

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

**KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE**

**SINICE VODNÍCH KVĚTŮ A REKREAČNÍ VYUŽITÍ POLABSKÝCH  
PÍSKOVEN MEZI ÚSTÍM JIZERY A KOSTELCEM NAD LABEM**

**CYANOBACTERIA OF WATER BLOOMS AND RECREATIONAL USE  
OF LABE SAND PITS**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vedoucí práce: prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.**

**Diplomant: Bc. Hana Velebová**

**2015**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra aplikované ekologie

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Hana Velebová

Aplikovaná ekologie

Název práce

**Sinice vodních květů a rekreační využití polabských pískoven mezi ústím Jizery a Kostelcem nad Labem**

Název anglicky

**Cyanobacteria of water blooms and recreational use of Labe sand pits**

---

### Cíle práce

1. Popsat historický vývoj polabských zatopených pískoven
2. Charakterizovat podmínky vzniku vodních květů
3. Vybrat cca deset pískoven, které budou v průběhu roku 2013 sledovány z hlediska výskytu vodních květů
4. Provést a vyhodnotit rozbory planktonu na vybraných lokalitách
5. Zhodnotit rekreační využití sledovaných pískoven

### Metodika

Před sezónou 2013 vytipovat 10-20 lokalit.

V sezóně provést 3 nebo 4 odběry (květen nebo červen, červenec, srpen a možná i září) na vybraných lokalitách. a určit v odebraných vzorcích hlavní druhy sinic. V rámci odběrů bude sledován i vizuálně výskyt vodních květů (podle jednoduché stupnice), makroskopických řas, případně vodních makrofyt a průhlednosti. Alespoň jeden z prázdninových odběrů by měl být proveden v teplý slunný den (nejlépe o víkendu) kvůli zhodnocení rekreačního využití (odhad počtu koupajících se lidí alespoň jako desítky stovky – tisíce).

**Doporučený rozsah práce**

60 stran včetně příloh

**Klíčová slova**

vodní květ, sinice, kvalita vody, vodní nádrž

---

**Doporučené zdroje informací**

Adámek, Z., Helešic, J., Maršálek, B. a Rulík, M., 2008. Aplikovaná hydrobiologie. VÚRH Vodňany.

Ambrožová, J., 2007. Aplikovaná a technická hydrobiologie. VŠCHT Praha.

Maršálek, B., Feldmanová, M a Maršálková, E. (Eds.), 2006. Cyanobaktérie 2006. Biologie, toxikologie a management. Botanický ústav AV ČR, Průhonice.

Vyhláška č. 135/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch

---

**Předběžný termín obhajoby**

2014/06 (červen)

**Vedoucí práce**

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

---

Elektronicky schváleno dne 28. 4. 2013

**prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 18. 12. 2013

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Děkan

V Praze dne 15. 04. 2015

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pod vedením pana prof. Ing. Jana Vymazala, CSc. V seznamu literatury jsem uvedla všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 05.04.2015

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu mé práce panu prof. Ing. Janu Vymazalovi, CSc. za trpělivost a za rady při vypracování mé práce, dále panu Mgr. Petru Pumannovi za zázemí a pomoc s praktickou částí mé práce a paní Jaroslavě Fryšové za poskytnutí informací. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat svému manželovi Otakarovi Velebovi za podporu a pomoc při odběrech vzorků.

## **Abstrakt**

Cílem této práce bylo v první řadě zmapovat výskyt různých druhů sinic na vybraných polabských pískovnách a popsat rozsah vodního květu během letní sezóny 2013. Mezi vybranými pískovkami se nachází jak pískovny hojně využívané ke koupání, tak i ty, které jsou využívány spíše k rybolovu. V rámci práce v terénu jsem odebrala vzorky planktonu i vody, abych určila důležité ukazatele, a odhadem určila denní návštěvnost pískoven. Mezi nejvíce řešené problémy patří výskyt vodního květu, jeho vliv na vodní organismy a na zdraví člověka. V mé práci bych ráda poskytla ucelené informace o výskytu sinic v řešené oblasti, potvrdila výskyt invazních druhů sinic a dala do souvislosti se stářím pískovny a mírou rekreačního využití pískovny.

The aim of this study was primarily to map the occurrence of different species of cyanobacteria in selected Labe sandpits and describe the extent of algal blooms during the summer season 2013. Among the selected sand pits both sand pits widely used for bathing, as well as those that are mainly used for fishing were included. In the context of fieldwork, I took samples of plankton and water to determine important parameters and estimated daily attendance. The most commonly studied issues connected with algae bloom include its impact on aquatic life and human health. In my thesis, I would like to provide comprehensive information on the occurrence of cyanobacteria in studied area, to confirm the presence of invasive species of cyanobacteria and to put into context age of sand pits and the level of their recreational use.

### **Klíčová slova:**

vodní květ, sinice, kvalita vody, vodní nádrž, rekreace

water bloom, cyanobacteria, water quality, water pond, recreation

## Obsah

<b>1.</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1.	VODNÍ KVĚT .....	2
1.2.	TOXICITA .....	4
<b>2.</b>	<b>CÍLE PRÁCE.....</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>METODIKA .....</b>	<b>8</b>
3.1.	VÝBĚR LOKALIT .....	8
3.2.	ODBĚRY VZORKŮ .....	10
3.3.	LABORATORNÍ MĚŘENÍ.....	11
3.3.1.	Zjišťování koncentrace chlorofylu-a.....	11
3.3.2.	Měření zákalu.....	13
3.4.	MIKROSKOPOVÁNÍ .....	13
3.5.	PRÁCE S DATY .....	14
<b>4.</b>	<b>CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ.....</b>	<b>15</b>
4.1.	PŘÍRODNÍ PODMÍNKY .....	15
4.1.1.	Geomorfologické podmínky .....	15
4.1.2.	Klimatické a hydrologické podmínky .....	15
4.1.3.	Hydrogeologická rajonizace.....	16
4.1.4.	Geologické podmínky .....	17
4.2.	POPIS LOKALIT .....	20
4.2.1.	Proboštský rybník .....	20
4.2.2.	Očko .....	21
4.2.3.	Borecké jezero.....	22
4.2.4.	Jezero Lhota .....	23
4.2.5.	Nové Konětopy .....	24
4.2.6.	Staré Konětopy .....	26
4.2.7.	Ovčáry .....	27
4.2.8.	Jezero Kopa.....	28
4.2.9.	Rašeliniště Křenek .....	29
4.3.	RYBÁŘSKÉ REVÍRY A SLOŽENÍ RYBÍ OBSÁDKY .....	30
4.4.	TĚŽBA ŠTERKOPÍSKŮ – HISTORIE A SOUČASNOST .....	32
<b>5.</b>	<b>LEGISLATIVA V OBLASTI KOUPACÍCH VOD.....</b>	<b>35</b>
5.1.	ZÁKON Č. 258/2000 SB. O OCHRANĚ VEŘEJNÉHO ZDRAVÍ .....	35

