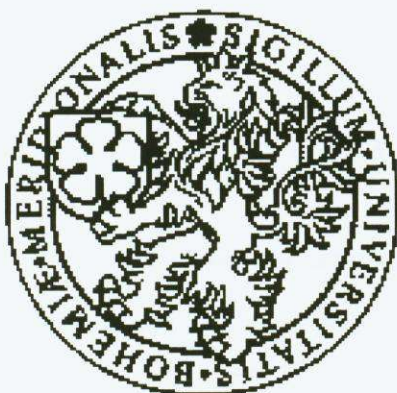


Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zemědělská fakulta

Bakalářská práce

**VLIV RŮZNÝCH DRUHŮ ANTROPOGENNÍ ZÁTĚŽE V
ZEMĚDĚLSKÉ KRAJINĚ NA ORGANISMY.**

**SINICE JAKO BIOINDIKÁTORY ANTROPOGENNÍHO VLIVU NA
PÍSKOVNY V OKOLÍ VESELÍ NAD LUŽNICÍ
(ČESKOBUDĚJOVICKÝ BIOREGION).**



Vypracovala: Hana Kohelová

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Emilie Pecharová, CSc.

Konzultant: RNDr. Jaroslav Boháč, DrSc.

Ve Veselí nad Lužnicí, 2006

Knihovna JU - ZF



3114700290

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Fakulta zemědělská
Katedra ekologie
Akademický rok: 2004/2005

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Hana KOHELOVÁ
Studijní program: B4131 Zemědělství
Studijní obor: Agroekologie

Název tématu: Vliv různých druhů antropogenní zátěže v zemědělské krajině na organismy.
Sinice jako bioindikátory antropogenního vlivu na písčiny okolí Veselí nad Lužnicí (Českobudějovický bioregion).

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

1. Vypracovat literární rešerši problematiky biomonitorování ve vodním prostředí.
2. Seznámit se s taxonomií a autekologií základních druhů sinic vyskytujících se na území ČR.
3. Seznámit se s metodikou odběru vzorků sinic ve stojatých vodách.
4. Seznámit se se statistickými metodami hodnocení vzorků.
5. Odběr vzorků v modelové oblasti.
6. Stanovit druhovou diverzitu a početnost sinic v modelových nádržích, určit možné příčiny přemnožení sinic v písčinnách.
7. Navrhnout opatření pro dlouhodobé monitorování a kontrolu sinic v písčinnách.

Rozsah práce:

30 stran textu vč. tabulek

Rozsah příloh:

mapová a fotografická příloha

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Salanki J., Jeffrey D., Hughes G. M., 1990: *Biological monitoring of the environment*, CAB International, Walingford, 453 pp.

Jeffrey D., Madden B., 1993: *Bioindicators and environmental management*, Academic Press, San Diego etc., 1991, 345 pp.

Munawar M. et al., 1995: *Bioindicators of environmental health*, Ecovision World Monograph Series, SPB Acad. Publ., Amsterdam, 285 pp.

Boháč, J., Tříška J., Tichý R., 1995: *Abstracts of the 8th International Bioindicators Symposium*, Institute of Landscape Ecology, České Budějovice, 1995.

Boháč J.: *Organismy jako bioindikátory měnícího se prostředí. Životné prostredie*. 33 (1999) 126-129.

Vedoucí bakalářské práce:

RNDr. Emilie Pecharová, CSc.
Katedra ekologie

Konzultant bakalářské práce:

RNDr. Jaroslav Boháč, DrSc.
Katedra ekologie a hydrobiologie

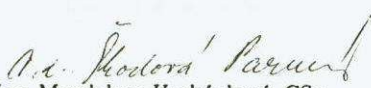
Datum zadání bakalářské práce:

11. února 2005

Termín odevzdání bakalářské práce:


15. dubna 2006

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení ④
Studentská 13
370 05 České Budějovice


prof. Ing. Magdalena Hrabánková, CSc.

děkanka

L.S.


doc. RNDr. Ing. Josef Rajchard, Ph.D.

vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 18. února 2005

Poděkování:

Na tomto místě bych chtěla poděkovat všem, kteří mi s mou prací pomáhali.

Všem lidem z Akademie věd ČR v Českých Budějovicích. Nejvíce však magistře Jitce Jezberové za to, že mě vzala pod svou ochranu, poskytla mi možnost pracovat v její laboratoři, vždy mi radila, ochotně pomáhala, udržovala morálku ve chvílích zoufalství a četla a opravovala tuto práci. Petru Znachorovi, že mi umožnil využívat jeho pracovnu a vybavení, za asistenci při zpracování obrazových příloh, že byl vždy ochoten pomoci a odpovědět na mé hloupé dotazy a v neposlední řadě za laskavé oponování této práce. Elišce Zapomělové, že mi nezištně věnovala svůj čas, kdykoli jsem potřebovala.

Poděkování si zaslouží lidé z Laboratoře aplikované ekologie: RNDr. L. Pechar CSc. za zapůjčování přístrojů a dobré rady. Aleš Vácha a Jana Štichová za pomoc při měřeních v laboratoři. Lidé z ENKI OPS v Třeboni za vyhodnocení vzorků prvků.

Můj dík patří také mým rodičům za veškerou morální a fyzickou podporu. Bez svého otce bych sama nebyla schopna odebírat vzorky.

Svému konzultantovi RNDr. J. Boháčovi DrSc. bych chtěla poděkovat, že mi pomohl při vybírání tématu pro tuto práci a přivedl za těmi správnými lidmi, kteří ji pomohli realizovat. Své vedoucí RNDr. E. Pecharové CSc. děkuji, že zkontrolovala formální a grafickou úpravu této práce.

Také Ing. M. Bumerl a p. D. Večeřová z SOŠ OTŽP ve Veselí mi pomohli nejen zapůjčením pH-metru, když nebyl žádný volný na univerzitě.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně na základě vlastních zjištění, s pomocí osob uvedených v poděkování a s použitím řádně ocitované literatury.

Ve Veselí nad Lužnicí 26.4. 2006

.....
Štěpánková

Obsah

| | |
|---|-----------|
| 1. Úvod | 6 |
| 2. Literární rešerše | 8 |
| 2.1. Co je eutrofizace | 8 |
| 2.2. Projevy eutrofizace | 9 |
| 2.3. Metody odstraňování sinic | 11 |
| 2.4. Charakteristika oddělení <i>Cyanophyta</i> - sinic | 12 |
| 2.4.1. Co jsou sinice | 12 |
| 2.4.2. Rozdělení planktonních sinic | 15 |
| 2.4.3. Podmínky k životu planktonních sinic | 16 |
| 2.4.4. Toxicita sinic "vodního květu" | 17 |
| 2.4.5. Sinice jako alergeny | 21 |
| 3. Materiál a metody | 22 |
| 3.1. Obecná charakteristika oblasti | 22 |
| 3.1.1. Geologie povodí Lužnice a Nežárky | 22 |
| 3.1.2. Charakteristika Veselských pískoven | 22 |
| 3.1.3. Geologický průzkum ložisek | 23 |
| 3.2. Odběr vzorků v terénu | 24 |
| 3.3. Zpracování vzorků v laboratoři | 26 |
| 4. Výsledky | 27 |
| 4.1. Fyzikální parametry pískoven | 27 |
| 4.2. Korelace | 28 |
| 4.3. Chlorofyl <i>a</i> | 29 |
| 4.3. Ionty, ammonium, anionty | 29 |
| 4.4. Nalezené druhy sinic | 30 |
| 4.5. Biomasa planktonu | 31 |
| 4.5.1. Biomasa sinic | 32 |
| 4.6. Mé hodnocení | 32 |
| 5. Diskuse | 34 |
| 5.1. Metodika | 34 |
| 5.2. Fyzikální parametry pískoven | 35 |
| 5.3. Korelace | 36 |
| 5.4. Chlorofyl <i>a</i> | 37 |
| 5.5. Ionty, ammonium, anionty | 37 |
| 5.6. Nalezené druhy sinic | 37 |
| 5.7. Biomasa planktonu | 38 |
| 5.7.1. Biomasa sinic | 39 |
| 6. Závěr | 40 |
| 7. Použitá literatura | 41 |
| 8. Přílohy | 43 |

1. Úvod

Téměř v každé zeměpisné oblasti nalezneme vodu podzemní a tzv. vodu povrchovou – vodní toky, jezera a rybníky. **Voda je nezbytným předpokladem existence života na Zemi.** Vinou lidí na celém světě dochází ke značnému znečištění obou typů vod, a proto je v poslední době věnováno mnoho úsilí k zjištění zdrojů znečištění a k jejich odstranění. Svou neopatrností či nezájmem způsobujeme, že se do vod dostávají látky pro toto prostředí nepřírozené nebo v nepřírozeném množství. Ty zde mohou způsobit změnu jakosti vod, hydrologického režimu, struktury vodních ekosystémů, otravu a vymření života, ale také velké namnožení vodních makro i mikrofyt tzv. **eutrofizaci**. Proto je velmi důležité kvalitu vod sledovat a snažit se zjišťovat a eliminovat bodové i difuzní zdroje.

Již nejméně 25 let je s příchodem jara takřka na celém světě čím dál častěji slyšet o tzv. vodních květech sinic. Ty jsou důsledkem eutrofizace vod.

Začátkem devadesátých let dvacátého století se začínají zakládat, či aktivizovat pracovní skupiny odborníků, zabývajících se problematikou masových rozvojų sinic vodního květu. Také v ČR vznikla v roce 1993 *Pracovní skupina vodní květy sinic* a spolu s ní nadace *Nadatio flos-aque*. Obě se sídlem v Botanickém ústavu AVČR v Brně (MARŠÁLEK, KERŠNER, MARVAN, 1996).

Cíl práce:

Pro svou bakalářskou práci jsem si zvolila téma, které se znečištěním vod souvisí.

Hlavním úkolem mé práce bylo zjistit, jaké druhy planktonních sinic se nalézají ve vybrané lokalitě, v jakém množství se vyskytují a v jakém období dosahují vrcholu. Dále bylo cílem zjistit, jaký vliv má na přemnožení sinic teplota vody, počasí a antropogenní vlivy a podle toho určit preventivní opatření proti možnému přemnožení sinic.

Práci jsem vypracovala na pracovištích ZF JČU a HBU AVČR v Českých Budějovicích. Na HBU AVČR jsem pracovala od 1.12. 2004 do 26.4. 2006. Musela jsem začít takto brzo, aby mohla být stanovena vhodná metodika prací, abych mohla provést zkušební odběry a na nich se naučila zpracovávat vzorky, určovat druhy planktonních organismů, metodu stanovení biomasy a koncentrace chlorofylu *a*. Můj pokus trval od 29.5. 2005 do 2.10. 2005.

Pomůcky potřebné k odběrům jsem si půjčovala na HBU AVČR, pouze pH-metr, opatřený také sondou na měření rozpuštěného kyslíku ve vodě, jsem si půjčovala v LAE. Vzorky odebrané vody jsem zpracovávala na AVČR a také jsem zde stanovovala biomasu planktonu a chlorofyl *a*. Byla jsem proto podle Zákoníku práce poučena o bezpečnosti práce v laboratoři při manipulaci s chemickými látkami a přístroji. Vodivost jsem měřila v LAE, jonty a anionty jsem nechala stanovit v ENKI OPS Třeboň.

2. Literární rešerše

2.1. Co je eutrofizace

Termín zjevně souvisí s pojmem "trofie", tedy úživností vody. Byl zaveden pro případy, kdy se na oligotrofním jezeře začaly projevovat znaky charakteristické pro eutrofní typ vody (MARŠÁLEK, KERŠNER, MARVAN, 1996).

ZNEČIŠTĚNÍ VOD

Vody povrchové i podzemní mohou být kontaminovány organickými i anorganickými látkami. Povrchové vody jsou znečišťovány splachy, povrchovým přítokem, zakalením po silném dešti, okyselením vod v důsledku výplachu rašelinišť, splaškovými vodami ad. (ČÍTEK, SVOBODOVÁ, TESARČÍK, 1992). Podzemní vody ohrožují průsaky a podpovrchový přítok polutantů.

Organické látky se dostávají do vodního sloupce povrchových vod přirozeným způsobem např. opadem listů, při letních záplavách, exkrementy vodního ptactva, zvířením dna při stratifikacích aj. S takovýmto množstvím je příroda zvyklá se vyrovnat a živiny využít.

DUSÍK A FOSFOR

Nepřirozeným způsobem obohacují povrchové i podzemní vodní prostředí o organické látky produkty lidské činnosti. Nejčastěji jde o látky bohaté na **dusík či fosfor** např. veškerý odpad z živočišné výroby chlěvským hnojem počínaje a vodami z jatek a mlékáren konče, odpadní vody ze škrobáren, cukrovarů (ČÍTEK, SVOBODOVÁ, TESARČÍK, 1992), výkrm vodní drůbeže aj. Také anorganické látky mohou být bohaté na N a P např. komunální odpadní vody, které neprošly žádným či špatným biologickým čištěním a průmyslová hnojiva.

Právě dusík a fosfor jsou základní živiny pro **primární producenty**, kterými jsou rostliny vyšší i nižší. Když se v krátkém čase dostane do vody nepřirozeně velké množství dusíkatých a fosforečných látek, nebo při dlouhodobém působení v nižších koncentracích

(ČÍTEK, SVOBODOVÁ, TESARČÍK, 1992), je voda **přesycena živinami**. To ovšem samo o sobě nestačí k tomu, aby došlo k neúnosně zvýšené produkci řas či vyšších rostlin jako hlavnímu průvodnímu jevu eutrofizace. Podmínky pro to, aby se zvýšený trofický potenciál skutečně realizoval, často vzniknou teprve ex post, např. zadržením vody, jejím oteplením, změnou výšky vodního sloupce, biocenotických vztahů. atp. Tedy nastolením podmínek, za níž nežádoucí nárůst rostlinné biomasy teprve může probíhat (MARŠÁLEK, KERŠNER, MARVAN, 1996).

Eutrofizace tedy znamená, že je voda přesycena živinami a důsledkem je přemnožení některé formy vodní flóry.

2.2. Projevy eutrofizace

Podle povahy vodního ekosystému a dané konfigurace vnějších podmínek (MARŠÁLEK, KERŠNER, MARVAN, 1996) může převládnout A) **velký nárůst makrofyt**, B) **vegetační zákal** způsobený zelenými řasami a rozsivkami, při kterém je voda "brčálově" zelená a nejsou vidět jednotlivé organizmy, C) **sinicové vodní květy** - zelenomodré zbarvení, viditelná vlákna, D) **bentické sinice a rozsivky** - jsou vláknité, vytváří "hladinové koberce" plovoucí na bublinkách vyprodukovaného kyslíku (ADÁMEK, ústní sdělení), E) **litorální vláknité řasy** v mělkých stojatých vodách a tocích (MARŠÁLEK, KERŠNER, MARVAN, 1996).

A) Nárůst makrofyt (včetně parožnatek) probíhá-li v únosné míře, je jev spíše vítaný. Záleží ovšem na tom, o který druh jde. U nadměrně eutrofizovaných vod, kdy ekosystém může být zatížen také toxicky působícími látkami, to nebývají vítané druhy např. rod *Lemna* a *Spirodela* (MARŠÁLEK, KERŠNER, MARVAN, 1996). V některých částech světa je velkým problémem tzv. vodní hyacint, v ústí některých velkých řek do moří jsou masivní nárosty mořských řas.

B) K základním problémům **vegetačního zákalu** patří provozní komplikace při vodárenské úpravě vod a snížení průhlednosti. Obvykle je tento stav omezený na jarní období. Když je však narušena možnost vstupu do potravního řetězce, může přetrvávat po

celou vegetační sezónu (MARŠÁLEK, KERŠNER, MARVAN, 1996) a komplikovat rekreaci.

C) Vodní květy dominují zejména v letním období. V tuto dobu jsou ostřeji sledovány vodohospodáři, hygieniky i rekreacektivním obyvatelstvem (MARŠÁLEK, KERŠNER, MARVAN, 96). Nežádoucími aspekty přemnožení je zhoršení fyzikálních vlastností, jako je průhlednost, prokysličení či zápach (zejména při masovém odumírání), možná produkce toxinů (ZAPOMĚLOVÁ, 2004) jako produkty metabolismu a hlavně při rozpadu po smrti a s tím související vznik nežádoucích stavů jakosti vody. To znesnadňuje vodárenskou úpravu a ovlivňuje také rybí obsádku. Ve dne totiž masa sinic produkuje obrovské množství kyslíku, který se stává atakujícím agens, naleptává žábry ryb, poraněná místa se snadno infikují. Dále dochází k zvyšování pH k 9 i k 11. To způsobí, že ryby nemohou vylučovat amoniak už tak poškozenými žábrami a vznikají otravy (ADÁMEK, ústní sdělení). V noci sinice dýchají, ubírají kyslík a živočichové se dusí. CO₂ rozpuštěný ve vodě se s ní slučuje na kyselinu uhličitou (LELLÁK, KUBÍČEK, 1991). V ranních hodinách se může koncentrace kyseliny uhličitě znatelně zvýšit.

U koupajících se může dojít k různým alergickým reakcím těla při styku vody s pokožkou či při požití. Toto nebezpečí hrozí všem obratlovcům, kteří se dostávají do kontaktu s kontaminovanou vodou (ZAPOMĚLOVÁ, 2004).

