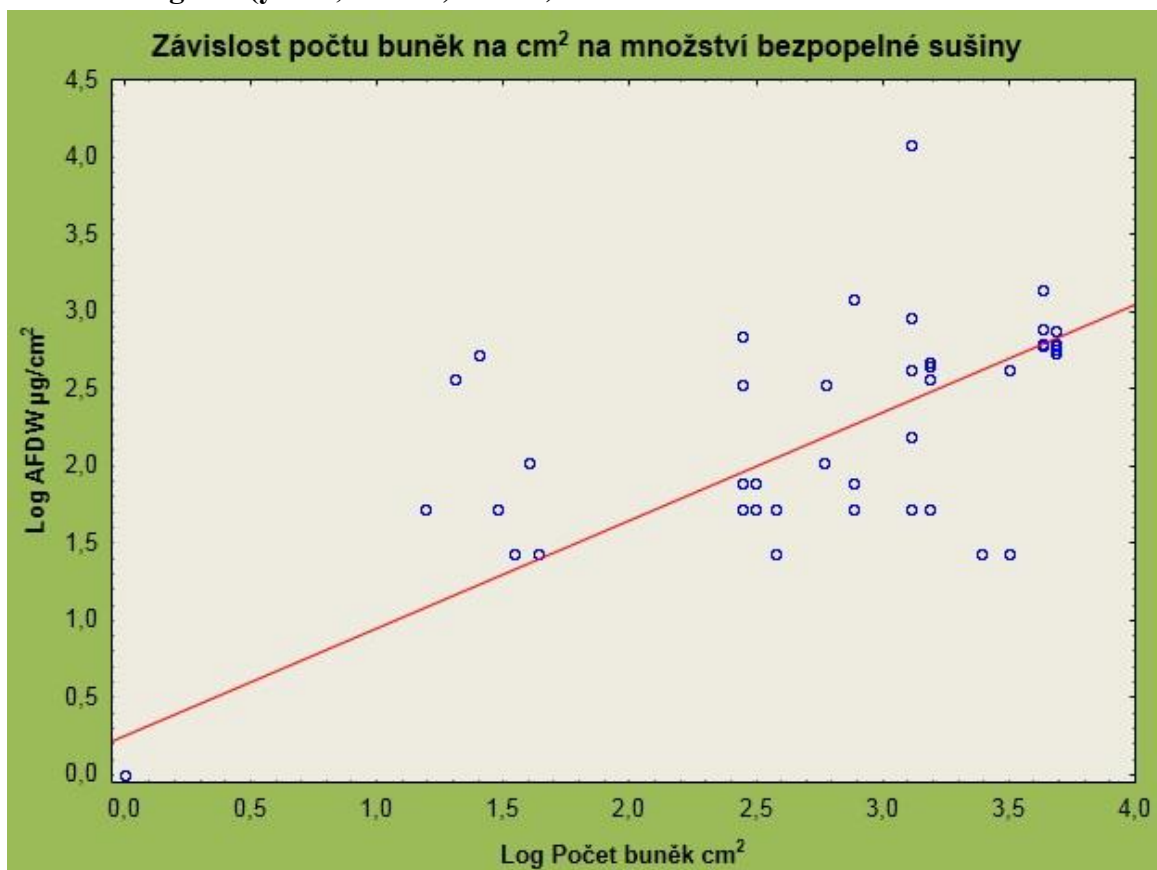
Příloha 10. Obsah N-NH₄ v jednotlivých lokalitách v průběhu