5.2.	VYHLÁŠKA Č. 238/2011 SB. O STANOVENÍ HYGIENICKÝCH POŽADAVKŮ NA KOUPALIŠTĚ, SAUNY A HYGIENICKÉ LIMITY PÍSKU V PÍSKOVIŠTÍCH VENKOVNÍCH HRACÍCH PLOCH .....	37
5.3.	ZÁKON Č. 254/2001 SB. O VODÁCH.....	41
5.4.	VYHLÁŠKA Č. 155/2011 SB. O PROFILECH POVRCHOVÝCH VOD VYUŽÍVANÝCH KE KOUPÁNÍ.....	42
<b>6.</b>	<b>LITERÁRNÍ REŠERŠE K JEDNOTLIVÝM DRUHŮM NALEZENÝCH SINIC .....</b>	<b>43</b>
6.1.	<i>APHANIZOMENON FLOS-AQUAE</i> .....	43
6.2.	<i>APHANIZOMENON GRACILE</i> .....	44
6.3.	<i>CHRYSOSPORUM BERGII</i> .....	45
6.4.	<i>CUSPIDOTHRIX ISSATSCHENKOI</i> .....	46
6.5.	<i>CYLINDROSPERMOPSIS RACIBORSKII</i> .....	47
6.6.	<i>DOLICHOSPERMUM FLOS-AQUAE</i> .....	48
6.7.	<i>DOLICHOSPERMUM LEMMERMANNII</i> .....	49
6.8.	<i>DOLICHOSPERMUM PLANCTONICUM</i> .....	49
6.9.	<i>DOLICHOSPERMUM TENERICAULE</i> .....	50
6.10.	<i>LIMNOTHRIX LAUTERBORNII</i> .....	51
6.11.	<i>LIMNOTHRIX PLANCTONICA</i> .....	52
6.12.	<i>MICROCYSTIS AERUGINOSA</i> .....	52
6.13.	<i>MICROCYSTIS WESENBERGII</i> .....	53
6.14.	<i>PLANKTOLYNGBYA LIMNETICA</i> .....	54
6.15.	<i>PLANKTOTHRIX AGARDHII</i> .....	55
6.16.	<i>PSEUDANABAENA LIMNETICA</i> .....	55
6.17.	<i>WORONICHINIA NAEGLIANA</i> .....	56
<b>7.</b>	<b>VÝSLEDKY .....</b>	<b>58</b>
<b>8.</b>	<b>DISKUSE.....</b>	<b>63</b>
<b>9.</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>65</b>
<b>10.</b>	<b>PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ.....</b>	<b>66</b>
<b>11.</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK .....</b>	<b>75</b>



# 1. Úvod

Masivní rozvoj sinic ve vodních ekosystémech se v posledních desetiletích stal skutečným světovým problémem, nejen s ohledem na rizika při koupání, ale i v případě kontaminace zdrojů pitné vody (FALCONER et HUMPAGE, 2005). Velký problém vyžadující řešení je nalezení efektivního způsobu úpravy pitné vody. Opatření, která jsou v současnosti využívána (chlorace, různé filtrace a ozonizace), mnohdy nejsou dostatečná, zvláště v případech vysokého organického znečištění nebo během přítomnosti vodního květu (HITZFELD et al., 2000). Očekává se, že problémy spojené s výskytem sinic se budou nadále zhoršovat hlavně v oblastech se zvýšeným populačním růstem s nedostatečným čištěním odpadních vod a v zemědělských regionech, kde hrozí úniky živin do vodních útvarů kvůli masivnímu hnojení a erozi (BARTRAM et al., 1999).

Nové studie potvrzují, že kombinace antropogenního zatížení živinami, rostoucích teplot, zvýšené vertikální stratifikace a zvýšených zásob atmosférického CO<sub>2</sub>, bude nadále podporovat dominanci sinic ve vodních ekosystémech. Zvláště pokud to porovnáme s vlastnostmi a schopnostmi sinic – účinné mechanismy pro příjem živin a CO<sub>2</sub>, ochrana před UV zářením a jejich vysoká adaptabilita, jsou pro ně podmínky, v současnosti tak diskutovaných, globálních změn klimatu velmi příznivé (PAERL et PAUL, 2011).

Vlivu změn klimatu se často přisuzuje i efekt masivních invazí nepůvodních druhů. Když ale prostudujeme, které druhy jsou hlášeny z území České republiky jako invazní, nelze tyto invaze přisuzovat pouze změnám klimatu. Ne všechny druhy přišly do ČR z tropů, některé mají původ v severských zemích, některé přišly z východu či západu. Jedním z faktorů, které přispívají k vyšší míře invazí nepůvodních druhů, je globální mořská i říční doprava (KAŠTOVSKÝ et al., 2010b).

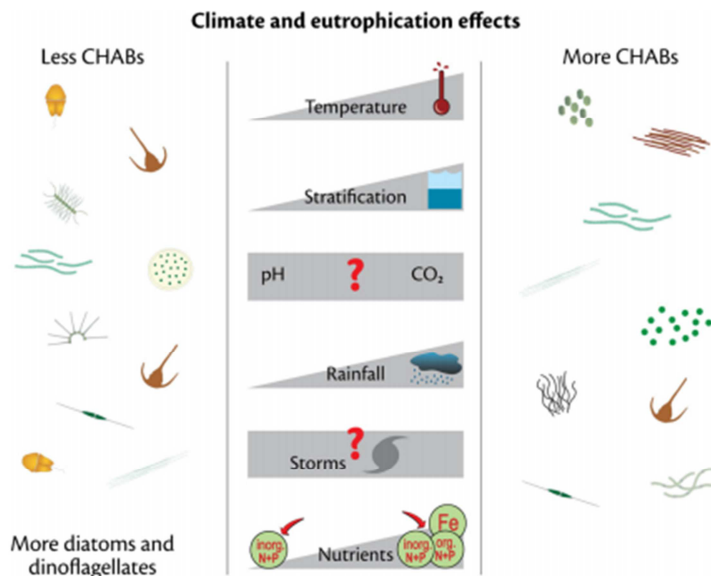
## 1.1. Vodní květ

Za nejstarší literárně zaznamenaný výskyt vodního květu se považuje popis z bible, kdy jedna z deseti ran egyptských způsobí, že se voda změní v krev. Za tento jev byla s největší pravděpodobností zodpovědná sinice *Planktothrix rubescens* (ZNACHOR, 2005). Historicky nejstarší doloženou zmínkou o výskytu vodního květu je případ, který se odehrál asi před 1000 lety v Číně, kdy generál Zhu Ge-Ling hlásil ztrátu vojenské jednotky během přechodu přes řeku. Voda, ze které vojáci pili, měla údajně zelenou barvu (BARTRAM et al., 1999).