D) Benthické sinice a rozsivky neobsahují v buňkách aerotopy a vyvíjejí se na dně. Postupem času vyprodukují takové množství kyslíku, který se v bublinkách zachytí mezi vlákny, že je odtrhne od sedimentů a vynese na hladinu. Kyslík dříve či později uniká do atmosféry, aniž by společenstvo přispělo k jeho bilanci ve vodním sloupci. Skutečně hromadný rozvoj těchto společenstev má vysloveně sezónní charakter a postihuje zejména mělké vodní ekosystémy. Nepříjemné je zejména to, že z místa vzniku dochází k šíření (větrem, proudy) po celé ploše nádrže, a tím i k přemísťování jemných sedimentů.

E) Litorální vláknité řasy vytrvávají delší období a během vegetace se u nich střídají dominanty. V nádržích, v kterých dochází k jejich přemnožování, dochází k úměrnému potlačování jak drobného fytoplanktonu, tak i sinic. Rozhodně to však není varianta zvlášť hodná nasměrování (MARŠÁLEK, KERŠNER, MARVAN, 1996).

V obou posledních případech jde také o problém při rekreaci, zápachu z odumřelých těl a možného vzniku toxinů.

2.3. Metody odstraňování sinic

Drobným, volně ve vodě se vznášejícím organismům, se říká plankton. Ten lze rozdělit na fytoplankton a zooplankton, který se fytoplanktonem živí [2].

V úvahu přicházejí postupy aplikované v době výskytu sinic i v době klidových stadií.

Pokud je v nádrži velké množství ryb živících se planktonem, zooplankton je natolik zdecimován, že na účinné odstranění sinic je ho málo. Efekt vysazování dravých ryb jako nástroje boje proti sinicím, je založen na omezení počtu "planktonožravých" ryb, což má za následek podporu zooplanktonu [1].

Variací je metoda namnožení zooplanktonu a až snižující se koncentrace kyslíku dosáhne určité hranice, aplikují se do vody látky, které z velké části zooplankton vyhubí. Krok aplikace dané látky je podmíněn povolením příslušných státních orgánů na základě provedeného šetření. Je třeba se zamyslet, jestli není vhodnější cestou omezení vlivu člověka na ekosystém, který je funkční již mnoho milénií [3].

Možností jsou dále speciální viry, které napadají pouze sinice. Byl zaznamenán podobný virus na nádrži Nové Mlýny a na přehradě Hracholusky. I když doposud nejsou známy všechny okolnosti vzniku takové infekce a není jisté, zda by virus z jedné přehrady účinkoval i v druhé, jede se o velmi perspektivní způsob odstraňování vodního květu. Menší nádrže, koupaliště a bazény lze sice ošetřit přípravkem který sinice zahubí, ale přesto se jeho použití příliš nedoporučuje. Kromě toho, že nadměrná aplikace podobného přípravku ve snaze co nejsnadněji se zbavit vodního květu představuje zátěž pro životní prostředí, dochází také při odumírání vodního květu k uvolňování toxinů [1]. V řece Dyji byly zjištěny houby parazitující na sinici rodu *Microcystis aeruginosa*.

Laboratorně bylo ověřeno, že bičíkovec *Monas guttata* je schopen velmi účinně rozkládat buňky sinice rodu *Microcystis*. Cyanotoxiny však rozkládají heterotrofní bakterie. Nejaktivnějším rozkladačem v testu byl rod *Pseudomonas*, běžně v přírodě se však rozkladači také vyskytují. V potravním řetězci dochází také k akumulaci toxinů. Například škeble rybníčná je schopna kumulovat významné množství různých toxických látek, aniž by na ní bylo možno pozorovat toxický efekt (MARŠÁLEK, KERŠNER, MARVAN, 1996). Vědci usuzují, že takových organismů je více.

Z technických metod je možno použít: 1) Vyplavení části biomasy vodního květu

(násoskový odběr). 2) Odstraňování biomasy v místech dočasného shromažďování (používají se řídké syntetické textilie, či husté sítě). 3) Asanační opatření na dně nádrže (nákladné, účinné pouze při odstranění vnějších zdrojů živin).

Je možné užití i chemických látek patřících mezi koagulanty, flokulanty a algicidy. Nejčastěji jde to síran měďnatý, sloučeniny hliníku, hydroxid vápenatý, manganistan draselný, volný chlor a chlornan sodný, chlorid železitý a síran železitý. Zkoumá se možnost využití herbicidu Roundup fy Monsanto (MARŠÁLEK, KERŠNER, MARVAN, 1996).

2.4. Charakteristika oddělení *Cyanophyta* - sinice

2.4.1. Co jsou sinice

Sinice jsou prokaryotní fototrofní organismy, řadící se do oddělení *Cyanophyta*. Jejich taxonomie je velmi složitá. Odhady četnosti taxonů se pohybují v řádu minimálně 200 rodů a několik tisíc druhů [3].

Sinice byly prvními oxyfototrofními organismy, které osídlily Zemi. Stalo se tak v prekambriu, zhruba před 3,5 miliardami let. Jsou považovány za přímé předky chloroplastů eukaryot (tzv. endosymbiotická teorie (ZAPOMĚLOVÁ, 2004)). Jsou jedněmi z nejjednodušších autotrofních (fotosyntéza i chemosyntéza) organismů. Při nepříznivých podmínkách však dokáží přejít k mixotrofii až k heterotrofii (ADÁMEK, ústní sdělení). To jim umožňuje osidlovat širokou škálu biotopů.

ZPŮSOB ŽIVOTA

Vyskytují se od pramenišť po moře, přežijí na ledovcích, v jeskyních, v horkých vřídlech či ve vzduchu (byly identifikovány jako součást domácího prachu). Dokáží žít uvnitř kamenů v krajích, jakými jsou např. Sahara nebo Antarktida. Společně s houbovými vlákny tvoří stélku lišejníků, žijí v srsti ledních medvědů nebo lenochodů, v symbióze s vyššími rostlinami nebo některými živočichy dokáží žít i uvnitř jejich těl [1]. Jsou bentické i planktonní. Na druhou stranu jsou úzce specializované na určité ekologické podmínky.

Žijí jednotlivě či v koloniích, některé tvoří vlákna. Velikost buněk je většinou 1 - 10,

někdy i desítky μm . Mohou však tvořit makroskopické útvary, nárosty a povlaky na smáčených podkladech. Někdy se seskupují do vláknitých útvarů, aniž by mezi buňkami existovalo fyziologické spojení. Vývojově vyspělejší druhy se rozvětvují (*Stihonema*) (HINDÁK, 1978).

BUŇKY

Tvary kolonií jsou variabilní. Buňky v koloniích mají nejrozličnější uspořádání. Tvar buněk je různorodý - kulovitý, oválný, vejčitý, paličkovitý aj. (HINDÁK, 1978).

Buňky obsahují různé asimilační pigmenty (chlorofyl *a*, fykobiliproteiny, chybí chlorofyl *b*), které jsou rozmístěné po obvodu. Výsledná barva je olivově zelená, fialková, modrozelená (odtud anglický název blue-green algae), až dočerna (HINDÁK, 1978). Nemají jádro, jaderná hmota je shluknutá v centrální části buněk (ADÁMEK, ústní sdělení). Protoplast není diferencovaný na jednotlivé orgány (HINDÁK, 1978). Kruhová molekula DNA může být jedna i několik.

Nejnápadnějším útvarem uvnitř buňky sinice jsou thylakoidy. V jejich membráně jsou obsaženy xanthofyly, α - i β -karoten a chlorofyl *a*. Na povrchu thylakoidu jsou tzv. fykobilizomy. Značná citlivost tohoto typu světlosběrné antény, umožňuje m.j. fotosyntézu sinic při velmi nízké hladině osvětlení.

Buňka je obalena pevnou buněčnou stěnou tvořenou peptidoglykany. Stěna vykazuje gramnegativní reakci. Je ze čtyř vrstev a mezi dvěma z nich byla u některých sinic nalezena vrstva klouzavých mikrofibril, umožňujících drkání. Na povrchu stěny bývá vrstva slizu - často vrstevnatého - který je občas intenzivně zbarven [3], některé sinice mají buňky v obalech či pochvách (HINDÁK, 1978). Pod povrchem stěny je plazmatická membrána. Ta slouží k aktivnímu transportu iontů a exkreci látek, zahajuje oddělování dceřinných protoplastů. Je sídlem dýchacích enzymů, odškrucují se z ní thylakoidy [3].

ROZMNOŽOVÁNÍ

Buňky se nepohlavně rozmnožují dělením na 2 části. Rozšiřují se vegetativně částmi stélek, jednotlivými vlákny či jejich úlomky, jednotlivými buňkami uvolňujícími se z vláken. Malá skupina jednobuněčných a koloniálních sinic se rozmnožuje endosporami. U sinic se nikdy nevytváří aktivně pohyblivé rozmnožovací stádia (HINDÁK, 1998). Při

buněčném dělení nevzniká žádné mitotické vřeténko [3].

SINICE X ZELENÉ ŘASY

Jsou konkurenceschopnější než zelené řasy díky schopnosti růst v nízkých intenzitách ozáření, díky schopnosti využívat dusík přímo ze vzduchu (zejména druhy tvořící "vodní květy"), celkově dokáží využít nižší koncentrace N : P než zelené řasy a v letním období obvykle přerostou eukaryotní složky fytoplanktonu (ZAPOMĚLOVÁ, 2004).

Sinice blokují živiny, tzn. jsou potravou jiných organismů jen v minimálním množství pro svou velikost, toxicitu (ADÁMEK, ústní sdělení) a pravděpodobně i malou energetickou hodnotu.

U řas potenciální konzumovatelnost vodními filtrátory určují rozměry buněk. Jako konzumovatelná biomasa se obvykle označují řasy, jejichž nejdelší rozměr nepřesahuje 40 μm . Takový fytoplankton je přístupný perloočkám rodu *Daphnia* (zejm. *D. galenata*). Velikost 20 μm se uvádí jako horní hranice konzumovatelnosti řas vířníky a drobnými perloočkami (ZAPOMĚLOVÁ, 2001).

Významnou měrou se sinice podílí také na cyklu dusíku, neboť patří mezi nemnoho mikrobiálních skupin, které jsou schopny fixovat molekulární dusík N_2 a přeměňovat ho v NH_4^+ , jenž je přístupný ostatním organismům (ZAPOMĚLOVÁ, 2004).

ZVLÁŠTNOSTI

Specialitou některých druhů je schopnost asimilovat vzdušný dusík (*Anabaena*, *Nostoc*) (HINDÁK, 1978) pomocí specializovaných buněk - heterocytů. Další zvláštností jsou akinety vznikající z vegetativních buněk. Slouží k přežití nepříznivých podmínek [3].

Některé druhy produkují nebezpečné toxiny jako produkty metabolismu, ale hlavně při rozpadu po smrti - proto se tak obáváme jejich přemnožení. Dalšími důsledky masového výskytu je zhoršení průhlednosti, prokysličenosti, zápach (ZAPOMĚLOVÁ, 2004), znesnadnění vodárenské úpravy aj.

Sinice jsou i výrazný geologický činitel. Pro naše území má největší význam tvorba travertinu. Srážení rozpuštěných solí (vápenatých a železitých) z minerálních vod závisí na teplotě a koncentraci CO_2 . Fotosyntézou sinic se ve vodě sníží koncentrace CO_2 , soli se

vysráží a vzniká hornina travertin.

Globálně je nejvýznamnější tvorba stromatolitů. Jedná se o hříbovité útvary, které vznikají usazováním především uhličitanu vápenatého v pochvách sinic. Dnes jsou to ojedinělé útvary (největší současný výskyt mají v Austrálii a na Bahamách), ale v prekambriických horninách se vyskytují velice často [3].

2.4.2. Rozdělení planktonních sinic

I. PIKOPLANKTONNÍ DRUHY

Jsou to jednotlivě žijící solitérní buňky, obvykle menší než 3 μm v průměru. Dosud byly nalezeny v několika hlavních biotopech: 1) v malých hypertrofních nádržích, kde vytvářejí téměř monokulturní populace, projevující se modrozeleným vegetativním zbarvením vody; 2) v oligotrofních a mezotrofních jezerech, kde se často rozvíjejí v hlubších vrstvách; 3) v brakických nádržích, jezerech a různých stojatých vodách se zvýšenou salinitou, a 4) v planktonu moří a oceánů.

Patří sem rody *Cyanobium*, *Synechococcus* a *Synechocystis*. Liší se životní strategií, způsobem dělení a částečně i základním tvarem vegetativních buněk, což umožňuje jejich určování.

II. NANOPLANKTONNÍ DRUHY

Většinou mikroskopické koloniální sinice s buňkami o velikosti obvykle od 0,5 do 6 μm , obklopeny různě utvářeným, bezbarvým slizem. Kolonie jsou amorfnní a nepravidelné, více méně kulovité nebo ploténkovité. Buňky bez aerotopů, či jen s ojedinělými v centru buněk, nebo u příčných přepážek. Velké množství druhů je kokálních a vláknitých.

Silně vyvinuté populace způsobují zelenavé či olivově zelené vegetační zbarvení vody, nikoli makroskopicky patrný vodní květ. Jsou součástí planktonních populací, monokultury vznikají zřídka. Jejich diverzita je největší v oligotrofních a mezotrofních stojatých vodách.

Z koloniálních rodů je nejčastější *Aphanocapsa*, *Aphanothece*, *Cyanodictyon*, *Merismopedia*. Z vláknitých čeledí *Pseudanabaenaceae*.

III. DRUHY TVOŘÍCÍ "VODNÍ KVĚTY"

Tato skupina obsahuje soubor druhů z rodů, charakterizovaných schopností tvořit v buňkách plynové měchýřky, sdružené do skupin = aerotopů (Komárek, 1999), pro uchování vzduchu. Další výhodou aerotopů je stlačitelnost, která způsobí pokles do hlubších vrstev a obráceně.

Kolonie sinic tohoto typu jsou při silnějším rozvoji makroskopicky patrné, vyvíjejí se ve formě vloček různého charakteru. Při masovém rozvoji tvoří "vodní květ" silnou biomasu.

Z kokálních rodů jsou nejdůležitější *Microcystis* a *Woronichinia*, z vláknitých *Planktothrix*. Nejvíce rodů ve "vodních květech" je z řádu Nostocales, tj. ze skupiny vláknitých sinic, schopných vytvářet i heterocyty a akinety. Nejčastějšími zástupci jsou rody *Anabaena* a *Aphanizomenon*. Významný rod *Nodularia* je hojný v Baltském moři. Nejvýznamnější silně toxický tropický druh *Cylindrospermopsis raciborskii* má v posledních letech invazní tendenci do mírných pásem a jsou známy silné populace z celého povodí Dunaje. V povodí Labe se však zatím podstatně neprojevil.

OSTATNÍ

Na vlákních sinic i jiných řas a ve slizu koloniálních druhů se vyskytují charakteristické druhy, vázané pouze na tento způsob života - epifytické druhy.

Do vodního sloupce se někdy uvolňují fragmenty vláken bentických druhů z rodu *Phormidium*, v menší míře z čeledí *Pseudanabaenaceae* nebo *Oscillatoriaceae*.

Endogloeické druhy jsou vázány výlučně na život ve slizu jiných sinic. Ve slizu planktonních sinic jsou to z jednobuněčných zástupci rodu *Aphanothece* a *Synechocystis*, z vláknitých zejména druhy rodu *Pseudanabaena* (KOMÁREK, 1999).

2.4.3. Podmínky k životu planktonních sinic

Ve většině našich přehrad a rybníků se vyskytují sinice po celý rok jako přirozená součást společenstva fytoplanktonu [1].

Přezimovávají v bahně. Začátkem června, když bentos dosáhne teploty 6 - 10 °C, začínají migrovat do pelagiálu do eufotické zóny a vytlačují řasy. Vrchol rozvoje bývá v

červenci až srpnu. Koncem léta část klesá ke dnu a přezimuje, část stoupá až na hladinu, kde odumírá (ADÁMEK, ústní sdělení).

Jsou známy některé okolnosti, které svědčí počátečnímu rozvoji sinic. Jsou to zejména teplota vody u dna (sinice přezimují ve zvodnatělé vrstvě sedimentů) alespoň 10 °C, pH alespoň 6,5 (sinice preferují alkalickou reakci), také částečná anoxie u dna může podpořit nastartování masového rozvoje [4]. Další rozvoj v sezóně se podpoří, když dojde k zadržení vody, jejímu oteplení, změně výšky vodního sloupce atp.

V našich často eutrofizovaných vodách se nezdá, že N a P přestávají být pro sinice limitujícími. Podstatným faktorem je však vzájemný poměr těchto prvků. Průzkum prokázal, že v lokalitách, kde byl hmotnostní poměr celkového dusíku k celkovému fosforu nízký, biomasa sinic tvořila významnější část společenstva, než když byl poměr vyšší.

Vyšší hladiny osvětlení sinicím nevadí, ale mohou se někdy projevit fotoinhibičně a podpořit tak rozvoj zelených řas. Ty se potom mohou stát dominantními a inhibovat sinice. Některé druhy, např. *Microcystis*, se umí ozáření bránit produkcí ochranných pigmentů na bázi karotenoidů (MARŠÁLEK, KERŠNER, MARVAN, 1996).