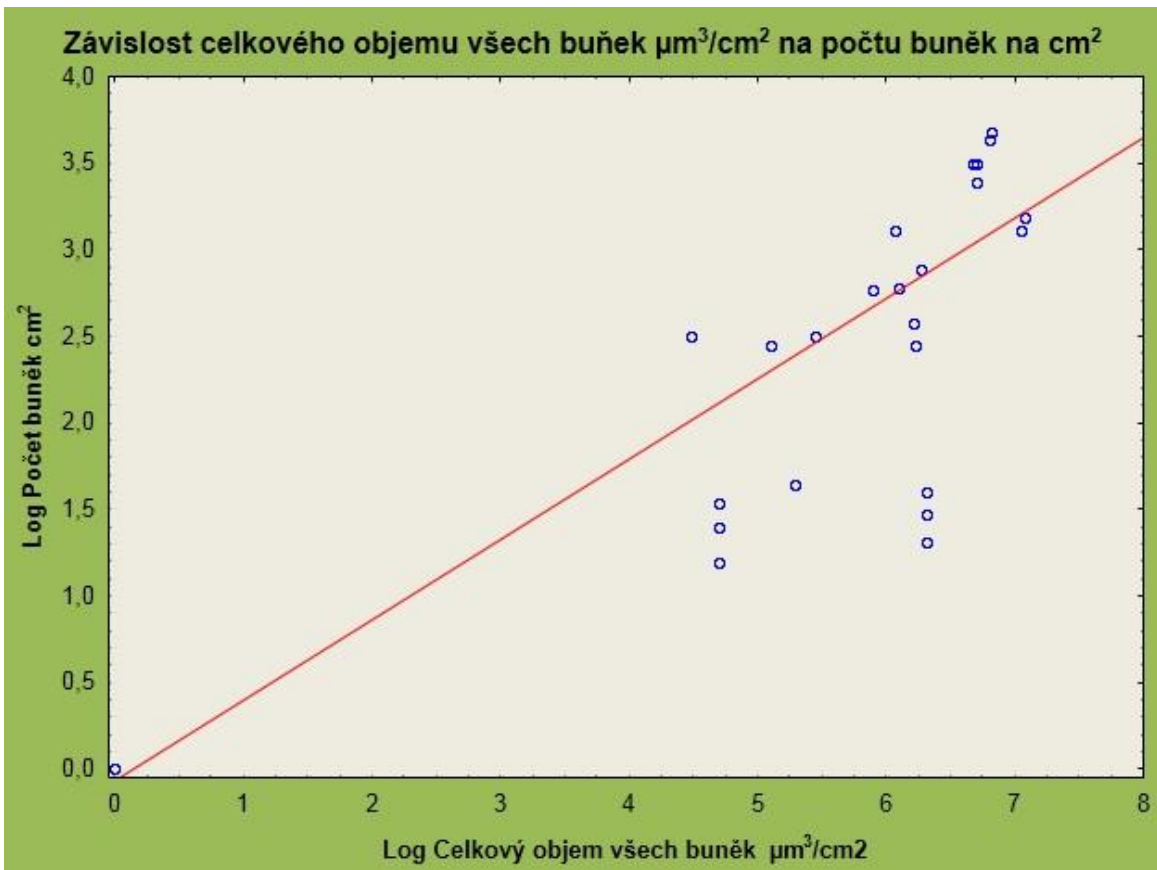
Příloha 11. Obsah N-NO₃ v jednotlivých lokalitách v průběhu času



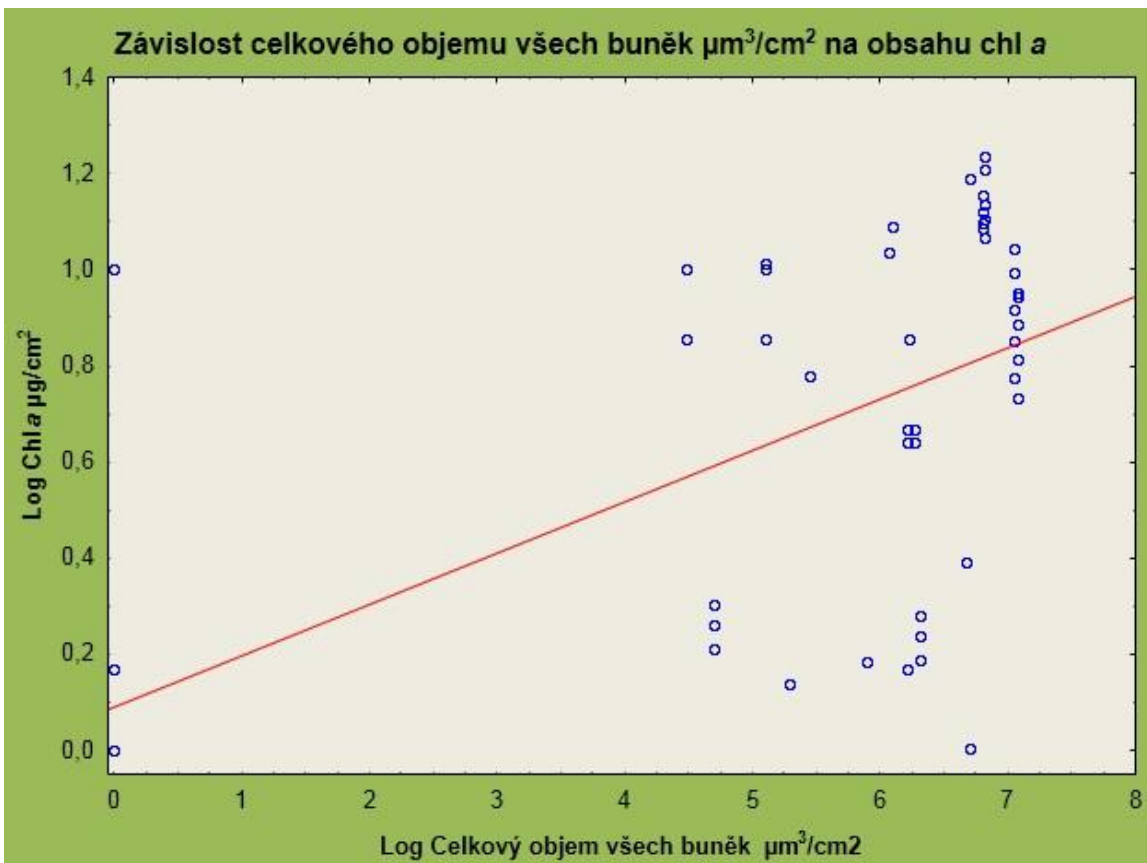
Příloha 12. Závislost množství chl *a* na množství bezpopelné sušiny. Rovnice lineární regrese ($y=0,7047+0,8133*x$)