Vodní květ u hladiny vytváří bariéru slunečním paprskům, způsobuje narušení kyslíkového režimu respirací biomasy a jejím mikrobiálním rozkladem po úhynu. Důsledkem toho dochází k úbytku některých méně adaptabilních organismů a jejich místo zaujímají odolnější druhy, které se přemnožují a způsobují mnohdy nevratné změny v ekosystému (KOČÍ et al., 2000).

ČSN 75 7717 uvádí definici vodního květu jako hromadný výskyt sinic u hladiny nebo ve vodním sloupci, který je viditelný pouhým okem (PUMANN et DURAS, 2014). Mezi sinice, které vytváří vodní květ, patří rody *Anabaena* (*Dolichospermum*), *Anabaenopsis*, *Aphanizomenon*, *Nodularia*, *Cylindrospermopsis*, *Gloeotrichia*, *Oscillatoria*, *Spirulina* a dále pak *Microcystis*, *Gomphosphaeria* a *Coelosphaerium* (OLIVER et GANF, 2000). Sinice pro svůj růst potřebují specifické podmínky.

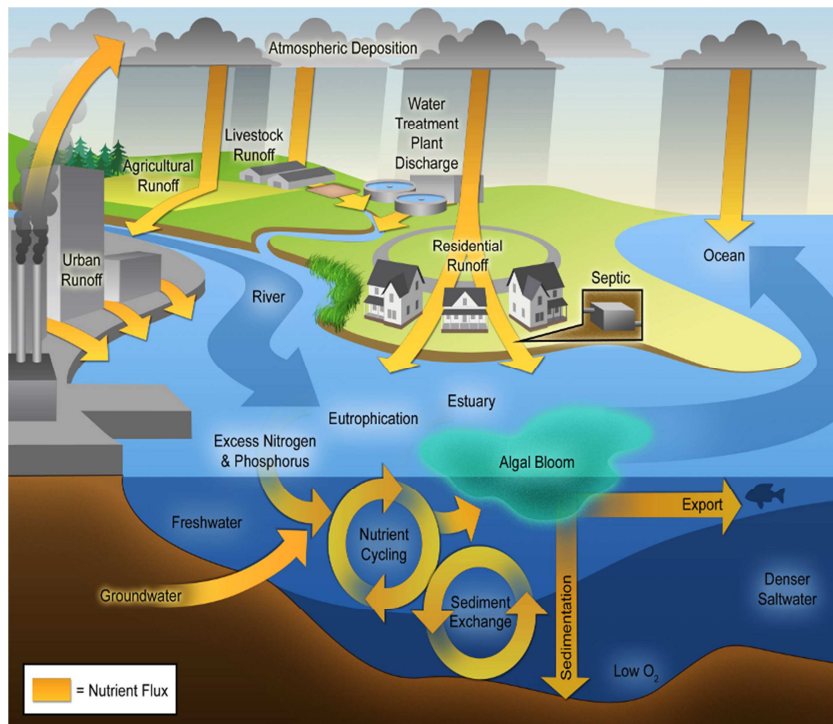
Informace, že sinice pro svůj rozvoj preferují vyšší teploty, se již během let stala jakýmsi územ. Tento údaj však může být podle novějších teorií sporný. Vyšší teploty totiž souvisí i s teplotní stratifikací a změnami v turbulentním promíchávání, které rozvoj sinic ovlivňují více (OLIVER et GANF, 2000). Vyšší teplota rovněž snižuje povrchovou viskozitu vody a zvyšuje difúzi živin k povrchu buňky (O'NEIL et al., 2012). Na obr. 1 můžete vidět některé z faktorů přispívajících k rozvoji sinic ve vodním prostředí.



**Obr. 1** Některé z faktorů ovlivňující rozvoj vodního květu (O'NEIL et al., 2012), pozn. CHAB = Cyanobacterial Harmful Algae Bloom (škodlivý vodní květ sinic)

U větších vodních ploch v našich končinách probíhá tzv. dimiktická teplotní stratifikace – k míchání vody dochází na jaře a na podzim. Relativně dlouhá doba mezi jarní a podzimní cirkulací poskytuje sinicím dostatek času pro růst (AMBROŽOVÁ, 2003). Velkou výhodou mohou pro některé druhy sinic znamenat speciální plynové měchýřky – aerotopy, kterých využívají k vertikálnímu posunu ve vodním sloupci (buoyancy). Tento posun je ovlivněn světelným režimem (BELOV et GILES, 1997; MUR et al., 1999). V případě příznivých světelných podmínek se sinice přesune pomocí aerotopů blíže k hladině, oproti tomu během zimních měsíců využívá blízkosti dna k přezimování (SMITH et MANOYLOV, 2013).

Důležitým faktorem pro vznik vodního květu je eutrofizace – tedy zvýšené množství živin (zvláště fosforu a dusíku) ve vodě (ZNACHOR, 2005). Dusík (N) je potřebný pro syntézu proteinů a fosfor (P) je potřebný pro DNA, RNA a přenos energie (CONLEY et al., 2009). Významným zdrojem živin (hlavně dusíku) pro málo úživné vodní plochy mohou být i atmosférické srážky (LELLÁK et KUBÍČEK, 1992). Různé cesty vstupu živin do vodního prostředí můžete vidět na obr. 2.



Obr. 2 Cesty vstupu živin do vodního prostředí (www.iseca.eu)

Sinice se obvykle vyskytují v eutrofních vodních útvarech s vysokou koncentrací P a K, ale objevují se i tam, kde jsou koncentrace těchto nutrientů nízké. Je to způsobeno vysokou afinitou některých sinic k N a P. Zároveň mají některé sinice schopnost fosfor uchovávat a vytvářet tak určitým způsobem jeho zásobárnu. O nástupu vodního květu sinic tak může informovat nízký poměr N:P (MUR et al., 1999).

## 1.2. Toxicita

Podle údajů Světové zdravotnické organizace je až v 60% odebraných vzorků sinic přítomen některý z cyanotoxinů (WHO, 2003). Již od roku 1949 jsou hlášeny případy onemocnění spojených s expozicí sinicemi v rámci rekreace, které se projevují rozsáhlým spektrem příznaků od drobnějších (senná rýma, svědivá kožní vyrážka, gastrointestinální potíže) až po ty závažnější (bolest hlavy a svalů, horečka, zápal plic, závratě a puchýře v ústech) (STEWART et al., 2006). Cesty pro vstup cyanotoxinů do organismu jsou orální, dermální a inhalační (PUMANN et al., 2008). Vliv na domestikovaná zvířata – koně, ovce, psi a prasata – byla hlášena dříve, již

z doby před 120 lety (STEWART et al., 2006). Základní druhy cyanotoxinů a jejich původci jsou obsaženy v tabulce č. 1.