2.4.4. Toxicita sinic "vodního květu"

Sinice produkují množství biologicky aktivních látek, mezi které řadíme vitamíny, hormony, enzymy, antibiotika, pachotvorné látky, pachutě, atd [4]. Dále dokáží tvořit celou řadu velmi jedovatých látek - toxinů, nebo mohou fungovat jako spouštěče alergické reakce- alergeny.

Toxiny sinic jsou látky sekundárního metabolismu, tedy látky, které nejsou využívány organismem pro jeho primární metabolismus [3]. Srovnáváme-li je s ostatními přírodními toxiny, jsou toxičtější než toxiny vyšších rostlin a hub, zároveň jsou méně toxické než bakteriální toxiny. Jsou nejčastěji děleny podle metod detekce na cytotoxiny a biotoxiny. Cytotoxiny vykazují široké spektrum aktivit proti bakteriím, houbám, řasám, prvokům a savcím tkáňovým kulturám. [4]. Jsou-li kultivovány v řízených podmínkách, mohou být zdrojem perspektivních biologických pesticidů a farmakologicky velmi účinných selektivních cytostatik (využití v onkologii), virocidních látek (patenty proti viru HIV) apod. [2].

K tomu aby se škodlivé účinky na zdraví projeví, se musí cyanotoxiny do organismu nejdříve dostat. K tomu dochází nejčastěji náhodným požitím kontaminované vody. Pokud člověk, či zvíře nevypije najednou velké množství vody se sinicemi nebo nepije tuto vodu opakovaně, nehrozí mu velké nebezpečí [1]. Běžně lidé při koupání vypijí zhruba 1 - 2 dcl vody. Riziko se zvyšuje u dětí, které vody vypijí zpravidla více a jejich tělesná hmotnost je menší. Jak se zachovat při nechtěném požití vody se sinicemi? Pravděpodobně nejúčinnější terapie je prevence absorpce toxinu do organismu. Toho lze u člověka účinně docílit aplikací práškového aktivního uhlí nebo živočišného uhlí [2].

Jako zajímavost uvádím seznam toxinů produkovaných sinicemi "vodního květu". Dělení je podle článku (Sinice. Toxicita sinic vodního květu [3]) K. Buzka.

Alkaloidní neurotoxiny sinic

Názvy toxinů: Anatoxin a, anatoxin a(s), anatoxin b, homoanatoxin, saxitoxin, neosaxitoxin, aphantoxin 1-5.

Producenti: Anabaena, Aphanizomenon, Oscillatoria, Trichodesmium, Cylindrospermopsis, Lyngbya, Planktothrix, Nostoc.

Příznaky intoxikace: Sladkovodní sinice produkují zejména anatoxin a aphantoxin. Oba blokují sodíkové kanály membrán, aniž by ovlivnily jejich propustnost pro draslík. Intenzivně působí neurotoxiny na zvířata. Nejčastější diagnózy jsou křeče pohybového svalstva, nekoordinované pohyby, dávení, záchvaty zuřivosti, ztráta stability, dušení a následná smrt udušením. Efekt během 5 minut. Nejznámější jsou příznaky u koní, dobytka, psů, ptáků - hlavně divoké kachny a domácí drůbež, typické jsou křečovitě pohyby ryb u břehů. Znamý je vliv na srdeční sval u koryšů.

Komentář: Účinné látky jsou nazývány podle původce. Anatoxin byl první neurotoxin izolovaný ze sladkovodních sinic. LD₅₀ 20 µg/kg ž.v., smrt myši nastává během 30 min s diagnózou srovnatelnou s insekticidy na bázi organofosfátů. Je velmi termolabilní, destrukce nastává při teplotách nad 40°C v alkalickém prostředí. Jako antagonist anatoxinu může být použit atropin.

Aphantoxiny 1-5 nejčastěji produkované sinicemi rodu *Aphanisomenon*. LD₅₀ (myš intraperitoneálně) 10 µg/kg ž.v. Smrt nastává během pěti minut.

Neurotoxiny mají ve vyváženém ekosystému malou stabilitu. Inaktivují se při teplotách nad 40°C. Akutní otravy jsou známy u hospodářských zvířat a vodního ptactva.

Paralytické toxiny

Typ toxinu: Saxitoxin, neosaxitoxin, gonyautoxin, tetrodotoxin

Producenti: *Gonyaulax*, *Alexandrium* (cysty 10x toxičtější než veg. buňky), bentické obrněnky, sinice *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis*, *Anabaena*

Příznaky intoxikace: PSP jsou rychle absorbovány v zažívacím traktu, příznaky za 1 - 3 min, zvracení, extrémně nízký tlak, nevolnost, vliv na neuromuskulární a

kardiovaskulární systém, smrt udušením.

Hepatotoxiny

Alkaloidní hepatotoxiny sinic

Název toxinu: Cylindrospermopsin

Producenti: *Trichodesmium*, *Umezakia*, *Cylindrospermopsis*, *Aphanizomenon*

Příznaky: Poškození tkáně jater a ledvin, nekrózy plic, srdce, sleziny, nadledvinek a brzlíku.

Peptidické hepatotoxiny sinic

Typ toxinu: Microcystiny (cyanoginosin), cyklické heptapeptidy, Nodularin

Producenti: *Microcystis*, *Anabaena*, *Planktothrix*, *Nostoc*, *Anabaenopsis*, *Nodularia*, ...

Příznaky intoxikace nodularinem: Zvýšená hladina jaterních enzymů v krevním séru a další indikátory poškození jater, destrukce parenchymatických buněk jater, histopatologické změny jaterní tkáně, mikroembolie plic a ledvin. Cytoskeleton jaterních buněk se hroutí, na játrech pozorujeme nekrózy, edémy, bytnění.

Typ toxinu: Microviridin - tetradekapeptid

Producent: *Microcystis viridis*

Příznaky intoxikace: Destrukce parenchymatických buněk jater.

Klinické příznaky vlivu hepatotoxinů: Efekt u teplotokrevných obratlovců: zeslábnost, nechutenství, zimomřivost. Játra se zvětšují o 50 - 60 %, cytoskeleton jaterních buněk se bortí, na játrech jsou léze a nekrózy. Také ledviny jsou zvětšeny. Snímky z elektronového mikroskopu prokazují postupnou destrukci jaterních buněk a nakonec celkovou lyzi. Experimenty in vivo nemohou být pozorovány v in vitro modelech.

Komentář: Hepatotoxiny jsou cyklické. Sladkovodními sinicemi jsou produkovány zejména microcystiny a microviridiny (produkované *Microcystis viridis*). Jde o velmi termostabilní látky, jejichž aktivita není omezena ani po několika hodinách varu.

Je známo 28 různých microcystinů. Jsou monocyklické, mají značnou termostabilitu a rezistenci vůči proteolýze. Nejčastěji studovaný a nejrozšířenější je Microcystin LR, LD₅₀ 40 - 45 mg/kg ž. v. Microcystiny LA, YR, YM a YA, LD₅₀ 60 - 70 mg/kg ž. v. Microcystin LR, LD₅₀ 250 mg/kg ž. v.

Tumor Promoting Factors

Typ toxinu: Microcystiny, nodularin, ...

Producenti: *Microcystis*, *Nodularia*, ...

Komentář: Že microcystin může být i silným tumorovým promotorem, bylo potvrzeno v pokusech in vivo. Orální podávání hrubého extraktu microcystinu vyvolalo kožní nádory u myši a podávání čistého purifikovaného preparátu microcystinu LR vedlo k indukci jaterního nádoru. Nejen tento typ, ale i další deriváty působí na molekulární úrovni jako inhibitor proteinfosfatázy. To nejčastěji vyvolá různé typy hepatitid. Byl prokázán vliv cyanotoxinů na stimulaci procesů vedoucích k rakovině kůže a jater.

Při dlouhodobém působení (21 dnů) extraktu toxické *Microcystis aeruginosa* na myši s oholenou kůží, byly prokázány procesy startující rakovinu kůže. Další skupina myši byla krmena granulemi z *Microcystis aeruginosa* (hepatotoxická) a porovnána se skupinou krmenou granulemi s *Anabaena* (neurotoxická, bez hepatotoxinů). Průkazné zvýšení počtu rakoviny kůže a jater bylo u skupiny krmené *M. aeruginosa*, u skupiny krmené *Anabaenou* nebyly nádory nalezeny. Jiné práce byly prováděny na kozách a krysách. Z 8 zkoumaných látek byl mikrocystin LR nejsilnější aktivátor růstu rakovinných buněk, aktivnější než dietylnitrosamin. Také nodularin (produkovaný rodem *Nodularia*), má hepatotoxickou aktivitu. Epidemiologické studie přinášejí důkazy o prokazatelném zvyšování rakoviny jater u lidí, kteří jsou odkázáni na zdroj pitné vody s masovým rozvojem vodních květů.

Cytotoxiny

Sinice produkují skupinu látek s cytotoxickými a cytostatickými účinky. Proto jsou často označovány za nadějně z pohledu farmaceutických výzkumů. Sinice rodu *Tolypothrix* produkuje cytotoxin tubercidin, mající prokazatelné protinádorové aktivity.

Obecně lze říci, že čerstvé izoláty z přírodních podmínek vykazují vyšší schopnost produkce cytotoxických, baktericidních, fungicidních a jiných biologicky aktivních látek, než čisté kmeny, po mnoho generací pasážované ve sterilních podmínkách. Některé kmeny si však aktivitu podrží déle a jsou předmětem masových kultivací, např. sinice *Spirulina subsalsa* nebo řasa *Chlorella pyrenoidosa* produkují cytostatika zabraňující rozvoji určitého typu nádorů.

Prymnetoxiny

Typ toxinu: Proteolipidy

Producent: *Chrysochromulina*, *Prymnesium*, *Zlativky*

Komentář: Rozklad krevních buněk, cytotoxicita, ichtyotoxicita (jen na žábra - obojživelník po metamorfóze není intoxikován, pulec umírá do 5 min). Tyto proteolipidy vykazují baktericidní a fungicidní účinek.

Embryotoxiny

Vliv cyanotoxinů na poruchy vývoje a růstu plodu, nekrózy a metabolickou aktivitu či srdeční tep plodu je studován na kuřecích embryích nebo na rybích embryích. Přibližně 23 - 25 % izolátů sinic z australských vod vykazovalo embryotoxicitu.

DERMATOTOXICKÉ ALKALOIDY SINIC

Název toxinu: Aplysiatoxin, lyngbyatoxin a chemicky neidentifikované frakce sinic.

Producent: *Trichodesmium*, *Umezakia*, *Cylindrospermopsis*, *Aphanizomenon*, *Schizotrix*, *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Nostoc* a další

Komentář: Aktivátory proteinkinasy c, poruchy vodní a solné bilance buněk, imunotoxikanty. Po požití záněty trávicího traktu, při kontaktu ekzémy, dermatitidy.

Genotoxiny a mutageny

Mutagenní a genotoxická aktivita byla prokázána z frakcí sinic obsahující microcystiny a další neidentifikovatelné biotoxiny. Mutagenní metabolity jsou často potenciálními karcinogeny.

Lipopolysacharidy

Příznaky: Zvýšená permeabilita kapilár pro bílkoviny, vliv na nespecifickou imunitní odezvu, puchýřky, otoky, pravěpodobně vliv na imunitní systém, průjmy, žaludeční nevolnosti a křeče. U lidí vyvolávají alergické podráždění kůže, zvracení a bolesti hlavy.

Imunotoxiny, imunomodulátory a imunosupresory

Nejčastější reakcí na přítomnost vodního květu jsou alergie. Nejohroženější skupinou jsou děti a starší či nemocní lidé. U nich lze očekávat oslabení imunitních reakcí, zeslábnost a permanentní únavu až malátnost [3].

2.4.5. Sinice jako alergen

Pozornost si zaslouží jako potencionální alergen pro své rozšíření a vysoký obsah proteinů. Problematika sinic jako alergenů se dostává do popředí teprve v posledních letech, kdy se obecně hovoří o vysoké citlivosti obyvatel na alergenní podněty. Proto není dosud k dispozici dostatek ověřených údajů. Alergie na sinice jsou ovšem známy již z bývalého Československa z let šedesátých. Obecně lze konstatovat, že počet alergiků vzrůstá. Odborníci diskutují o tom, zda jde o obecný trend zvyšující se citlivosti lidské populace vlivem životního stylu a prostředí, či se opravdu mění struktura a aktivita alergenů. Ústav sér a očkovacích látek dosud vyráběl omezený sortiment i množství diagnostických alergenů ze sinic: *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Cladophora*, *Chlorella*, *Scenedesmus* a *Spirogyra*. V současnosti však již nepostihují spektrum sinic, které se často i masivně rozrůstají ve vodárenských a rekreačních nádržích ČR [3].

3. Materiál a metody

3.1. Obecná charakteristika oblasti

3.1.1. Geologie povodí Lužnice a Nežárky

Povodí Lužnice a Nežárky patří geologicky k Českému masívu. Jejich geologický podklad tvoří horniny moldanubika a druhohorní a třetihorní sedimenty Třeboňské pánve.

V třetihorách vyvolal mocný alpínský horotvorný pochod mohutný tlak na Český masív. Došlo ke zdvižení jihočeské oblasti. Když tlak povolil, došlo k poklesu ker mezi středočeským žulovým masívem a centrálním žulovým masívem na jihu. Tak vznikla rozsáhlá Jihočeská pánev. Do ní stékaly vody z okolí a vytvořily rozsáhlé jezero s četnými zálivy. Nánosy dosahovaly místy i 300 - 500 m.

Lužnice a Nežárka zde mají podloží štěrkopískové. Tato ložiska jsou významnou součástí nerostného bohatství kraje. Nejvíce se jich nachází v povodí Lužnice a jejího přítoku Dračice. Těžba štěrkopísků probíhala či probíhá v Halámkách, Chlumu u Třeboně, Tušti, Frahelži, Valu, Vlkově a Roudné. V povodí Nežárky jsou ložiska ve Stráži nad Nežárkou, Mláce a na Jemčině (KOTRABOVÁ, 1993).

3.1.2. Charakteristika Veselských pískoven

Ložisko říčních štěrkopísků se nachází mezi řekami Lužnicí a Nežárkou, nad jejich soutokem. Jejich těžba proběhla v letech 1963 - 1993 zhruba dva km výše proti proudu, v místě mokřadů a zaplavovaných luk. Z ekologického hlediska bylo touto činností celé území dokonale zdevastováno. Po ukončení těžby však byly břehy upraveny podle plánů rekultivace a postupně začaly zarůstat a včleňovat se do krajiny. Dnes je celé toto území cennou součástí CHKO a BR Třeboňsko, nejen výskytem některých zvláště chráněných druhů rostlin a živočichů.

Při těžbě vzniklo zatopením těžebních jam celkem pět velkých nádrží - tzv. pískoven. Jejich hloubka je poměrně malá kvůli tehdejší nedokonalé technice.

Díky malé úživnosti místních písků jsou tato umělá "jezera" mezoooligotrofní. Průsakem dochází k obměně vody.

Nádrže jsou hojně navštěvované a využívány k rekreaci i sportovnímu rybolovu.

Rybí obsádka je každoročně doplňována z výlovů o množství, které bylo v předešlé sezóně odchyceno. Sestává především z kaprovitých ryb s převahou kapra, cejnů, plotice a perlína. Jsou zde zastoupeni i býložraví tolstolobik a amur. Méně je dravců - okoun, štika, bolen, sumec, candát.

Tabulka 1: Základní údaje o pískovných

| | Vlkov | Veselí | Veselí I | Horusice | Horusice I |
|----------------------|--------------------|--------------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| těžba r. | 1963 - 1986 | 1963 - 1986 | 1981 - 1986 | 1972 - 1993 | 1977 - 1986 |
| velikost [ha] | 46 | 10 | 24 | 23 ha + 7 ha ještě možno odtěžit | 15 |
| průměrná hloubka [m] | 2,8 | 3,5 | 3,5 | 6,5 | 2,5 |

3.1.3. Geologický průzkum ložisek

Geologický průzkum z let 1976 - 1979 pro dobývací prostor Veselí n. Luž. - Vlkov vyhodnotil 5 363 000 m³ zásob štěrkopísku. Ložisko je součástí terasového systému Lužnice a částečně Nežárky a můžeme je začlenit do široké soutokové oblasti obou řek jako jednu část. Z mapy je možno vyčíst 2 souběžná staropleistocenní koryta o nestejně hloubce. Báze neprůtočných částí dosahuje hloubky 393 m. n. m. Písky je možno charakterizovat jako typickou sedimentaci řeky.

Sedimentační soutoková oblast náleží k würmským stupňům obou řek. Na sedimentačním procesu se v největší míře podílela Lužnice.

Štěrkopískové ložisko je možno charakterizovat jako středně zrnité písky s nízkým obsahem štěrkové frakce. Mocnosti užitkové suroviny na ložisku značně kolísají. Největší jsou v korytové depresi - až 15 m, bez dosažení podloží. Těžitelnost ovlivňuje velmi nestálá a poměrně vysoká mocnost povodňových hlin. Navíc ložisko obsahuje polohy jemně písčitých kvarterních jíílů a ve svrchních partiích kmeny stromů.