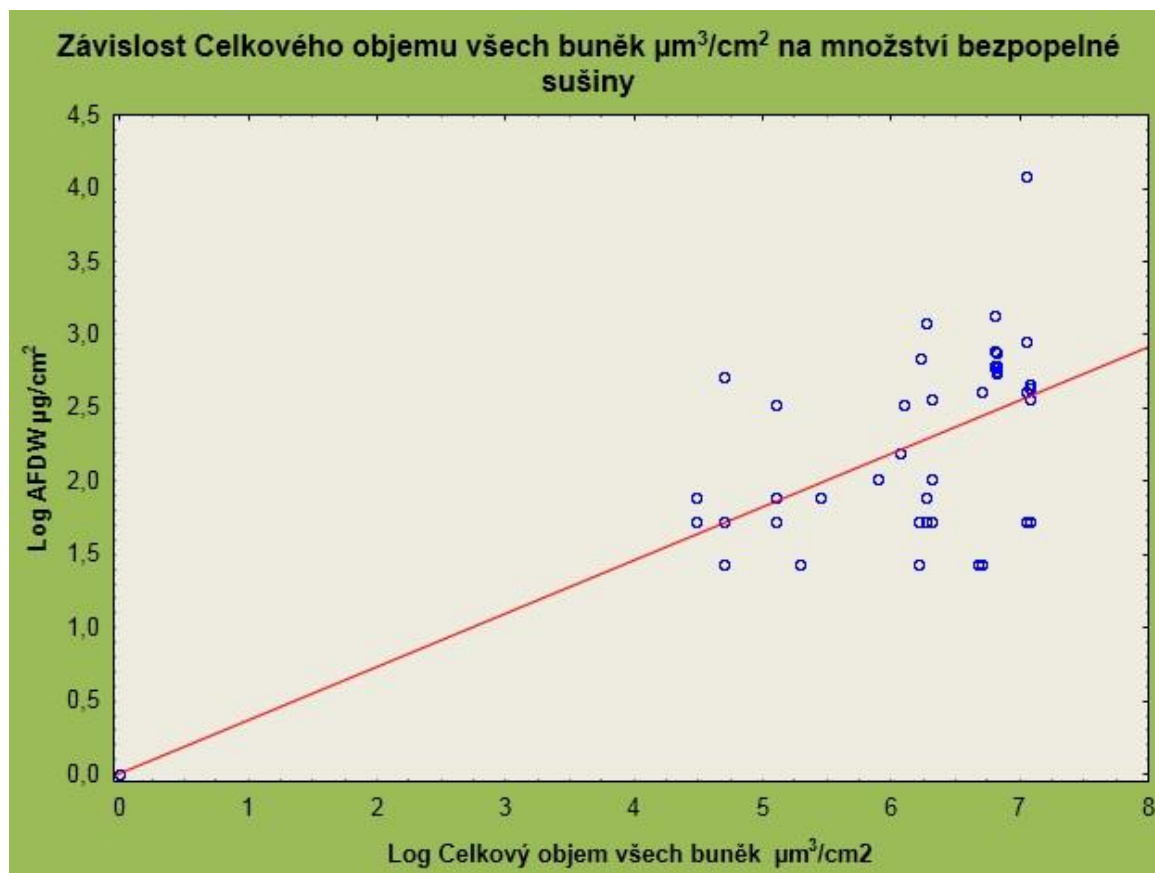
Příloha 13. Závislost počtu buněk na cm^2 na množství bezpopelné sušiny. Rovnice lineární regrese ($y=0,2466+0,7008*x$)



Příloha 14. Závislost celkového objemu všech buněk $\mu\text{m}^3/\text{cm}^2$ na počtu buněk na cm^2 . Rovnice lineární regrese ($y = -0,0655 + 0,4639 * x$)



Příloha 15. Závislost celkového objemu všech buněk $\mu\text{m}^3/\text{cm}^2$ na obsahu chl *a*. Rovnice lineární regrese ($y = 0,0887 + 0,1067 * x$)



Příloha 16. Závislost celkového objemu všech buněk $\mu\text{m}^3/\text{cm}^2$ na množství bezpopelné sušiny. Rovnice lineární regrese ($y = 0,0061 + 0,3636 \cdot x$)