**Tab. 1** Klasifikace cyanotoxinů a jejich producenti (STEWART et al., 2006)

Toxin nebo skupina toxinů	Klasifikace dle hlavního cílového orgánu	Rod
Microcystiny	Hepatotoxiny	<i>Anabaena (=Dolichospermum), Anabaenopsis, Aphanocapsa, Arthrospira, Hapalosiphon, Microcystis, Nostoc, Oscillatoria, Planktothrix, Snowella, Woronichinia</i>
Nodulariny	Hepatotoxiny	<i>Nodularia</i>
Anatoxin-a, homoanatoxin-a	Neurotoxin	<i>Anabaena (=Dolichospermum), Aphanizomenon, Arthrospira, Cyndrospermum, Microcystis, Oscillatoria, Phormidium, Planktothrix, Raphidiopsis</i>
Anatoxin-a(s)	Neurotoxin	<i>Anabaena (=Dolichospermum)</i>
Saxitoxiny	Neurotoxin	<i>Anabaena (=Dolichospermum), Aphanizomenon, Cyndrospermopsis, Lyngbya, Planktothrix</i>
Cyldrospermopsin	Cytotoxin (poškozeny bývají játra, ledviny, gastrointestinální trakt, srdce, slezina, brzlík a pokožka)	<i>Anabaena, Aphanizomenon, Cyndrospermopsis, Raphidiopsis, Umezakia</i>
Aplysiatoxin, debromoaplysiatoxin	Kožní toxin (pravděpodobně gastrointestinální toxin způsobující zánět)	<i>Lyngbya</i>
Lyngbyatoxin A	Pravděpodobně gastrointestinální toxin způsobující zánět	<i>Lyngbya</i>

Některé sinice produkují  $\beta$ -N-methylamino-L-alanin (neurotoxická aminokyselina), který je spojován s neuromotorickými onemocněními jako Alzheimerova či Parkinsonova choroba. Mezi sinice, které mohou tuto

aminokyselinu produkovat, patří mimo jiné *Microcystis* sp., *Anabaena* sp., *Aphanizomenon flos-aquae*, *Planktothrix agardhii*, *Cylindrospermopsis raciborskii* aj. (COX et al., 2005).

Mezi nejvíce studované cyanotoxiny patří microcystiny a cylindrospermopsin. Microcystiny se objevují po celém světě a jsou produkovány širší škálou rodů sinic (např. *Microcystis*, *Nostoc*, *Anabaena* (= *Dolichospermum*), *Planktothrix*) (MOREIRA et al., 2013). Mezi sinice produkující cylindrospermopsin se řadí *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Umezakia natans*, *Chrysochloris ovalisporum*, *Chrysochloris bergii*, *Raphidiopsis curvata*, *R. mediterranea*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena lapponica*, *Lyngbya wollei* (MOREIRA et al., 2012).

Velmi zajímavým cyanotoxinem je anatoxin-a a jeho metyl derivát homoanatoxin-a, které napodobují v organismu acetylcholin a místo něj se vážou na nikotinové receptory, a způsobují tak přerušení signalizace v nervových a neuromuskulárních uzlech. To způsobí ochrnutí, které může vést až k zástavě dechu a následně k úmrtí jedince (ARONSTAM et WITKOP, 1981; WEIRICH et MILLER, 2014). Anatoxin-a je rovněž předpokládaným viníkem smrti chlapce v USA, který požil vodu z jezírka v objektu golfového hřiště v roce 2002. Zdrojem anatoxinu-a byl v tomto případě druh *Anabaena flos-aquae* (= *Dolichospermum flos-aquae*). S ohledem na relativně dlouhou dobu mezi koupáním a úmrtím chlapce se ovšem objevují pochybnosti, zda byl viníkem skutečně zmíněný anatoxin-a (STEWART et al., 2006; WEIRICH et MILLER, 2014).

## **2. Cíle práce**

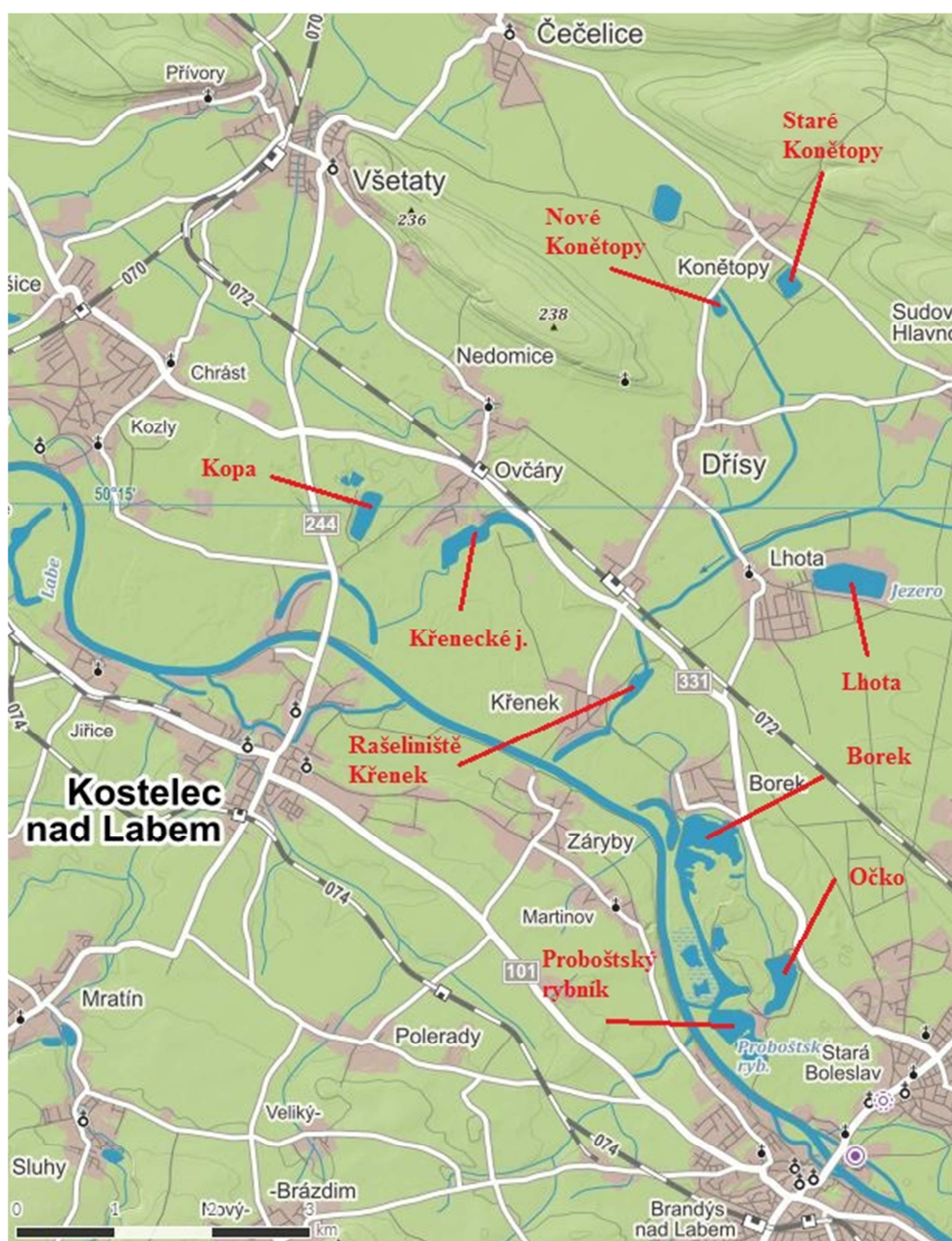
Mezi hlavní cíle mé práce patří následující body:

1. Popsat historický vývoj vybraných polabských zatopených pískoven
2. Charakterizovat podmínky vzniku vodních květů
3. Vybrat deset pískoven, které budou v průběhu roku 2013 sledovány z hlediska výskytu vodních květů
4. Provést a vyhodnotit rozbory planktonu na vybraných lokalitách
5. Zhodnotit rekreační využití sledovaných pískoven

### 3. Metodika

#### 3.1. Výběr lokalit

Jednotlivé lokality v zadaném území jsem nejprve vybírala pomocí ortofotografického zobrazení území na mapovém serveru. Bylo důležité podle tvaru vodních ploch určit, která z nich může být zatopená pískovna. Náповědou byla i stále probíhající těžba v okolí vodní plochy nebo přímo na ní v jiné její části. Z tohoto výběru vzešlo 15 vodních ploch určených jako zatopené pískovny.



Obr. 3 Mapa zkoumaných lokalit (podkladová mapa - zdroj: www.mapy.cz)



Počet lokalit jsem zredukovala při terénním průzkumu území na deset. Některé z vybraných pískoven byly nepřístupné – oplocené (často s hrozbou pokuty při vstupu na soukromý pozemek), nebo na nich ještě aktivně probíhala těžba a vstup na pozemek byl z hlediska bezpečnosti nevhodný. Podrobnější charakteristika území a jednotlivých lokalit je předmětem kapitoly 4. V tabulce č. 2 můžete vidět seznam lokalit, jejich polohu a plochu.

**Tab. 2** Zkoumané lokality

Lokalita	GPS odběrných míst	Plocha [ha]
Proboštský rybník	N 50°12.08857', E 14°39.31315'	23,3
Očko	N 50°12.22068', E 14°39.55560'	10,8
Borek	N 50°13.20855', E 14°38.68732'	18,4
Lhota	N 50°14.67500', E 14°40.15365'	19,7
Nové Konětopy 1	N 50°16.13418', E 14°39.06588'	2,8
Nové Konětopy 2	N 50°16.07117', E 14°39.10382'	5,9
Staré Konětopy	N 50°16.20778', E 14°39.49663'	4,6
Ovčáry	N 50°14.91688', E 14°37.28395'	16,2
Kopa	N 50°14.80518', E 14°35.83678'	7,7
Rašeliniště Křenek	N 50°13.97882', E 14°38.19113'	1,1

### 3.2. Odběry vzorků

Hlavním cílem mé práce je zmapovat výskyt různých druhů sinic v letní sezóně, kdy sinice způsobují největší problémy z hlediska lidského zdraví. Proto jsem rozvrhla odběry vzorků na tři termíny – polovina června (přesně 16.6.2013), přelom července a srpna (přesně 4.8.2013) a polovina září (přesně 15.9.2013). První termín byl stanoven podle předpokladu, že výskyt sinic ještě nebude plně rozvinut a bude možné pozorovat i jiné jejich druhy než ty, které jsou obvyklé v červenci a srpnu. Druhý termín byl zvolen logicky jako vrchol letní sezóny. Třetí termín měl zmapovat, k jakým změnám dochází ve výskytu sinic s poklesem teplot v souvislosti s přechodem z letních měsíců na podzimní. Na každé z lokalit jsem zvolila odběrné místo tak, aby byl možný přístup k vodní hladině, a které bylo během všech odběrů stejné.

Odebírala jsem dvě sady vzorků. Jedna sada vzorků sloužila pro mikroskopování. Odběr planktonu jsem prováděla pomocí kónické sítě z hedvábné tkaniny uhelon s velikostí ok 20  $\mu\text{m}$  a s mosazným ventilem. Síťku jsem vhodila zhruba do vzdálenosti 2 m od břehu a plynulým pohybem k sobě jsem nabrala vzorek planktonu. Pokud se stalo, že se síťka dotkla dna, a došlo tak ke zvíření dnového sedimentu, bylo nutné počkat, až se sediment usadí, a vzorek odebrat znovu. Pomocí kohoutku sítě jsem nabrala 50 ml vzorku do připravené nádoby a fixovala jsem ho dvěma kapkami formalínu (40% vodný roztok formaldehydu).

Druhá sada vzorků sloužila pro zjišťování chlorofylu-a a zákalu. Vzorky jsem odebírala pomocí polyethylenových lahví o objemu 0,5 l v hloubce přibližně 15 cm. Pro lokalitu jezer „nové“ Konětopy bylo v prvním termínu odběru vzorků zjištěno, že tento objem je nedostačující vzhledem k nízkému obsahu pevných částic zachycených na filtru (filtrační koláč). Proto jsem pro další dva termíny odběru vzorků zvýšila odebírané množství vody na 1 l a později na 1,5 l. Tato sada vzorků se nijak nefixovala, pouze byly vzorky uloženy do chladu a temna do následujícího dne, kdy jsem prováděla laboratorní měření.

Stav vodního květu jsem posuzovala dle tabulky uvedené ve vyhlášce č. 238/2011 Sb. o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch (tab. 8).

V rámci terénního průzkumu jsem zjišťovala rovněž míru využití lokalit ke koupání. Neměla jsem k dispozici přesná data o návštěvnosti jednotlivých objektů, proto jsem využila pouze svého odhadu počtu koupajících se lidí. Odběry probíhaly pokaždé v neděli, kdy se dalo předpokládat větší množství návštěvníků koupališť než ve všední dny. Pro lepší přehlednost jsem si vytvořila stupnici návštěvnosti (tab. 3).

**Tab. 3** Stupnice pro odhad okamžitého počtu návštěvníků

Stupeň	Popis	Odhad návštěvnosti [os./den]
1	Velmi málo využívané	< 20
2	Běžně využívané	20 - 100
3	Využívané	100 - 500
4	Intenzivně využívané	500 - 1000
5	Masově využívané	> 1000

### 3.3. *Laboratorní měření*

#### 3.3.1. Zjišťování koncentrace chlorofylu-a

Nejprve jsem vzorky v lahvích dostatečně promíchala a postupně jsem z každého vzorku odlila daný objem vody (obvykle 0,3 l) pomocí odměrného válce. U druhého odběru z lokality pískoven „nové“ Konětopy byl objem navýšen na 0,5 l a později u třetího odběru pro jistotu až na 1 l a 1,25 l. Zbytek vzorku jsem využila k zjištění hodnot zákalu.