Zrnitostně převládá na ložisku frakce pod 4 mm (GEOLOGICKÝ PRŮZKUM, 1976 - 79).

Geologický průzkum z let 1970 - 1971 pro dobývací prostor Horusice - Vlkov vyhodnotil 3 108 000 m³ zásob štěrkopísku. Ložisko je tvořeno terasovými slabě štěrkovitými písky náležejícími k pleistocenní terase. Nadmořská výška terasy v prostoru průzkumu je 410 m. n. m. Štěrkopísky jsou akumulovány ve výrazné depresi v podloží představující prakoryto řeky. Zde je mocnost nánosů až 17 m.

Velká část ložiska je zvodnělá. Nadloží tvoří písčité humózní hlíny, písčité náplavové jíly s četnými úlomky recentních dřev a technologicky nevhodné štěrkopísky.

Podloží je z větší části tvořeno miocenními písčitymi jíly. Dílem spočívají kvarterní písky přímo na horninách krystalinika.

Ložiskovou výplň jsou středně až hrubě zrnité štěrkovité písky. Obsah štěrkové frakce je malý. Charakteristické je střídání jemnozrnných písků s písky hrubšího zrna. Písčité frakce tvoří 80 - 90 %.

Těžební prostor leží v inundačním území řeky Lužnice na obou březích. Těžba postupovala tak, že bylo zachováno dosavadní řečiště s ochranným pásmem 50 m po obou březích řeky od koruny hráze.

Dobývání štěrkopísků bylo prováděno, na všech "jezerech", systémem vodní těžby rypadlem s max. dosahem 9 m pod hladinu vody. Vytěžený materiál byl nakládán na lodi a dopravován do blízkosti haldovacích prostorů, vypuštěn do vody a znovu těžben na haldy. Tím se snížila jílovitost a humusovitost suroviny. Na břehu bylo třídící zařízení.

Zábor půdy se řídil potřebami těžby. Průměrně za rok bylo zabíráno 5 - 7 ha (GEOLOGICKÝ PRŮZKUM, 1970 - 71).

3.2. Odběr vzorků v terénu

Pro svou práci jsem si zvolila dvě z pěti pískoven – Vlkov a Veselí – protože jsou nejlépe dostupné, hojně využívané rekreanty i rybáři a těžba na nich začala nejdříve.

Prováděla jsem odběry pravidelně každé tři týdny z lodi, vždy ve stejném místě, ve stejnou denní dobu, po dobu jedné sezóny od 29.5. do 2. 10. 2005.

Nejdříve jsem si našla místo s největší hloubkou ve střední části pískovny, zapsala si

orientační body a vyrobila kotvu. Na obou jezerech jsem odebírala jen z jednoho místa.

Planktonní síť o velikosti ok 40 μm jsem odebrala živý (tzv. zahuštěný) vzorek 2 x 50 ml do 100 ml PET lahviček pro možnost sledování živého materiálu a pro fixaci formaldehydem. Pomocí Friedingerova odběrného zařízení jsem odebrala živý nezahuštěný vzorek planktonu z hloubky 1 - 1,5 m a vypustila do vypláchnuté dvoulitrové PET lahve. Sondou v hloubce 1,5 m jsem změřila O_2 [%], mg.l^{-1}], teplotu [$^{\circ}\text{C}$], pH, Secchi diskem jsem zjistila průhlednost.

Všechny vzorky jsem ukládala do chladicí tašky, doma jsem je dala do lednice a druhý den zpracovala v laboratoři.



Obrázek 1: Pomůcky používané v terénu: chladicí taška, PET lahvičky, planktonní síť, pH-metr se sondou na měření pH, teploty a O_2 , Secchi disk, Friedingerovo odběrné zařízení.

3.3. Zpracování vzorků v laboratoři

V laboratoři jsem nejdříve sondou změřila vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$], teprve potom jsem vodu začala zpracovávat. Z dvoulitrové PET lahve s neupraveným vzorkem jsem odlila do skleněné lahvičky a fixovala Lugolovým roztokem tak, aby výsledný vzorek měl čajovou barvu. Poté jsem oddělila část do 100 ml PET lahvičky pro stanovení celkového fosforu. Ze zbytku jsem pomocí skleněné frity a vývěvy filtrovala 2x takový objem, aby se filtr zbarvil. Používala jsem GF/C filtry. Filtry jsem vysušila silikagelem a nechala vyhodnotit množství chlorofylu *a*. Množství chlorofylu *a* bylo stanoveno po extrakci do 90 % acetonu metodou podle Lorenzena ((spolupráce s M. Vožechovou, AVČR) (LORENZEN in ZAPOMĚLOVÁ, 2001)).

Filtrát jsem rozdělila do 100 ml PET lahviček a uchovala v mrazáku, spolu s vzorkem na celkový fosfor, pro zjištění iontů, rozpuštěného fosforu a dusíku.

Část živého materiálu jsem mikroskopovala mikroskopem Olympus BX 51 a fotografovala digitální kamerou Olympus DP 70. Část jsem fixovala 40 % formaldehydem tak, aby výsledná koncentrace byla přibližně 2 %. Fytoplankton jsem stanovila pomocí Utermöhl sedimentační metody na obráceném mikroskopu Olympus IMT-2 (LUND in ZAPOMĚLOVÁ, 2001). Průměrné rozměry buněk jsem použila na výpočet biomasy počítaných druhů.



Obrázek 2: Autorka při počítání buněk fytoplanktonu na obráceném mikroskopu.

4. Výsledky

4.1. Fyzikální parametry pískoven

Fyzikální parametry naměřené při odběrech z obou pískoven jsou uvedeny v tabulce 2 Přílohy 2.

Hodnoty **pH** v hloubce 1,5 m se v pískovně Veselí pohybovaly od 7,61 (7.9.) do 5,7 (19.6.), většinou se však držely kolem pH 7. V pískovně Vlkov se hodnoty **pH** v hloubce 1,5 m pohybovaly od 6,64 (19.6.) do 8,22 (7.9.), většinou se také držely kolem pH 7. Z těchto hodnot je patrné, že pískovny jsou spíše neutrální a neobsahují tak velkou biomasu vodních mikroorganismů, která by pH výrazně ovlivňovala.

Nádrže se od sebe teplotně příliš nelišily, proto jsem v grafu 1 Příloha 3 znázornila průměrné teploty ze stejného dne z obou pískoven.

Nejvyšší **teplota** naměřená v hloubce 1,5 m v pískovně Veselí byla 23,9 °C dne 31.7. Druhou nejvyšší teplotu 23,8 °C jsem naměřila 29.5. Nejnižší teplota byla 14,3 °C dne 2.10., druhá nejnižší 18 °C naměřená 11.7. Nejvyšší **teplota** naměřená v hloubce 1,5 m v pískovně Vlkov byla 24,1 °C dne 29.5. Druhou nejvyšší teplotu 22,9 °C jsem naměřila 31.7. Nejnižší teplota byla 14,8 °C dne 2.10., druhá nejnižší 18,5 °C naměřená 11.7.

Průběh teplot byl zvláštní tím, že na začátku pokusu (29.5.) byla teplota velmi vysoká. Léto bylo teplé a postupně se ochlazovalo, počasí bylo velmi proměnlivé. Začalo se oteplovat až koncem července, kdy se také projevil nárůst biomasy sinic. Nedošlo však k žádnému přemnožení, neboť voda nebyla dostatečně teplá pro jejich rozvoj a vody v pískovnách jsou velmi čisté a chudé na živiny. Potom teploty opět klesaly s příchodem podzimu.

Obsah kyslíku v hloubce 1,5 m se v pískovně Veselí pohybovaly kolem 93 % a kolem 8 mg.l⁻¹. V pískovně Vlkov v hloubce 1,5 m byl **obsah kyslíku** kolem 94 % a kolem 8 mg.l⁻¹. Naměřený obsah rozpuštěného kyslíku koreloval s teplotou i množstvím biomasy fytoplanktonu. Z naměřených hodnot je možné odhadnout, že pískovny jsou dobře prokysličené.

Při prvních dvou měřeních jsem neměla k dispozici sondu na měření kyslíku.

Průhlednost pískovny Veselí byla nejvyšší na začátku pokusu (29.5.) 1,85 m a nejnižší na konci pokusu (2.10.) 1,3 m. **Průhlednost** pískovny Vlkov byla nejvyšší na začátku pokusu (29.5.) 1,7 m a nejnižší na jeho konci (2.10.) 0,8 m. Tyto hodnoty ukazují, že voda v pískovnách je velmi čistá i v době, kdy na jiných nádržích už dominuje vodní květ.

Vodivost jsem měřila v laboratoři druhý den po odběru ve vzorku z hloubky 1,5 m. Na pískovně Veselí se pohybovala od $178,1 \mu\text{S}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (2.10.) do $191,3 \mu\text{S}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (19.6.), většinou se však držela kolem $185 \mu\text{S}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Na pískovně Vlkov se **vodivost** pohybovala od $182,4 \mu\text{S}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (11.7.) do $192,2 \mu\text{S}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (19.6.), většinou se však držela kolem $187 \mu\text{S}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Měrná vodivost vody závisí na množství iontů. Jak vyplývá z tabulek 3 a 4 Příloha 2 (vis. níže) byl obsah iontů velmi nízký a proto i měrná vodivost nabývala malých hodnot.

4.2. Korelace

Grafy 5 a 6 v Příloze 3 pro obě pískovny znázorňují korelaci mezi koncentrací **chlorofylu a a průhledností**. Křivka pro koncentraci chlorofylu *a* je protichůdná s křivkou hodnot pro průhlednost. To je způsobeno tím, že narůstající biomasa planktonu, snižuje množství světla pronikajícího vodním sloupcem = více biomasi, nižší průhlednost.

Grafy 7 a 8 v Příloze 3 znázorňují korelaci mezi **teplotou a koncentrací chlorofylu a** u obou nádrží. Křivky hodnot jsou protichůdné = vyšší teplota, nižší koncentrace chlorofylu. To je způsobeno patrně počasím. Přestože se teploty snižovaly docházelo k nárůstu biomasy fytoplanktonu, hlavně zelených řas. Na začátku srpna se oteplilo a nastupují sinice. S podzimem sinice ustupují, je patrný druhý vrchol zelených řas. Na konci pokusu (2.10.) bylo fytoplanktonu velmi málo, koncentrace chlorofylu přesto nepatrně stoupla.

Grafy 9 a 10 v Příloze 3 znázorňují u obou nádrží korelaci mezi **teplotou a průhledností**. Křivky jsou téměř synchronní. To souvisí s předchozími jevy.

4.3. Chlorofyl *a*

Přehled hodnot koncentrace chlorofylu *a* získaných během pokusu je uveden v tabulce 3 v Příloze 2 a v grafu 2 v Příloze 3 je porovnání hodnot z obou nádrží.

V pískovně Veselí byla nejvyšší hodnota koncentrace chlorofylu *a* 10,11 $\mu\text{g.l}^{-1}$ na konci pokusu (2.10.). Druhá nejvyšší hodnota byla 8,31 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (11.7.). Nejnižší hodnota chlorofylu *a* byla 2,2 $\mu\text{g.l}^{-1}$ na začátku pokusu (29.5.). Druhá nejnižší hodnota byla 3,25 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (31.7.).

V pískovně Vlkov byla nejvyšší hodnota koncentrace chlorofylu *a* 64,55 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (21.8.). To mohlo být částečně způsobeno vyluhováním chlorofylu z listů napadaných do vody. Druhá nejvyšší hodnota byla 20,28 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (19.6.). Nejnižší hodnota chlorofylu *a* byla 5,6 $\mu\text{g.l}^{-1}$ na začátku pokusu (29.5.). Druhá nejnižší hodnota byla 10,93 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (31.7.).

4.4. Ionty, ammonium, anionty

Vzorky iontů z obou pískoven z dat 21.8. a 7.9. se omylem ztratily někde při vyhodnocování v ENKY OPS. Tato data byla zařazena jako doplňková.

Jak vyplývá z tabulky 4 Přílohy 2, bylo množství iontů v obou pískovnách malé. Zvláště **železa, manganu a zinku** bylo velmi malé množství, které se téměř neměnilo a v obou nádržích byly hodnoty shodné.

Hodnoty **sodíku** jsou nepatrně vyšší v pískovně Vlkov, naproti tomu hodnoty **draslíku a vápníku** jsou vyšší v pískovně Veselí. Jejich obsah ve vodě se v průběhu sezóny také příliš neměnil. Z tohoto usuzuji, že vnější vlivy jako rekreace, splachy a teplota, ani vnitřní

vlivy jako biomasa planktonu na obsah iontů ve vodě nemají velký vliv. Nemohu to však objektivně posoudit, neboť chybí údaje.

V tabulce 5 v Příloze 2 uvádím hodnoty aniontů. Z tabulky je patrné, že nejméně bylo v obou nádržích **dusíkatých iontů**. Jejich koncentrace byla na hranici měřitelnosti. Ani během sezóny se obsah nezvyšoval v měřitelném množství. Ze sloupce hodnot pro **totální N** jsou již patrné změny, ale koncentrace se pohybovaly v setinových hodnotách. Pouze hodnoty naměřené ve dnech 19.6., 11.7., 21.8. z pískovny Vlkov jsou výjimkami a dosahují hodnot přes 1,0 mg.l⁻¹.

Také koncentrace **fosforečných aniontů** byla na hranici měřitelnosti s menšími výkyvy na obou lokalitách. Z toho je patrné, že sinice pro svůj růst nemají dostatek živin v podobě základních prvků - dusíku a fosforu - a proto zde nemůže docházet k přemnožením ohrožujícím zdraví lidí a zvířat.

Opakem jsou koncentrace **síranů a chloridů**, které byly v obou případech mnohem vyšší než ostatní prvky.

V pískovně Veselí koncentrace síranových iontů během sezóny kolísala kolem hodnoty 23,5 mg.l⁻¹ bez výrazného píku. V pískovně Vlkov byly hodnoty vyšší a kolísaly kolem hodnoty 26,1 mg.l⁻¹ také bez výrazného vrcholu.

V pískovně Veselí se hodnoty chloridů pohybovaly kolem 9,7 mg.l⁻¹ s výrazným píkem 21.8. 19,1 mg.l⁻¹. V pískovně Vlkov byly chloridy nejvyšší 19.6. 14,40 mg.l⁻¹ a 29.5. 11,28 mg.l⁻¹, poté se snížily a kolísaly kolem hodnoty 9 mg.l⁻¹.

4.5. Nalezené druhy sinic

Druhy sinic nalezené v pískovnách Veselí a Vlkov jsou uvedeny v tabulce 6 v Příloze 2 a v grafu 3 Přílohy 3 je porovnání množství druhů z obou nádrží.

V pískovně Veselí jsem určila 18 druhů sinic, které byly zahrnuty do počítání biomasy sinic a planktonu, tři druhy se vyskytovaly pouze ve vzorku z planktonní sítě. Oproti druhé pískovně jsem zde našla tři jiné druhy, z nich dva pouze v síťovém vzorku.

V pískovně Vlkov jsem určila 19 druhů sinic, které byly zahrnuty do počítání biomasy sinic a planktonu, dva druhy se vyskytovaly pouze ve vzorku z planktonní sítě. Oproti druhé pískovně jsem zde našla tři jiné druhy, z nich jeden pouze v síťovém vzorku.

4.6. Biomasa planktonu

Biomasa jednotlivých druhů se vypočítá násobením počtu buněk průměrným objemem buněk (KOMÁRKOVÁ, 1998).

V grafu 4 Přílohy 3 je srovnání celkové biomasy planktonu z obou nádrží. Do celkové biomasy byla počítána biomasa sinic, ostatního fytoplanktonu a bičíkovců. Z grafu je patrné, že v pískovně Vlkov je biomasa mnohem vyšší než v pískovně Veselí. Neboť rozdíl v obsahu iontů a aniontů mezi nádržemi je nepatrný, mohu se jen domnívat, že to množství živin, o které obohatí vodu rekreatanti a rybáři, je právě tím důvodem k takovému rozdílu.

Grafy 11 a 12 v Příloze 3 ukazují množství biomasy planktonu rozdělené na kategorie sinice, ostatní fytoplankton a bičíkovci.

Biomasa sinic rostla od začátku testu do 31.7. v pískovně Vlkov a do 21.8. v pískovně Veselí. Poté zase ubývala s koncem sezóny. Biomasa ostatního fytoplanktonu přerostla sinice pouze 11.7. v pískovně Veselí. V obou pískovněch měl ostatní fytoplankton dva nevelké vrcholy. Biomasa bičíkovců byla nejpočetnější na začátku testu a na jeho konci.

Z grafů je patrné, že největší biomasu tvořili bičíkovci, poté sinice a nejmenší byla u zelených řas. Toto rozvrstvení je způsobeno nejen tím, že bičíkovci mají buňky průměrně největší a zelené řasy nejmenší, ale také skutečným poměrem počtu jedinců sinic a řas. Bičíkovců bylo naopak nejméně. I přes tuto diagnostiku nebylo množství sinic tak veliké, aby jsme se museli bát koupání v pískovněch.

4.6.1. Biomasa sinic

Grafy 13 a 14 Příloha 3 srovnávají biomasu sinic rozdělenou do kategorií "vodní květ", pikoplanktonní druhy a ostatní nalezené druhy v pískovně Veselí a v pískovně Vlkov.

V pískovně Veselí vede kategorie "vodního květu". Pikoplanktonní druhy a ostatní se mění. V pískovně Vlkov je kategorie ostatní výraznější v druhé polovině pokusu než v první a než v pískovně Veselí díky výskytu rodu *Pseudanabaena limnetica*.

Grafy 15 a 16 Příloha 3 pro pískovnu Veselí a pískovnu Vlkov znázorňují procentické zastoupení druhů sinic. Druhy jsem dělila do skupin: Woronichinia, Anabaena, Mirocystis, Aphanizomenon, pikoplankton, ostatní. U pískovny Vlkov ještě skupina Anabaenopsis. Z grafů je opět možno vidět, že dominovaly druhy "vodního květu" (*Woronichinia*, *Anabaena*, *Mirocystis*, *Aphanizomenon*, *Anabaenopsis*).

4.7. Mé hodnocení

ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ

Hledala jsem možné zdroje znečištění. Nabízelo se jich několik.

Prvním je obec Vlkov. V této obci jsou veškeré odpadní vody podchyceny a odvedeny do tří kořenových čistíren odpadních vod. Dvě z nich ústí do Vlkovské pískovny a nejsou pro ni zatížením.

Druhým jsou přilehlá pole. Používá se zde 4-letý cyklus - triticales, kukuřice, řepka, ječmen. K obilí se hnojí 150 kg NPK/1 ha, ke kukuřici se dává chlévský hnůj. Přihnojuje se také na list. Dávky hnojiv jsou takové, že je rostliny bez problémů využijí a ke splachům zjevně nedochází.

Dalším zdrojem by mohla být jímka WC na kiosku. Je stará 30 let a již propouští. Závažnost ovlivnění životních podmínek v pískovnách je však těžko prokazatelná.

Zásadním zdrojem jsou samotní rekreanti. V celé oblasti pískoven je jen jediné WC - na kiosku. Jezero Vlkov je nejvíce využíváno pro koupání, a proto také nejvíce znečištěné produkty rekreantů a jejich psů. Okolí pláží a přilehlé porosty jsou v sezóně silně zatížené exkrementy, zbytky potravin a odpadky.

Nádrže jsou rybářským revírem, který je velmi hojně využíván ke sportovnímu rybolovu. Přesto, že je zde zakázáno vnaďení a rybáři jsou povinni po sobě uklízet, drtivá většina z nich to nedodrží. Do vod házejí velké množství krmiva a rybářská místa jsou na konci sezóny obložena odpadky.

Významnou roli hraje také hustota a složení rybí obsádky. Ta je každoročně doplňována z výlovů o množství, které bylo v sezóně odchyceno. Tím se stále její hustota udržuje na značně vysoké úrovni. Důsledkem rytí do dna a ostatních životních projevů ryb je značné zakalení vody v letních měsících.

Ke koupání a rybolovu jsou nejvíce využívána mnou sledovaná dvě jezera.

Jezero Horusice I, které jsem nehodnotila, je znečišťováno vodami z rybníku Švarcenberk. Při těžbě byl zrušen odpad z rybníka do řeky Lužnice, vody nyní tečou přímo do pískovny a znehodnocují ji. V současné době se město Veselí nad Lužnicí pokouší o nápravu vybudováním nového odpadového kanálu.

5. Diskuse

5.1. Metodika

Nevýhodou tohoto pokusu provedeného v roce 2005 na zmíněných pískovnách je jeho jednorázovost. Proto je třeba brát na toto zřetel a nepokládat mé výsledky za platné i pro jiné roky.

Nejdůležitějším aspektem ovlivňujícím planktonní společenstva a měnícím se každý rok je počasí. Velkou roli na obsahu rozpuštěných látek bezpochyby měly záplavy z roku 2002 a budou mít i ty letošní.

Zvolila jsem metodu odběru pomocí Friedingerova odběrného zařízení z hloubky 1 m měřené od horného okraje odběrného zařízení. Při odběru voda do nádoby proudí seshora i zespodu, proto uvádím v Metodice hloubku odběru 1 - 1,5 m. To je také důvod, proč jsem prováděla měření sondou v hloubce 1,5 m.

Hloubka 1 m byla zvolena kvůli stratifikaci vody. Odběry musely být prováděny z vrstvy zvané epilimnion. To je svrchní prohrátá vrstva obsahující plankton. Dalším důvodem výběru hloubky 1 - 1,5 m je, že zasahuje do eufotické zóny. Odběr z větší hloubky by mohl znamenat, že vzorek nebude mít patřičnou vypovídací hodnotu co do počtu druhů, tak po kvalitativní stránce. Odběr z menší hloubky popř. z hladiny by mohl znamenat inhibici organismů světlem a kontaminaci vzorku různými částicemi plovoucími na hladině či mělko pod hladinou. Takovými kontaminanty bývají prach a pylové částice.

Odběry jsem prováděla z loďky, protože jsem potřebovala odstranit vlivy působící u břehů - nafoukání organismů větrem či opak. Také jsem potřebovala najít nejhlubší místo. To aby byly odstraněny nežádoucí vlivy dna.

Měření rozpuštěného kyslíku jsem prováděla až od třetího odběru, protože mi bylo po konzultaci s p. Pecharem toto měření doporučeno také provádět.

Vzorky jsem fixovala Lugolovým roztokem a fytoplankton stanovila pomocí Utermöhl sedimentační metody na obráceném mikroskopu (LUND in ZAPOMĚLOVÁ, 2001). Problémem tohoto způsobu uchování vzorků je nebezpečí, že buňky a hlavně slizové útvary, se mohly konzervací deformovat (HINDÁK, 1978). Někdy dochází až k rozkladu

části vzorku (KOMÁRKOVÁ, ústní sdělení). Proto je nutno vzorky prohlédnout také v živém stavu a provést i měření buněk. U mých vzorků docházelo pravidelně k rozpadu kolonií rodu *Aphanocapsa holsatica*, částečně také *Cyanodictyon* a *Aphanothece*.

5.2. Fyzikální parametry pískoven

Fyzikální parametry naměřené při odběrech z obou pískoven jsou uvedeny v tabulce 2 v Příloze 2.

Hodnoty **pH** ovlivňuje množství CO_2 rozpuštěného ve vodě. Na jeho obsahu mají podíl bakteriální rozklad organické hmoty a dýchání vodních rostlin a živočichů. Rozpuštěný CO_2 se slučuje s vodou na kys. uhličitou a snižuje tak její pH (LELLÁK, KUBÍČEK, 1991).

Mnou naměřené hodnoty pH mohly být ovlivněny hodinou odběru, neb jeho hodnoty se mění rychleji než teplota v závislosti na fotosyntéze vodní flóry.

Graf 1 Přílohy 3 zobrazuje zprůměrovaný průběh **teplot** z obou nádrží. Naměřené hodnoty byly ovlivněny hlavně počasím v den odběru, hodinou myslím příliš ne, neboť se mi dařilo odebírat vždy v době kolem poledne a teploty v této hloubce se tak rychle nemění. Poslední dva odběry byly kvůli špatnému počasí posunuty.

Obsah **kyslíku** rozpuštěného ve vodě záleží na množství fotosyntetizujících vodních organismů, na teplotě vody, na množství absorbovaném z ovzduší, na velikosti styčné plochy atd (LELLÁK, KUBÍČEK, 1991). Má měření ukazují korelaci mezi teplotou, množstvím fotosyntetizujícího planktonu a množstvím rozpuštěného O_2 . Obsah v mg.l^{-1} odpovídal také tabulkovým hodnotám.

Průhlednost u obou nádrží byla na začátku pokusu (29.5.) velmi vysoká a různě kolísala podle množství biomasy. Dále byly hodnoty ovlivněny také počasím. Když bylo

zataženo, byla hloubka rozeznatelnosti barev na Secchi disku menší. To proto, že množství světla procházejícího vodou bylo nižší = ve vodě byla "větší tma".

Měrná **vodivost** (konduktivita) vody závisí na množství rozpuštěných látek disociovaných v ionty. To znamená, že vodivost odpovídá koncentraci látek v roztoku (LELLÁK, KUBÍČEK, 1991). Mnou naměřené hodnoty (tabulka 2 Příloha 2) ukazují na to, že na konduktivitu měli vliv koupající se. V pískovně Vlkov byla vodivost o něco vyšší, protože je využívána rekreanty více.

5.3. Korelace

Grafy 5 a 6 v Příloze 3 pro obě pískovny znázorňují korelaci mezi koncentrací **chlorofylu *a*** a **průhledností**. Křivka pro koncentraci chlorofylu *a* je protichůdná s křivkou hodnot pro průhlednost. To je způsobeno tím, že narůstající biomasa planktonu, snižuje množství světla pronikajícího vodním sloupcem = více biomasy, nižší průhlednost.

Grafy 7 a 8 v Příloze 3 znázorňují korelaci mezi **teplotou a koncentrací chlorofylu *a*** u obou nádrží. Křivka pro teplotu a chlorofyl jsou protichůdné = čím vyšší teplota, tím nižší koncentrace chlorofylu. To je způsobeno tím, že teploty od počátku pokusu (29.5.) se snižovaly, přesto docházelo k nárůstu biomasy fytoplanktonu, hlavně zelených řas a tím narůstala koncentrace chlorofylu *a*. Na začátku srpna bylo počasí teplejší a méně proměnlivé a proto nastupují sinice, zelených řas ubylo, chlorofyl se snižuje. S příchodem podzimu sinice ustupují, je patrný druhý vrchol zelených řas. Později fytoplanktonu ubývá. Na konci pokusu (2.10.) bylo již fytoplanktonu velmi málo, koncentrace chlorofylu však nepatrně stoupla. To mohlo být způsobeno vyluhováním chlorofylu z těl odumírajících vyšších vodních rostlin.

Grafy 9 a 10 v Příloze 3 znázorňují u obou nádrží korelaci mezi **teplotou a průhledností**. Křivky jsou téměř synchronní. To souvisí s předchozími jevy = nižší

teplota, více biomasy fytoplanktonu, více fytoplanktonu, nižší průhlednost.

5.4. Chlorofyl *a*

Přehled hodnot koncentrace chlorofylu *a* získaných během pokusu je uveden v tabulce 3 v Příloze 2, v grafu 2 v Příloze 3 je porovnání hodnot z obou nádrží. Průběh koncentrace je okomentován již v kapitole 5.2. Korelace - korelace mezi **teplotou a koncentrací chlorofylu *a*** Grafy 7 a 8 v Příloze 3.

5.5. Ionty, ammonium, anionty

Vzorky iontů z obou pískoven z dat 21.8. a 7.9. se omylem ztratily při vyhodnocování v ENKY OPS. Tato data byla zařazena jako doplňková.

Jak je vidět v tabulce 4 Přílohy 2, byly hodnoty **Fe, Mn, Zn** na hranici měřitelnosti. **Na, K, a Mg** dosahují jen nízkých hodnot. Pouze **Ca** dosahuje hodnot kolem 20 mg.l⁻¹.

Dusíkaté a fosforečné látky (tabulka 5 Příloha 2) jsou na hranici měřitelnosti po celou dobu pokusu. Pouze **chloridy** ovlivněné močí rekreatantů a jejich psů jsou vyšší, hlavně v pískovně Vlkov. Hodnoty **Ca** se pohybují kolem 23 mg.l⁻¹.

5.6. Nalezené druhy sinic

Ve většině případů mám u názvů druhů cf. či sp., neboť určování druhů sinic bylo velmi obtížné. Většina nalezených jedinců vypadala, jakoby velmi strádali. Populace byly pravděpodobně ovlivněny chladnějším počasím než je jejich optimum. Nejobtížnější bylo

určování vláknitých sinic jako *Anabaena* a *Aphanisomenon*. Vlákna postrádala v mnoha případech hlavní určovací znaky - zcela vyvinuté akinety. Také *Microcystis* se někdy špatně určovaly, neboť buňky měly netypické velikosti.

Druhy sinic nalezené v obou pískovných jsou uvedeny v tabulce 6 v Příloze 2 a v grafu 3 Přílohy 3 je porovnání množství druhů z obou nádrží.

Druhy nalezené v pískovně Veselí v planktonní síti se vyskytovaly nepravidelně stejně jako ostatní druhy sinic. *Anabaena lemmermannii* byla objevena v druhé třetině pokusu (od 19.6. do 21.8. - u tohoto data si nejsem úplně jista, neboť nalezená vlákna byla těžko určitelná). *Aphanizomenon* cf. *yezoense* vyskytoval se nepravidelně od druhé poloviny pokusu. *Merismopedia tenuissima* nalezena s pomocí E. Zapomělové v malé kolonii pouze 2.10. Oproti druhé pískovně jsem zde našla tři jiné druhy *Microcystis ichthyoblabe*, *Anabaena lemmermannii*, *Merismopedia tenuissima*.

Druhy nalezené v pískovně Vlkov v planktonní síti se také vyskytovaly nepravidelně. *Aphanizomenon* cf. *yezoense* vyskytoval se ve druhé třetině pokusu. *Planktolyngbya contorta circinalis* nalezena s pomocí E. Zapomělové 21.8. v počtu několika jedinců. Oproti druhé pískovně jsem zde našla tři jiné druhy *Anabaenopsis* cf. *elenkinii*, *Pseudanabaena limnetica*, *Planktolyngbya contorta circinalis*.

5.7. Biomasa planktonu

V grafu 4 Přílohy 3 je srovnání celkové biomasy planktonu z obou nádrží. V pískovně Vlkov je biomasa mnohem vyšší než v pískovně Veselí. Domnívám se, že tento rozdíl je způsoben látkami, které se dostávají do vody díky rekreantům a jejich psům a že jsou rychle využity, proto není patrný velký rozdíl v živinách.

Grafy 11 a 12 v Příloze 3 ukazují množství biomasy planktonu rozdělené na kategorie sinice, ostatní fytoplankton (obsahuje zelené řasy a rozsivky) a bičíkovci. Největší biomasu tvořili bičíkovci, protože jejich velikost je největší, ale početnost nejmenší. Střed tvořily sinice. Jejich početnost byla nejvyšší a velikost buněk střední. Nejmenší biomasu tvořily zelené řasy. Početnost a velikost buněk byla také nejmenší. I přes to vody v pískovných

zůstávají velmi čisté i v sezónách teplejších a turisticky frekventovanějších.

I na začátku testu překvapivě vedou sinice nad zelenými řasami. Jen 11.7. v pískovně Veselí je biomasy ostatního fytoplanktonu více než sinic.

5.7.1. Biomasa sinic

Grafy 13 a 14 Příloha 3 srovnávají biomasu sinic rozdělenou do kategorií "vodní květ", pikoplanktonní druhy a ostatní nalezené druhy v obou pískovnách.

Do kategorie "vodní květ" patřilo 9/9 (podle pískovny) druhů: *Anabaena* cf. *planctonica*, *Anabaena* cf. *smithii*, *Anabaena* sp., *Anabaenopsis* cf. *elenkinii*, *Aphanizomenon* cf. *gracile*, *Aphanizomenon* cf. *issatschenkoi*, *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis ichthyoblabe*, *Microcystis wesenbergii*, *Woronichinia naegeliana*. Kategorie pikoplanktonní druhy obsahovala 8 druhů: *Aphanocapsa holsatica*, *Aphanocapsa* sp., *Aphanothece* sp., *Cyanodictyon* cf. *reticulatum*, *Pannus spumosus*, *Romeria* cf. *leopoliensis*, *Snowella lacustris*. Kategorie ostatní, 2/3 druhy: *Chroococcus limneticus*, *Pseudanabaena limnetica*, *Planktolyngbya limnetica*.

Druhy z kategorie "vodní květ" měly výraznou převahu neboť počet druhů zastoupených v kategorii a velikost buněk byla nejvyšší. Počtem buněk však byly nejpočetnější druhy z kategorie pikoplankton, neboť jejich kolonie tvoří větší množství buněk než u velkých druhů.

V pískovně Vlkov (graf 16 Příloha 3) je kategorie ostatní výraznější v druhé polovině pokusu než v první a než v pískovně Veselí díky výskytu rodu *Pseudanabaena limnetica* s buňkami většími, než zbylé dva druhy.

Grafy 15 a 16 Příloha 3 pro pískovnu Veselí a pískovnu Vlkov znázorňují procentické zastoupení druhů sinic. Do skupiny *Woronichinia* patřil druh *Woronichinia naegeliana*. Do skupiny *Anabaena* patřily druhy *Anabaena* cf. *planctonica*, *Anabaena* cf. *smithii*, *Anabaena* sp. Skupinu *Microcystis* tvořily druhy *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis ichthyoblabe*, *Microcystis wesenbergii*. Skupina *Aphanizomenon*: *Aphanizomenon* cf. *gracile*, *Aphanizomenon* cf. *issatschenkoi*. Skupina pikoplankton obsahovala druhy *Snowella lacustris*, *Romeria* cf. *leopoliensis*, *Pannus spumosus*, *Cyanodictyon* cf.

reticulatum, *Aphanothece* sp., *Aphanocapsa* sp. Skupina ostatní ostatní: *Chroococcus limneticus*, *Planktolyngbya limnetica*, *Pseudanabaena limnetica*. U pískovny Vlkov ještě skupina Anabaenopsis druh *Anabaenopsis* cf. *elenkinii*. Z grafů je opět možno vidět, že dominovaly druhy "vodního květu" (*Woronichinia*, *Anabaena*, *Mirocystis*, *Aphanizomenon*, *Anabaenopsis*).