Základem pro zjištění koncentrace chlorofylu ve vzorku byla filtrace přes filtr ze skleněných vláken pomocí vývěvy za mírného podtlaku. Jakmile se celý objem přefiltroval, filtr jsem pinzetou opatrně vyjmula a přeložila filtrační plochou dovnitř. Poté jsem vložila filtr do připravené zkumavky s 25 ml 90% etanolu. Takto připravený vzorek jsem promíchala, aby se z filtru uvolnily co nejvíce pevné částice na něm přichycené. Popsaný postup jsem pak použila u všech ostatních vzorků. Dalším krokem bylo umístit zkumavky se vzorky do vodní lázně o teplotě 75°C na dobu 5 minut. Po vyjmutí z vodní lázně bylo nutné nejprve nechat vzorky vytemperovat na laboratorní teplotu (asi 15 minut). Dalším krokem bylo vyčištění

vzorků pomocí centrifugy při 4000 otáčkách za minutu – filtr klesne ke dnu zkumavky.

Část takto vyčištěného vzorku (10 ml) jsem přelila do speciální kyvety (4 cm) a po kalibraci spektrofotometru jsem změřila hodnoty absorbance (A) při vlnové délce 665 nm ( $A_{665}$ ) a 750 nm ( $A_{750}$ ) vůči referenčnímu vzorku pouze s extrakčním činidlem (90% etanol). Pro stanovení množství chlorofylu bylo ještě třeba provést ještě jednou toto měření, ale s přidáním 10  $\mu$ l HCl (kyselina chlorovodíková) do vzorku. Výsledkem jsou hodnoty absorbance po okyselení  $A_{K,665}$  a  $A_{K,750}$ .

Výslednou koncentraci chlorofylu-a jsem pak s pomocí změřených hodnot absorbancí vypočítala podle následujícího vzorce (ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, 2014):

$$\rho_{chlorofyl-a} = 29,6 \cdot \{(A_{665} - A_{750}) - (A_{K,665} - A_{K,750})\} \cdot \left( \frac{V_e}{V_v \cdot d} \right)$$

$\rho_{chlorofyl-a}$  ... hmotnostní koncentrace chlorofylu-a [ $\mu$ g/l]

$V_e$  ... objem extrakčního činidla [ml]

$V_v$  ... objem vzorku před filtrací [l]

$d$  ... délka kyvety [cm]

$A_{665}$  ... absorbance při vlnové délce 665 nm

$A_{750}$  ... absorbance při vlnové délce 750 nm

$A_{K,665}$  ... absorbance po okyselení při vlnové délce 665 nm

$A_{K,750}$  ... absorbance po okyselení při vlnové délce 750 nm

Ze změřených hodnot se dá zjistit koncentrace feopigmentů, které jsou rozkladnými produkty chlorofylu. Z vyššího poměru mezi feopigmenty a chlorofylem-a (zhruba nad 0,5) lze usuzovat na špatný stav společenstva fytoplanktonu, případně na analytické problémy, např. dlouhé a nevhodné skladování nebo nedostatečné okyselení extraktu (PUMANN et al., 2013). Při výpočtu bylo postupováno podle následujícího vzorce (ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, 2014):

$$\rho_{feo} = \left\{ 20,8 \cdot (A_{K,665} - A_{K,750}) \cdot \left( \frac{V_e}{V_v \cdot d} \right) \right\} - \rho_{chlorofyl-a}$$

$\rho_{feo}$  ... hmotnostní koncentrace feopigmentů [ $\mu$ g/l]

$V_e$  ... objem extrakčního činidla [ml]

$V_v$  ... objem vzorku před filtrací [l]

$d$  ... délka kyvety [cm]

$A_{665}$  ... absorbance při vlnové délce 665 nm

$A_{750}$  ... absorbance při vlnové délce 750 nm

$A_{K,665}$  ... absorbance po okyselení při vlnové délce 665 nm

$A_{K,750}$  ... absorbance po okyselení při vlnové délce 750 nm

### 3.3.2. Měření zákalu

Zákal jsem zjišťovala ze vzorků vody, kterou jsem nevyužila při filtraci. K měření zákalu jsem použila přístroj turbidimetr ISO 2100P (Hach). Do speciální vialky kompatibilní s přístrojem jsem odlila příslušné množství vzorku (po rysku). Ve vzorku nesměly být žádné vzduchové bubliny, takže jsem několikrát do vialky klepla prstem, aby se bubliny rozpojily. Kvůli přesnosti měření jsem rovněž otřela z povrchu vialky zbytky vody a vyleštila ji hadříkem. Po provedení těchto opatření jsem vialku se vzorkem vložila do kalibrovaného turbidimetru, provedla měření a zjištěnou hodnotu zanesla do laboratorního protokolu. Po každém měření jsem vialku pečlivě vymyla, aby nedošlo ke kontaminaci následujících vzorků.

### 3.4. *Mikroskopování*

Hlavním cílem mé práce bylo floristické zhodnocení výskytu druhů sinic ve vodě zkoumaných pískoven. Můj výzkum byl tedy zaměřen spíše kvalitativně. U každého vzorku planktonu, který jsem odebrala sítíčkou v terénu, jsem provedla mikroskopování, přičemž jsem zkoumala, jaké druhy sinic se ve vzorcích objevují a v jakém orientačním množství.

Tab. 4 Stupnice relativní abundance druhu

Stupeň	Abundance druhu	Pokryvnost [%]
7	Masově zastoupený	90 – 100
6	Velmi hojný	50 – 90
5	Hojný	20 – 50
4	Dosti hojný	5 – 20
3	Zřídka se vyskytující	1 – 5
2	Velmi zřídka se vyskytující	0,1 – 1
1	Ojedinele zastoupený	< 0,1

Pro vyhodnocení abundance jednotlivých sinic jsem použila upravenou tabulku (tab. 4). Původní tabulka dle HINDÁKA (1978) obsahovala místo stupně „1“ znaménko „+“ (tedy stupnice byla +, 1, ..., 6). Původní tabulka byla nevyhovující s ohledem na pozdější statistické vyhodnocování, proto jsem si tabulku upravila do stávající formy.

### **3.5. *Práce s daty***

Pro kanonickou korespondenční analýzu (CCA) jsem použila software XLSTAT.