6. Závěr

V sezóně 2005 jsem provedla sedm odběrů planktonu, z kterých byly vyhodnoceny ionty, anionty, chlorofyl *a*, vyskytující se druhy sinic a biomasa planktonu. Množství mnou nashromážděných dat však není dostatečné na statistickou prokazatelnost.

Zjistila jsem, že množství stanovených živin v obou pískovnách je tak malé, že se nedá mluvit o přemnožení sinic ani v budoucích letech, pokud se neprojeví nějaký výrazný zdroj znečištění. Po záplavách v r. 2002 se kvalita vody dokonce zlepšila, protože se vypláchly látky akumulované v bezottokých nádržích léta. Jak se na kvalitě vod projeví letošní záplavy se teprve uvidí.

Zatím jsou největším zdrojem živin pro růst fytoplanktonu jednoznačně rekreanti, jejich psi a rybáři. To platí hlavně u pískovny Vlkov. Proto by bylo dobré eliminovat tento zdroj. Dosud je na pískovnách rekreace provozována tzv. "na divoko", takže chybí přísná regulativa pro rekreaci a kontrola jejich dodržování, sociální zařízení a dostatek pravidelně vyvážených kontejnerů na odpad. Situaci by podstatně zlepšilo provozování mobilních WC v letních měsících a současně důsledné podchycení a svoz odpadků.

Významným přínosem by byly časté a přísné kontroly rybařících, vyžadující dodržování stanov rybářského řádu. Osob oprávněných provádět kontrolu je v MO ČRS 17 a mohou ji realizovat v součinnosti s policií ČR, nyní i s městskou policií. Na rybářské schůzi konané 18.3. 2006 bylo téma zvýšených kontrol dlouze diskutováno a všechny zainteresované orgány slíbily nápravu.

Ostatní dvě nádrže jsou možná ještě čistější, jen s výskytem stolístku, neboť je navštěvuje téměř výhradně jen malá část místních lidí. Rybářsky jsou využívány přibližně stejně. Nejvíce se vymyká jezero Horusice I, protože je znečišťováno vodami z rybníka Švarcenberk.

Použitá literatura

- ZAPOMĚLOVÁ, E. (2001): Porovnání fytoplanktonu řeky Malše a nádrže Římov na základě pokusů s mezokosmy, Bakalářská práce BF JU, České Budějovice, 35 p.
- ZAPOMĚLOVÁ, E. (2004): Morfologická variabilita a růst vybraných kmenů sinic rodu *Anabaena* a *Aphanizomenon* v závislosti na podmínkách prostředí, Magisterská práce BF JU, České Budějovice, 57 p.
- KOMÁREK, J. (1999): Přehled planktonních sinic v povodí Labe, Magdeburk, Mezinárodní komise pro ochranu Labe, 52 p.
- HINDÁK, F. et al. (1978): Sladkovodné riasy, Bratislava, Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 728 p.
- KOTRABOVÁ, H. (1993): Sezónní změny v čistotě vody Nežárky a Lužnice, Diplomová práce PF JU, České Budějovice, 35 p.
- MARŠÁLEK, B., KERŠNER, V., MARVAN, P. (1996): Vodní květy sinic, Brno, Nadatio flos-aquae, 142 p.
- GEOLOGICKÝ PRŮZKUM firmy Hanson ČR a. s. z let 1976 - 79 a 1970 - 71
- ČÍTEK, J., SVOBODOVÁ, Z., TESARČÍK, J. (1992): Nemoci ryb, Praha, INFORMATORIUM, 223 p.
- LELLÁK, J., KUBÍČEK, F. (1992): Hydrobiologie, Praha, Karolinum, 260 p.
- KOMÁRKOVÁ, J. (1998): Praktikum ze základních limnologických metod
- LORENZEN, C. J. (1967): Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations., *Limnol. Oceanogr.* 1: 343-346.
- LUND, J. W. G. (1972): Preliminary observations on the use of large experimental tubes in lakes, *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, November, Stuttgart 18: 71 - 77.
- ADÁMEK, Z. (2006): ústní sdělení
- KOMÁRKOVÁ, J. (2005): ústní sdělení
- [1] ZNACHOR, P. (2006): Sinice a vodní květ.

<http://www.stranypotapecske.cz/teorie/sinice.asp>

[2] ANONYMUS (2004): Nepodceňujte sinice.

http://druidova.mysteria.cz/ZDRAVA_VYZIVA/SINICE.htm

[3] BUZEK, K. (2006): Sinice. Toxicita sinic vodního květu.

<http://toxicology.emtrading.cz/modules.php?name=News&file=print&sid=17>

[4] Maršálek, B.: Toxiny řas a sinic a jejich vliv na lidské zdraví. Sborník semináře Epidemiologie prostředí, Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví, Praha, Ruská 85, konaného 5-6.6. 1999, str. 70-83.

<http://www.sinice.cz/temp/publ/hygi99.pdf>

[5] MARŠÁLEK, B. (2002): Sinice a jejich toxiny. <http://www.sinice.cz/>.

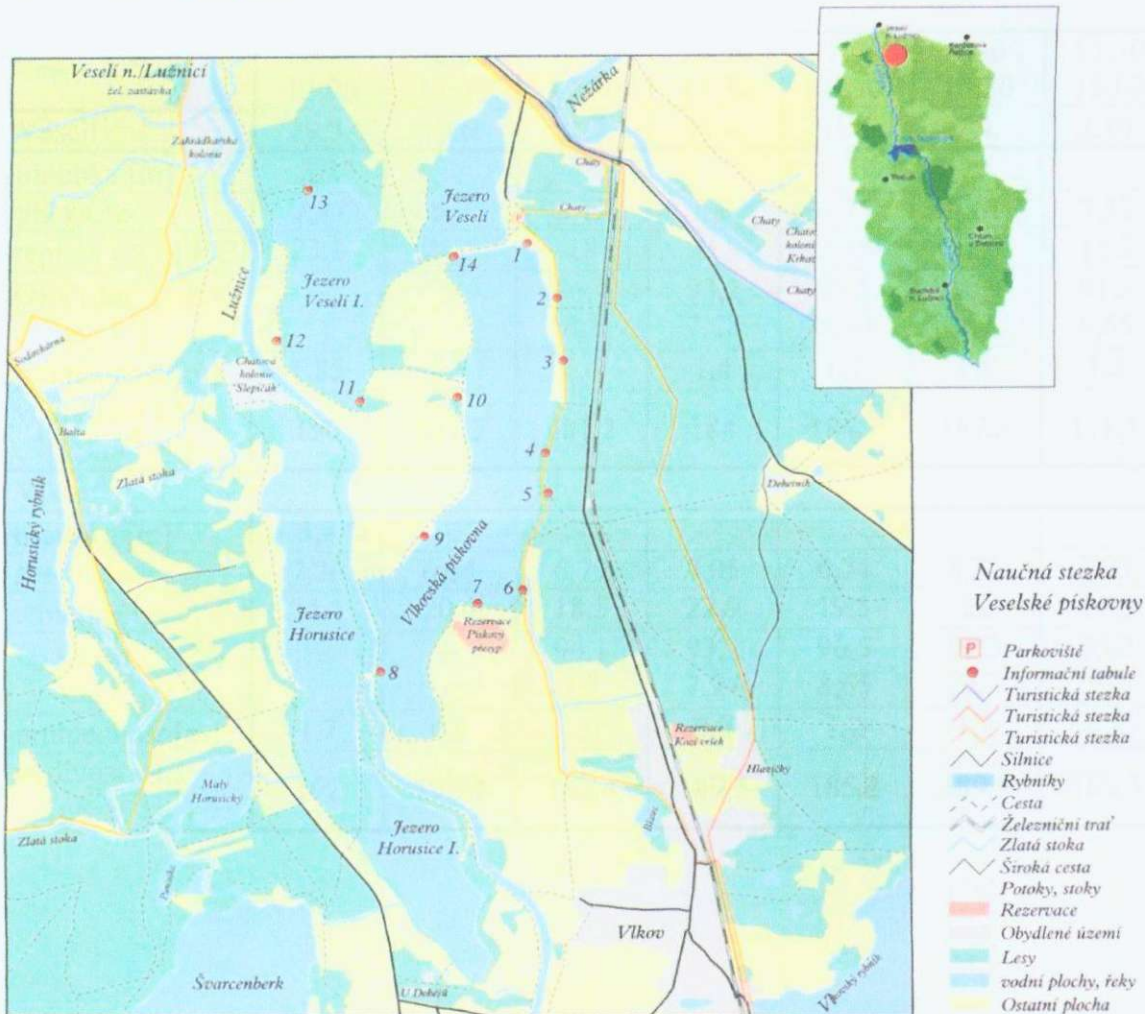
<http://www.sinice.cz/temp/report/schapter1-2-2.htm>

8. Přílohy

Tabulky, grafy, obrázky

Příloha 1

Obrázek 3: Mapa pískoven



Měřítko 1 : 20 000

Příloha 2

Tab. 2: Záznamy z odběrů na pískovnách Veselí a Vlkov

| | | | | | | | |
|---|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| čas [h] | 10:30 - 12:00 | 12:00 - 13:30 | 12:30 - 13:30 | 10:30 - 11:30 | 11:30 - 12:30 | 9:30 - 10:30 | 13:30 - 15:00 |
| Veselí | 29.5. | 19.6. | 11.7. | 31.7. | 21.8. | 7.9. | 2.10. |
| hloubka [m] | 3,2 | | | | | | |
| pH v 1,5m | 7,37 | 5,7 | 6,12 | 6,8 | 6,75 | 7,61 | 7,33 |
| teplota v 1,5m [°C] | 23,8 | 21,5 | 18 | 23,9 | 20,9 | 21,3 | 14,3 |
| O ₂ v 1,5m [% mg.l ⁻¹] | -- | -- | 94,4 8,2 | 93,2 7,28 | 97,5 8,60 | 80,9 7,2 | 91,3 8,65 |
| průhlednost [m] | 1,85 | 1,8 | 1,4 | 1,4 | 1,7 | 1,8 | 1,3 |
| vodivost v 1,5m [μS.m ⁻² .s ⁻¹] | 190 | 191,3 | 181,2 | 184 | 184,7 | 187,3 | 178,1 |
| Vlkov | | | | | | | |
| hloubka [m] | 3,4 | | | | | | |
| pH v 1,5m | 7,26 | 6,64 | 6,79 | 7,05 | 6,74 | 8,22 | 7,25 |
| teplota v 1,5m [°C] | 24,1 | 20,4 | 18,5 | 22,9 | 19,5 | 22 | 14,8 |
| O ₂ v 1,5m [% mg.l ⁻¹] | -- | -- | 94,1 7,7 | 93,2 7,94 | 96,5 8,65 | 92,3 7,93 | 95,2 9,7 |
| průhlednost [m] | 1,7 | 0,9 | 1,0 | 0,9 | 1,2 | 1,2 | 0,8 |
| vodivost v 1,5m [μS.m ⁻² .s ⁻¹] | 192 | 192,2 | 182,4 | 189,5 | 185,2 | 189,5 | 183,3 |

Tab. 3: Koncentrace chlorofylu *a* [μg.l⁻¹] v pískovnách Veselí a Vlkov

| Datum | Veselí | Vlkov |
|-------|--------|-------|
| 29.5. | 2,2 | 5,6 |
| 19.6. | 4,44 | 20,28 |
| 11.7. | 8,31 | 19,20 |
| 31.7. | 3,25 | 10,93 |
| 21.8. | 8,09 | 64,55 |
| 7.9. | 5,91 | 15,98 |
| 2.10. | 10,11 | 20,10 |

(Pozn.: Veselí = pískovna Veselí, Vlkov = pískovna Vlkov)

Tab. 4: Obsah iontů v pískovnách Veselí a Vlkov

| | Na mg.l ⁻¹ | K mg.l ⁻¹ | Ca mg.l ⁻¹ | Mg mg.l ⁻¹ | Fe mg.l ⁻¹ | Mn mg.l ⁻¹ | Zn mg.l ⁻¹ |
|-----------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 29.5. Ve. | 6,16 | 7,96 | 19,7 | 4,09 | 0,08 | 0,02 | 0,008 |
| 19.6. Ve. | 6,48 | 7,23 | 20,8 | 4,55 | 0,08 | 0,02 | 0,016 |
| 11.7. Ve. | 6,16 | 5,68 | 20,2 | 4,52 | 0,08 | 0,02 | 0,008 |
| 31.7. Ve. | 6,61 | 5,87 | 20,9 | 4,16 | 0,08 | 0,02 | 0,011 |
| 21.8. Ve. | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 7.9. Ve. | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2.10. Ve. | 6,55 | 5,87 | 20,8 | 4,32 | 0,08 | 0,02 | 0,008 |
| 29.5. Vl. | 6,54 | 5,36 | 18,9 | 3,89 | 0,08 | 0,02 | 0,008 |
| 19.6. Vl. | 7,65 | 5,32 | 20,2 | 4,11 | 0,08 | 0,02 | 0,032 |
| 11.7. Vl. | 6,76 | 5,03 | 19,5 | 3,90 | 0,08 | 0,02 | 0,008 |
| 31.7. Vl. | 6,86 | 5,86 | 19,5 | 3,38 | 0,08 | 0,02 | 0,008 |
| 21.8. Vl. | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 7.9. Vl. | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2.10. Vl. | 6,58 | 5,21 | 20,0 | 3,85 | 0,08 | 0,02 | 0,008 |

(Pozn.: Ve. = pískovna Veselí, Vl. = pískovna Vlkov)

Tab. 5: Obsah dusíkatých látek a aniony v pískovných Veselí a Vlkov

| číslo vzorku (ID 3) | AMMONIUM, ANIONTY | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | NH4-N mg.l ⁻¹ | NO2-N mg.l ⁻¹ | NO3-N mg.l ⁻¹ | TN mg.l ⁻¹ | PO4-P mg.l ⁻¹ | TP mg.l ⁻¹ | SO4 mg.l ⁻¹ | Cl mg.l ⁻¹ |
| 29.5. Ve. | 0,01 | 0,002 | 0,03 | 0,66 | 0,002 | 0,05 | 23,02 | 9,67 |
| 19.6. Ve. | 0,01 | 0,001 | 0,11 | 0,80 | 0,002 | 0,04 | 23,59 | 9,88 |
| 11.7. Ve. | 0,02 | 0,002 | 0,03 | 0,79 | -0,002 | 0,05 | 23,21 | 9,63 |
| 31.7. Ve. | 0,02 | 0,002 | 0,03 | 0,81 | -0,002 | 0,04 | 22,36 | 9,96 |
| 21.8. Ve. | 0,01 | 0,002 | 0,03 | 0,75 | 0,002 | 0,05 | 24,44 | 19,1 |
| 7.9. Ve. | 0,02 | 0,002 | 0,03 | 0,72 | 0,001 | 0,08 | 24,57 | 9,80 |
| 2.10. Ve. | 0,02 | 0,002 | 0,03 | 0,88 | 0,002 | 0,04 | 23,52 | 9,60 |
| 29.5. Vl. | 0,01 | 0,001 | 0,03 | 0,8 | 0,002 | 0,05 | 26,33 | 11,28 |
| 19.6. Vl. | 0,01 | 0,002 | 0,19 | 1,04 | -0,003 | 0,07 | 26,90 | 14,40 |
| 11.7. Vl. | 0,02 | 0,002 | 0,03 | 1,03 | 0,003 | 0,07 | 25,37 | 8,91 |
| 31.7. Vl. | 0,01 | 0,000 | 0,03 | 0,86 | 0,002 | 0,06 | 26,98 | 9,14 |
| 21.8. Vl. | 0,01 | 0,002 | 0,03 | 1,14 | 0,002 | 0,09 | 27,37 | 9,37 |
| 7.9. Vl. | 0,01 | 0,001 | 0,03 | 0,92 | 0,002 | 0,06 | 23,87 | 8,80 |
| 2.10. Vl. | 0,01 | 0,000 | 0,03 | 0,91 | 0,002 | 0,07 | 26,06 | 8,84 |

(Pozn.: Ve. = pískovna Veselí, Vl. = pískovna Vlkov)

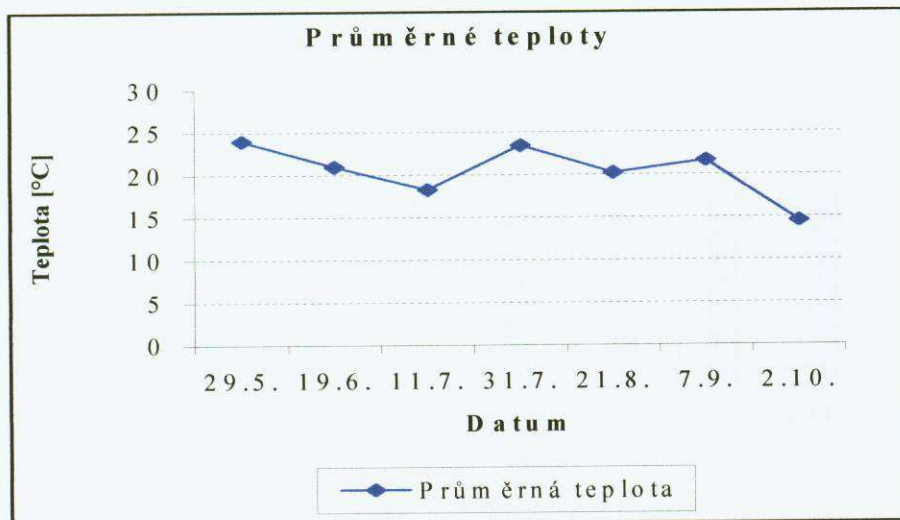
Tab. 6: Druhy sinic nalezené v pískovnách Veselí a Vlkov

| Nalezené druhy sinic | Veselí | Vlkov |
|---|--------|-------|
| <i>(Anabaena lemmermannii)</i> | (+) | (-) |
| <i>Anabaena cf. planctonica</i> | + | + |
| <i>Anabaena cf. smithii</i> | + | + |
| <i>Anabaena sp.</i> | + | + |
| <i>Anabaenopsis cf. elenkinii</i> | - | + |
| <i>Aphanizomenon cf. gracile</i> | + | + |
| <i>Aphanizomenon cf. issatschenkoi</i> | + | + |
| <i>(Aphanizomenon cf. yezoense)</i> | (+) | (+) |
| <i>Aphanocapsa holsatica</i> | + | + |
| <i>Aphanocapsa sp.</i> | + | + |
| <i>Aphanothece sp.</i> | + | + |
| <i>Chroococcus limneticus</i> | + | + |
| <i>Cyanodictyon cf. reticulatum</i> | + | + |
| <i>(Merismopedia tenuissima)</i> | (+) | (-) |
| <i>Microcystis aeruginosa</i> | + | + |
| <i>Microcystis ichthyoblabe</i> | + | - |
| <i>Microcystis wesenbergii</i> | + | + |
| <i>Pannus spumousus</i> | + | + |
| <i>(Planktolyngbya contorta circinalis)</i> | (-) | (+) |
| <i>Planktolyngbya limnetica</i> | + | + |
| <i>Pseudanabaena limnetica</i> | - | + |
| <i>Romeria cf. leopoliensis</i> | + | + |
| <i>Snowella lacustris</i> | + | + |
| <i>Woronichinia naegeliana</i> | + | + |

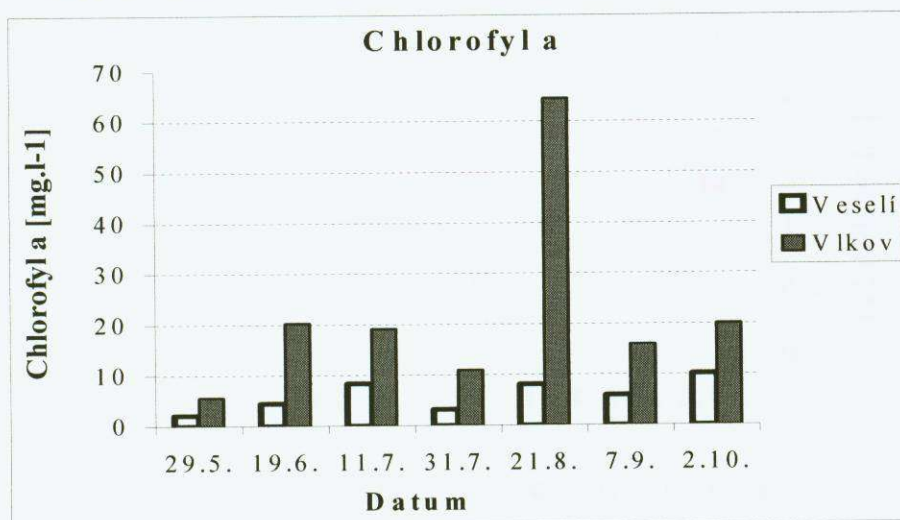
+ výskyt - nevyskytovala se () vyskytovala se pouze v zahuštěném vzorku

(Pozn.: Veselí = pískovna Veselí, Vlkov = pískovna Vlkov)

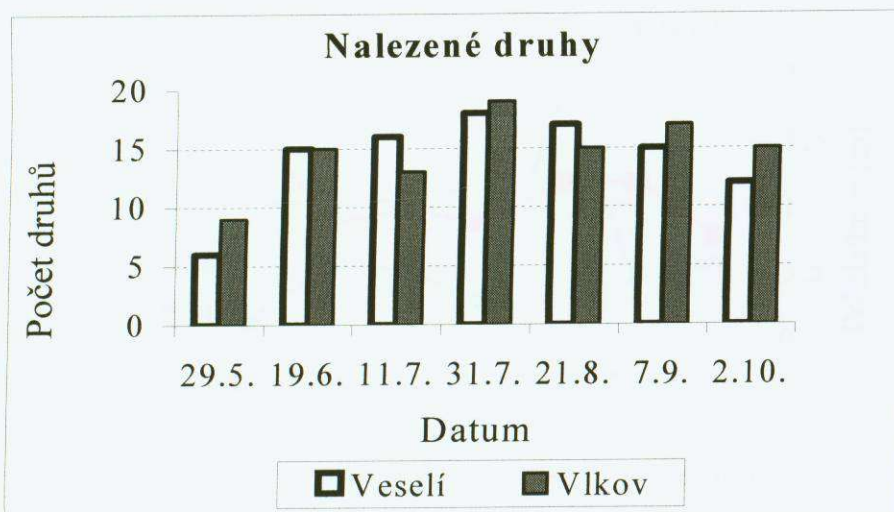
Příloha 3



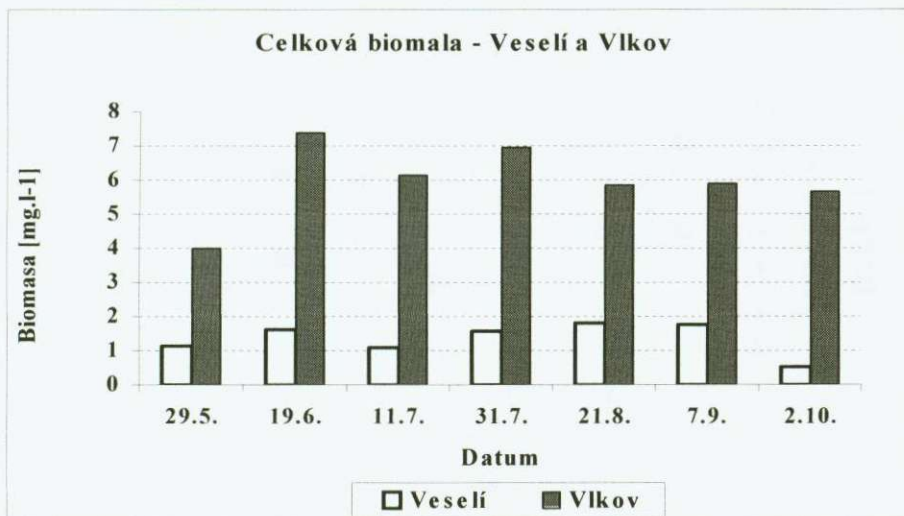
Graf 1: Průměrná naměřená teplota vody v odběrových dnech z obou pískoven – Veselí a Vlkov



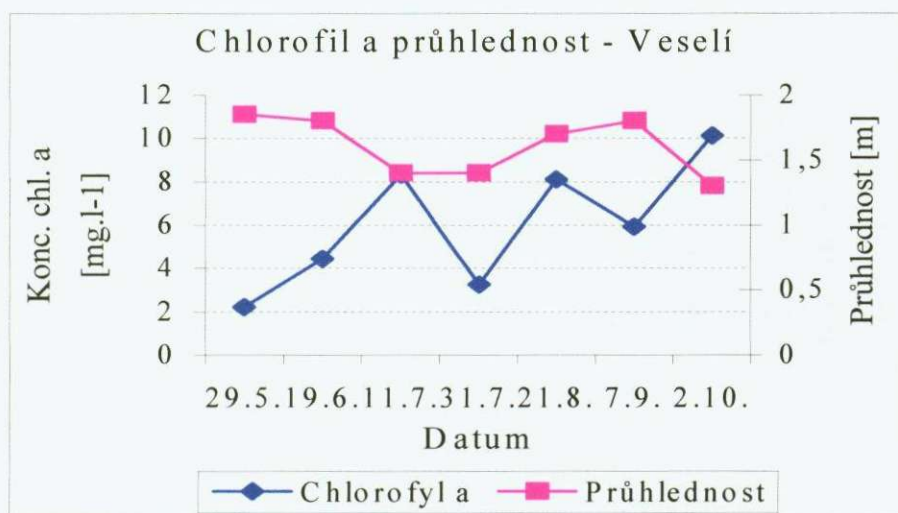
Graf 2: Koncentrace chlorofylu a v pískovně Veselí a Vlkov



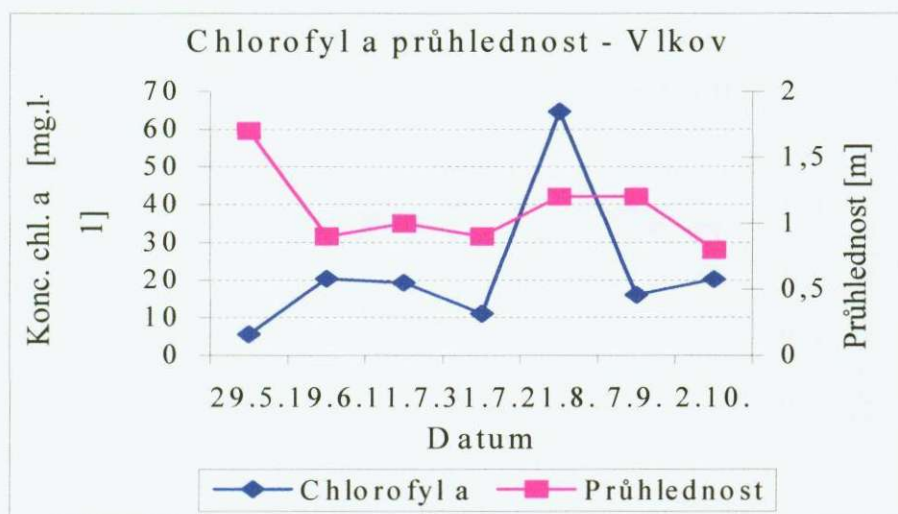
Graf 3: Porovnání počtu druhů nalezených v pískovně Veselí a Vlkov



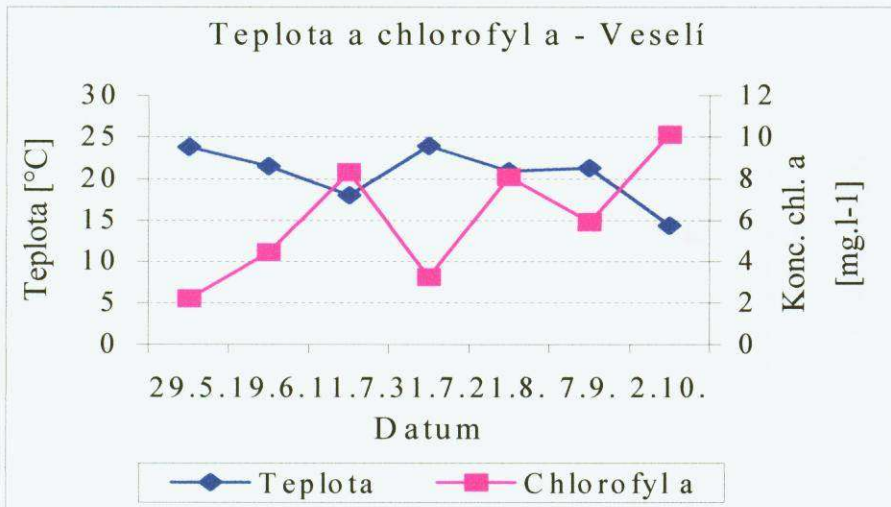
Graf 4: Porovnání celkové biomasy planktonu v pískovně Veselí a Vlkov



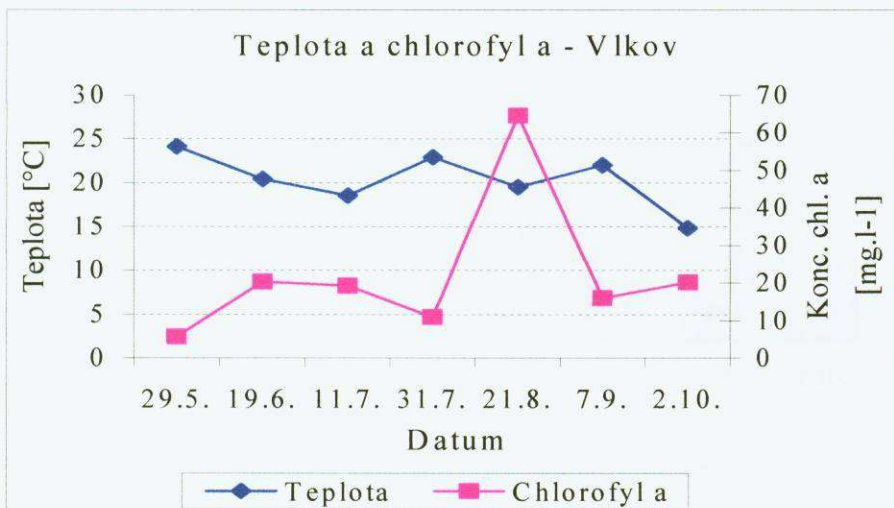
Graf 5: Korelace chlorofylu a průhlednosti v pískovně Veselí



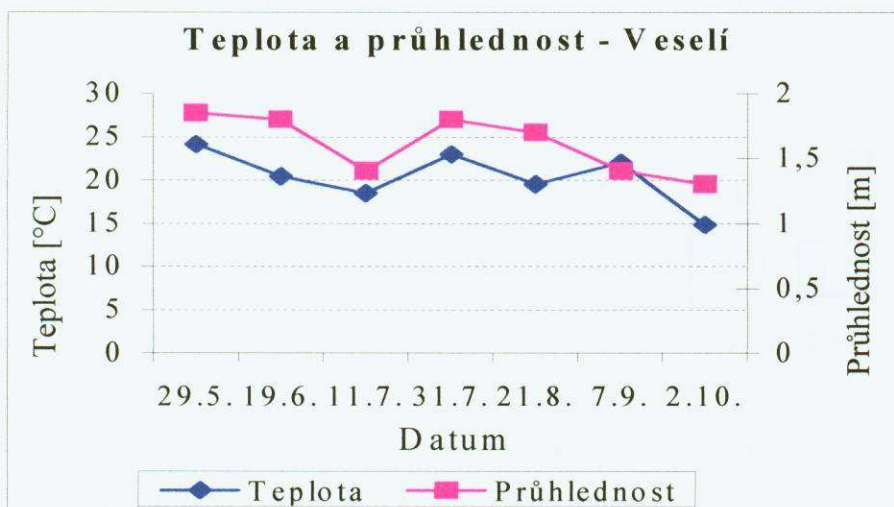
Graf 6: Korelace chlorofylu a průhlednosti v pískovně Vlkov



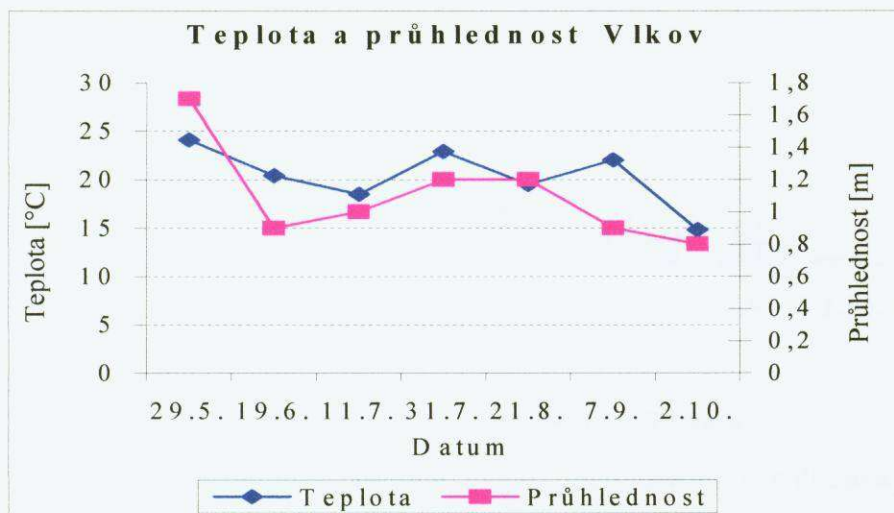
Graf 7: Korelace teploty a chlorofylu *a* v pískovně Veselí