## 4. Charakteristika území

### 4.1. Přírodní podmínky

#### 4.1.1. Geomorfologické podmínky

Geomorfologické vymezení oblasti:

<b>Provincie</b>	Česká vysočina	
<b>Subprovincie</b>	Česká tabule	VI
<b>Oblast</b>	Středočeská tabule	VIB
<b>Celek</b>	Středolabská tabule	VIB-3
<b>Podcelek</b>	Mělnická kotlina	VIB-3C
<b>Okrsek</b>	Staroboleslavská kotlina	VIB-3C-b

Staroboleslavská kotlina je erozně denudační sníženina při středním toku Labe mezi ústím Vltavy a Lysou nad Labem, protažená ve směru osy křídové pánve. Složená je z turonských slínovců a písčitých slínovců, méně cenomanských pískovců, zakrytých říčními a eolickými sedimenty. Vyznačuje se akumulacním reliéfem středopleitocenních a mladopleistocenních říčních teras, údolních niv s opuštěnými koryty, pokryvů a přesypů navátých písků. (DEMEK, J., 1988)

#### 4.1.2. Klimatické a hydrologické podmínky

Dle charakteristiky klimatických oblastí (QUITT, 1971) je zájmové území řazeno do teplé klimatické oblasti T2. Ta je charakterizována následujícími údaji:

<b>Počet letních dnů:</b>	50 – 60
<b>Počet dnů s teplotou alespoň 10°C:</b>	160 – 170
<b>Počet mrazových dnů:</b>	100 – 110
<b>Počet ledových dnů:</b>	30 – 40
<b>Průměrná lednová teplota [°C]:</b>	-2 – -3
<b>Průměrná červencová teplota [°C]:</b>	18 – 19
<b>Průměrná dubnová teplota [°C]:</b>	8 – 9
<b>Průměrná říjnová teplota [°C]:</b>	7 – 9
<b>Úhrn srážek ve vegetačním období:</b>	350 – 400 mm

<b>Úhrn srážek v zimním období:</b>	200 – 300 mm
<b>Počet dnů se srážkami alespoň 1mm:</b>	90 – 100
<b>Počet dnů se sněhovou pokrývkou:</b>	40 – 50
<b>Počet dnů zatažených:</b>	120 – 140
<b>Počet dnů jasných:</b>	40 – 50

Oblast T2 je charakteristická teplým a suchým létem s krátkým přechodovým obdobím. Jaro a podzim jsou teplé až mírně teplé. Zima je krátká, mírně teplá, suchá až velmi suchá, s krátkým trváním sněhové pokrývky.

#### **4.1.3. Hydrogeologická rajonizace**

Hydrogeologické rajóny prodané území popisují podle nové metodiky z roku 2005, která upravuje metodiku z roku 1986. Mapy nové hydrogeologické rajonizace jsou k dispozici v online mapách Geologické služby i s popisem. Hydrogeologické rajóny jsou zde definovány vertikálně ve třech úrovních. První úroveň je základní a pokrývá celé území České republiky. Druhá úroveň je svrchní a zahrnuje převážně kvartérní a neogenní sedimenty. Třetí úroveň zahrnuje bazální křídový kolektor.

Základním rajonem řešeného území je rajon č. 4521 – Křída Košáteckého potoka. Hydrogeologickou strukturu v této oblasti utváří středohorský zlom a osa maršovické antiklinály. Drenážní bázi zde vytváří tok Labe. Propustnost sedimentů je kombinovaná (kombinuje průlinovou a puklinovou propustnost) s koeficientem transmisivity vyšší než  $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . Rajon je tvořen vrstvami pískovců a slepenců jizerského pásma středního turonu, jejichž funkce zvodněných kolektorů zabezpečuje oběh podzemní vody.

Svrchní rajon č. 1172 – Kvartér Labe po Vltavu pokrývá celé řešené území. Je tvořen údolními terasami Labe s fluviálními sedimenty na nepropustném podloží slínovcové facie křída. Propustnost je zde průlinová díky převažující písčité frakci s koeficientem transmisivity větší než  $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . Místy se zde objevují i váté písky či spraše, i větší plochy aluviálních hlín, které ovšem omezují vsak vody.

Nejhlubší úroveň je tvořena rajonem č. 4710 – Bazální křídový kolektor na Jizeře. Tento rajon je tvořen pískovci a slepenci cenomanského perucko-korycanského souvrství, které je nejnižše položenou jednotkou české křídové pánve.



Toto souvrství kombinuje peruckou vrstvu, která je tvořena sedimenty převážně říčního původu, a korycanskou vrstvu, která již podléhala mořské transgresi a je tvořena převážně pískovci. Infiltrační čelo kolektoru je tvořeno tzv. lužickou poruchou, drenážní bází je opět Labe. Propustnost je v tomto rajonu kombinovaná (průlinová a puklinová) s koeficientem transmisivity mezi  $1 \cdot 10^{-4}$  až  $1 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s (www.geology.cz).

#### **4.1.4. Geologické podmínky**

Podle geologické mapy ZM50, která je k dispozici v online podobě na internetových stránkách Geologické služby, se v území nachází několik skupin hornin (na mapě znázorněny odlišnými barvami a označeny číslem). V řešeném území můžeme rozlišit následující skupiny:

- **6** – Písek, štěrk:
  - nezpevněný sediment
  - minerální složení – pestré
  - zrnitost – frakce písek, štěrk
  - geneze - fluvialní
  - stáří – kvartér, holocén
- **7** – Hlína, písek:
  - nezpevněný smíšený sediment
  - zrnitost – jemnozrná
  - geneze - deluvio-fluvialní
  - stáří – kvartér, holocén
- **9** – Slatina, rašelina, hnílokal:
  - nezpevněný sediment
  - barva – tmavě hnědá
  - geneze - organická
  - stáří – kvartér, holocén
- **15** – Písek navátý:
  - nezpevněný sediment
  - minerální složení – křemen s příměsí
  - zrnitost – jemnozrná frakce

- barva – světlé odstíny
  - geneze - eolická
  - stáří – kvartér, svrchní pleistocén
- **22** - Písek, štěrk:
- nezpevněný sediment
  - minerální složení – pestré
  - zrnitost – frakce písek, štěrk
  - geneze - fluvialní
  - stáří – kvartér, svrchní pleistocén
- **24** – Písek, štěrk:
- nezpevněný sediment
  - minerální složení – pestré
  - zrnitost – frakce písek, štěrk
  - geneze - fluvialní
  - stáří - kvartér, střední pleistocén, risský glaciál (zdroj: legenda k online mapám Geologické služby)

Na území, které zabírají Proboštská jezera – tedy Proboštský rybník, Očko a Borecké jezero, převažuje především skupina 6 v okolí s několika menšími plochami obsahujícími skupiny 9 a 15. Východním směrem hraničí skupina 6 se skupinou 22. V území tedy převažují písky a štěrky holocenního stáří s několika ostrůvky tvořenými vátými písky a rašeliništi. Směrem na východ se počínají objevovat starší písky a štěrky (svrchní pleistocén).