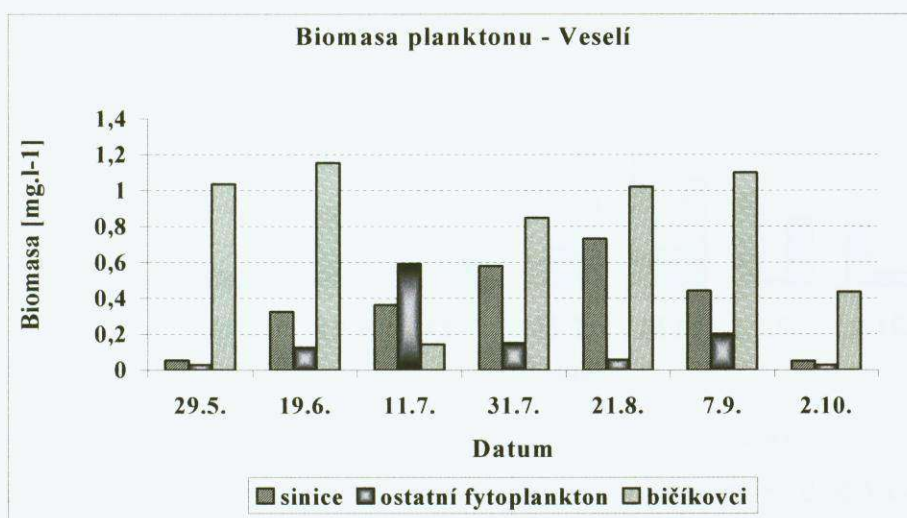
Graf 8: Korelace teploty a chlorofylu *a* v pískovně Vlkov



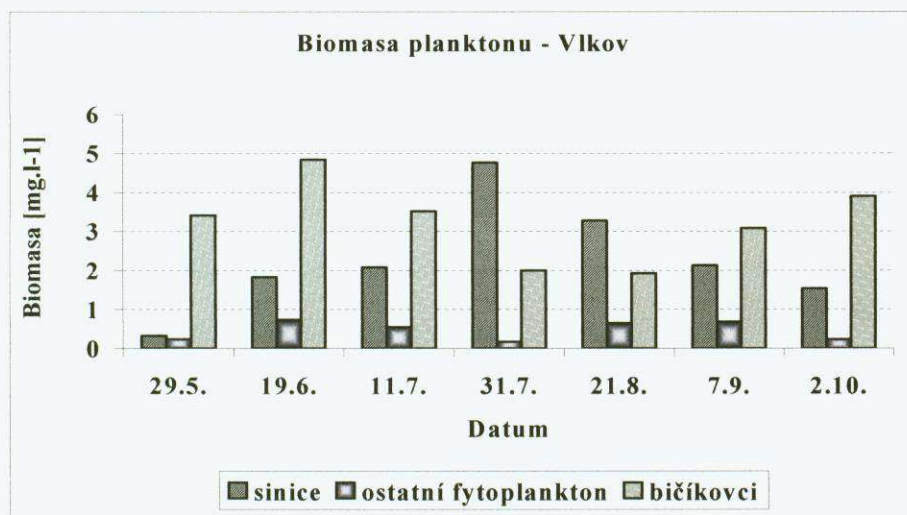
Graf 9: Korelace teploty a průhlednosti v pískovně Veselí



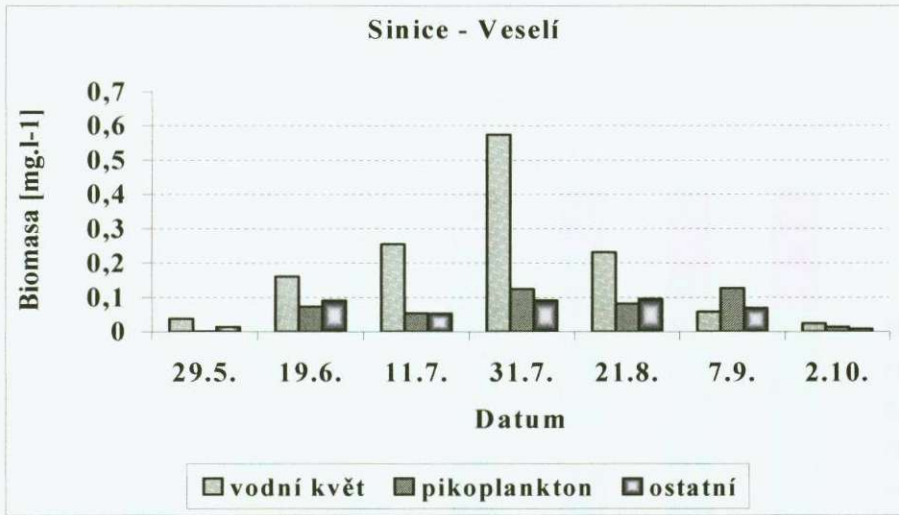
Graf 10: Korelace teploty a průhlednosti v pískovně Vlkov



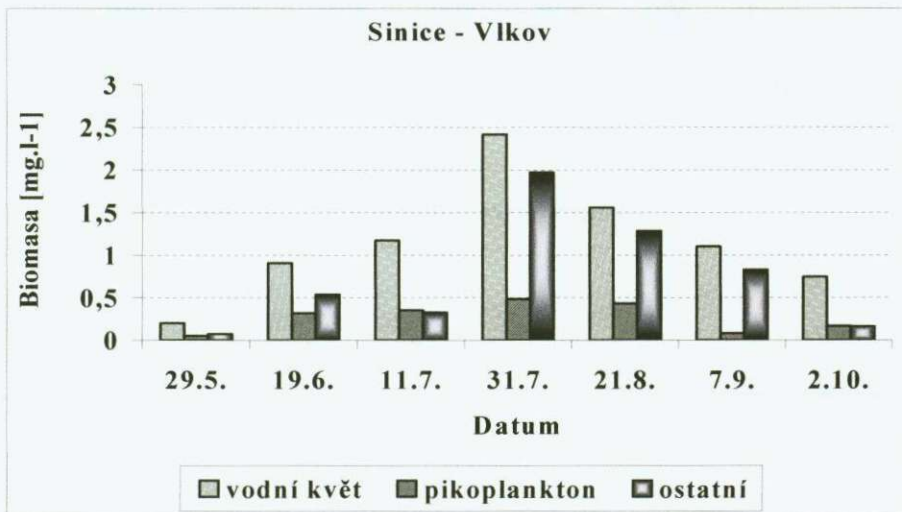
Graf 11: Celková biomasa planktonu v pískovně Veselí



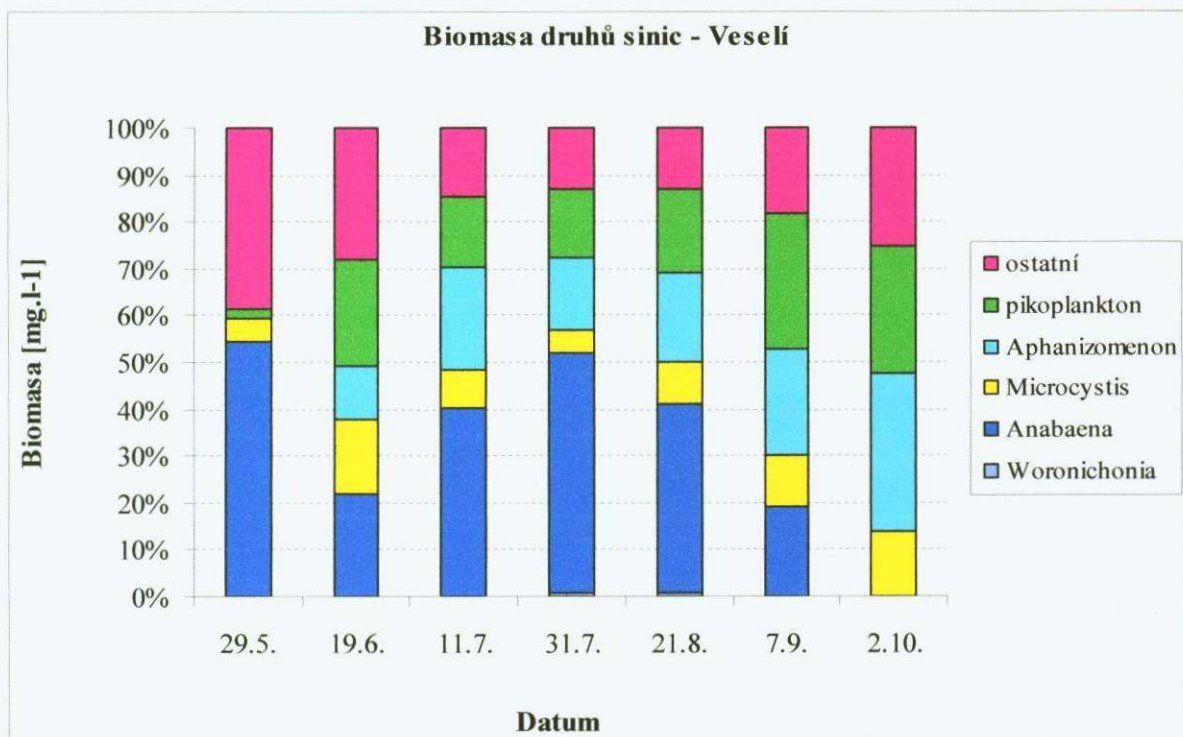
Graf 12: Celková biomasa planktonu v pískovně Vlkov



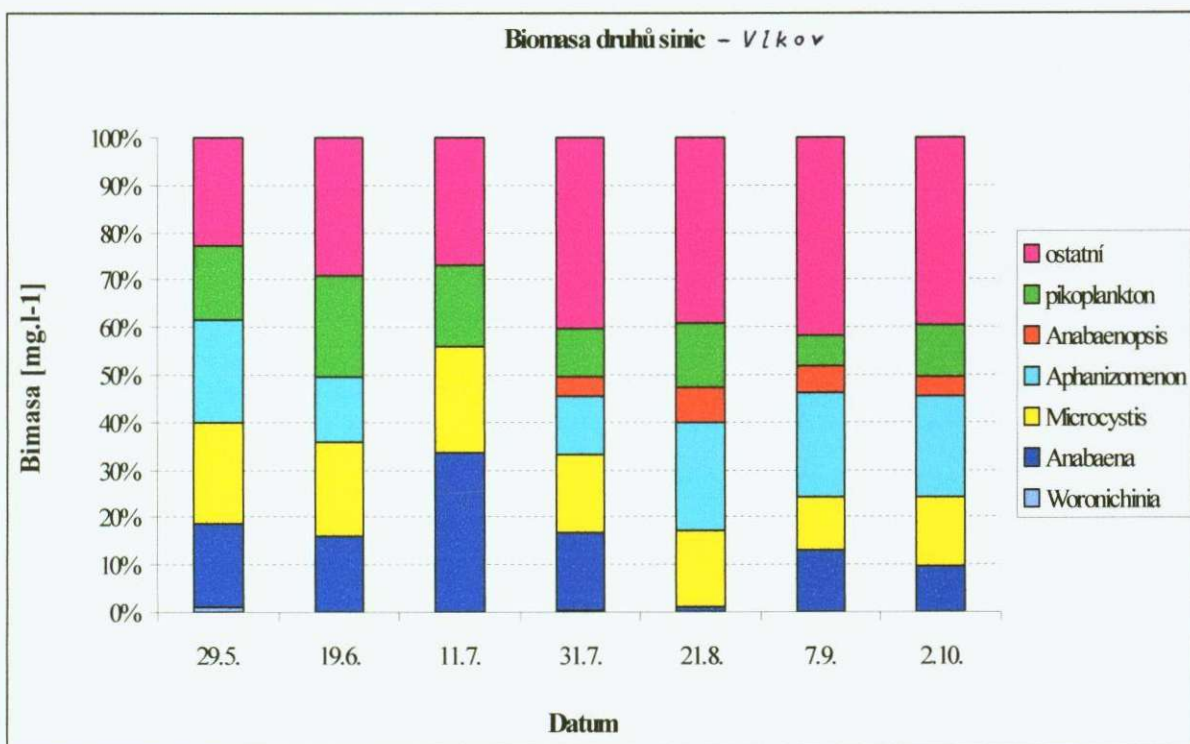
Graf 13: Srovnání biomasy sinic "vodního květu", pikoplanktonních druhů a ostatních nalezených druhů v pískovně Veselí



Graf 14: Srovnání biomasy sinic "vodního květu", pikoplanktonních druhů a ostatních nalezených druhů v pískovně Vlkov

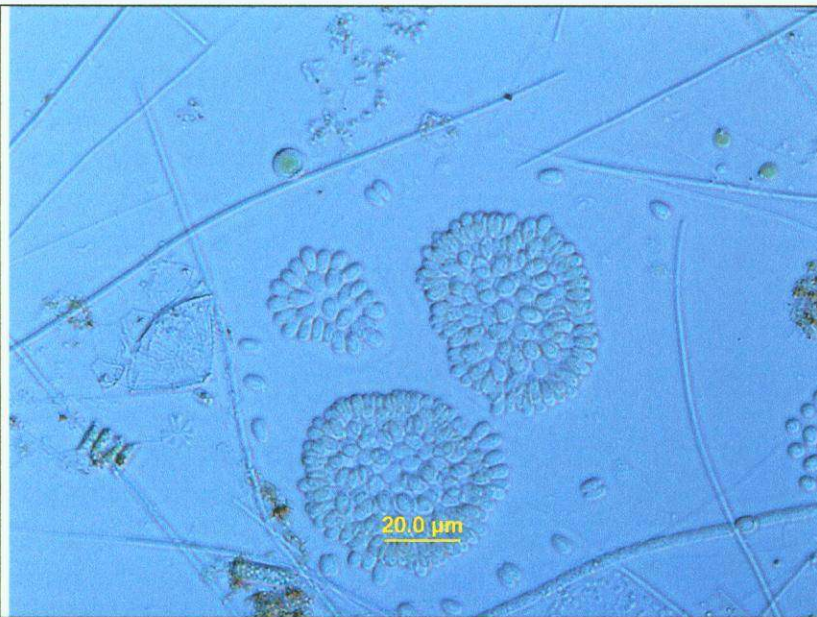


Graf15: Porovnání biomasy druhů sinic v pískovně Veselí



Graf16: Porovnání biomasy druhů sinic v pískovně Vlkov

Příloha 4



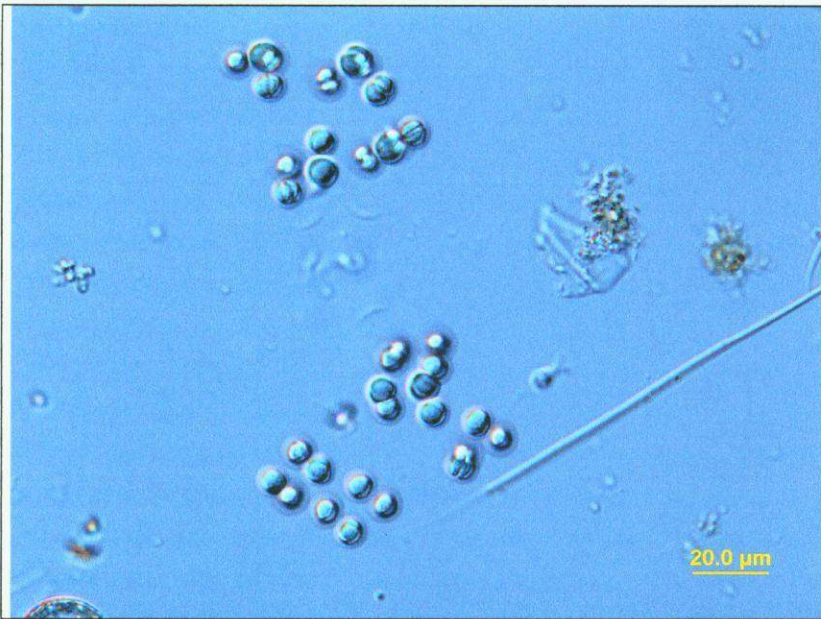
Woronichinia naegeliana



Anabaena cf. *smithii*



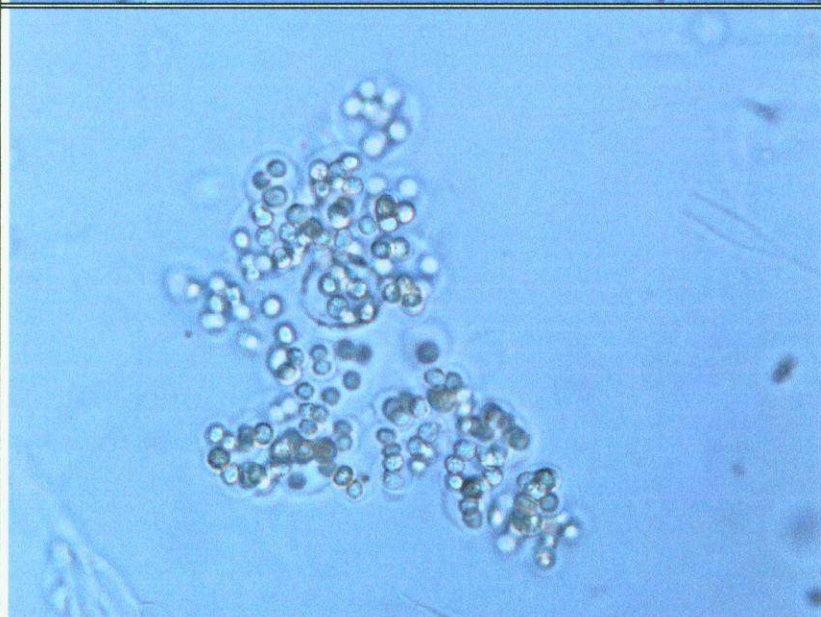
Anabaena cf. *lemmermannii*



Chroococcus limneticus



Anabaenopsis elenkii



Microcystis wesenbergii