Horninové složení na území pískovny Lhota a v jejím okolí charakterizuje převaha hornin skupiny 24, ve východním směru se nachází pás hornin skupiny 7. Skupina 24 představuje skupinu starších písků a štěrků, které jsou východním směrem přerušeny skupinou deluvio-fluvialních písků a hlín mladšího stáří, které jakoby kopírovaly trasu menšího vodního toku, který zde v minulosti protékal.

Na území „Nových“ Konětop převažuje podloží tvořené skupinou 24, podél jejich severovýchodních břehů se táhne pás tvořený skupinou 6. V území tedy stejně jako u Lhoty převažují starší písky a štěrky, narušené pouze pásem mladších (holocenních) písků a štěrků, který opět vytváří obraz trasy dřívějšího vodního toku.

Staré Konětopy jsou obklopeny horninami skupiny 24, tedy písky a štěrky stáří středního pleistocénu. Východním směrem se nachází menší plocha tvořená horninami skupiny 7, tedy smíšeným sedimentem (písky, hlíny) deluvio-fluviálního původu.

Na území Křenecké jezero u Ovčár můžeme je z hlediska horninového složení nejpestřejší. Můžeme zde nalézt větší plochy následujících skupin – 6, 7, 9, 15 a 22. Vyskytují se zde tedy písky a štěrky různého stáří, rašeliny a slatiny, dokonce váaté písky.

Podloží jezera Kopa je tvořeno rovným dílem skupinou 15 a 24. Z plochy písků a štěrků stáří středního pleistocénu vystupují ostrůvky tvořené písky eolického původu stáří svrchního pleistocénu.

Zatopené rašeliniště v Křenku je, jak již z popisu plyne, tvořeno horninovou skupinou 9, tedy holocenními slatinami a rašelinami. Plocha skupiny 9 je obklopena horninami skupiny 22, tedy písky a štěrky stáří svrchního pleistocénu.

## 4.2. *Popis lokalit*

### 4.2.1. Proboštský rybník

Tato vodní plocha patří do soustavy Proboštská jezera, která se nachází asi 1 km severozápadně od Staré Boleslavi. Toto jezero je jediné spojeno s vodním tokem Labe. Jeho rozloha je 23,3 ha. V jižní části jezera stále probíhá těžba, stejně i na sever od něj. Na severozápadním břehu jezera se nachází kemp s koupalištěm. Podle provozovatele kemp dokáže během sezóny pojmout až 1800 lidí. Vstup do areálu koupaliště je placený a samozřejmě je zde přístup k hygienickému zařízení (jen pro návštěvníky kempu a koupaliště). Břehy jsou nízké, svažité, sklon dna směrem od břehů klesá v mírném gradientu. Přímo v kempu je udržovaná písčiná pláž. Již v červnu jsem odhadovala okamžitý počet koupajících se lidí asi na 30 lidí, na přelomu července a srpna se počet návštěvníků mnohonásobně zvýšil asi na 300 lidí. Vegetace zasahuje na výjimky až k vodní hladině. Krajina kolem je zemědělského rázu, větší část obvodu jezera je chráněna dřevinným porostem. Koupání je zde povoleno s výjimkou míst, kde stále probíhá těžba.



**Obr. 4** Proboštský rybník (orientační mapka – zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

#### 4.2.2. Očko

Očko je další z Proboštských jezer, není propojeno ani s vodním tokem Labe ani s jiným jezem soustavy. Jeho rozloha je 10,8 ha. Těžba zde již neprobíhá. Západní břeh je součástí golfového klubu a z této strany není k jezeru umožněn přístup (pouze pro členy klubu). Východní břeh je přístupný, využíváný ke koupání i k rybolovu. Oproti Proboštskému rybníku, kde se nachází kemp s koupalištěm, se zde lidé ovšem koupají spíše sporadicky. Je zde několik míst, kde jsou břehy méně svažité, tvořené pískem, které rybáři rádi využívají k lovu ryb díky dobrému přístupu k vodě. Nejen rybáři zde s oblibou kempují. Nejedná se ovšem o oficiální kempoviště a není zde umožněn přístup k žádnému hygienickému zařízení. Kromě již zmíněných míst pro rybáře jsou břehy sice nízké (něco přes 0,5 m), ale svažité. Vegetace zasahuje až k břehové hraně. Stejně jako u Proboštského rybníka je břeh chráněn pásem dřevin, ne však hustě.



**Obr. 5** Očko (orientační mapka – zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

### 4.2.3. Borecké jezero

Poslední z Proboštských jezer se nachází jižně od obce Borek. Jeho rozloha je 18,4 ha. Těžba zde již neprobíhá. Severní břeh jezera není přístupný kvůli zástavbě a oplocení přilehlých pozemků. Z celkového hlediska je tato pískovna obtížně přístupná kvůli zarůstání vegetací. Břehy této zatopené pískovny jsou velmi vysoké (až 2 metry od hladiny) a strmé, takže i odběr vzorků byl dost obtížný. Ani jednou během monitoringu jsme zde nepotkali žádné koupající se lidi, pouze rybáře. Když jsem se ptala místních, zda se v této pískovně koupají, bylo mi řečeno, že je láká spíše upravená pláž na Proboštském rybníku nebo koupaliště na Konětopech či Lhotě. Naopak je Borecká pískovna oblíbená u rybářů, kteří si zde cení hlavně klidu, který jim na jiných pískovnách nebývá dopřán.



**Obr. 6** Borek (orientační mapka – zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

#### 4.2.4. Jezero Lhota

Pískovna Lhota leží v katastrálním území obce Lhota asi 5 km od Kostelce nad Labem. Jeho rozloha je 19,7 ha. Jedná se o jedno z nejhojněji využívaných míst v okolí ke koupání. Před otevřením pískovny v Konětotech neměla Lhota v okolí konkurenci a lidé se sem sjížděli a sjíždí z dalekého okolí (dokonce až z Prahy). Přístup k pískovně je možný jen při zaplacení vstupného. Je zde jediný vstup od parkoviště, které zvládne pojmout až 1500 vozidel. Pískovna je ze všech směrů chráněna vzrostlým borovým hájem. Břehy jsou pozvolné, tvořené pískem a upravené jako pláže. Koupající se sdružují spíše na velké pláži na severním břehu, zatímco rybáři preferují jižní břeh. Na začátku sezóny (červen) jsem zde napočítala asi 100 koupajících se lidí, na přelomu července až srpna jsem odhadla okamžitý počet lidí na několik set.



**Obr. 7** Lhota (orientační mapka – zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

#### 4.2.5. Nové Konětopy

Dvě zatopené pískovny v této lokalitě jsou zřejmě nejmladší ze zkoumaných pískoven. Nacházejí se v katastrálním území obce Konětopy asi 6 km od Kostelce nad Labem. Rozloha prvního jezera (blíže k silnici) je 2,8 ha, rozloha druhého je 5,9 ha. Břehy obou vodních ploch jsou pozvolné, upravené jako písčité pláže. V nejbližším okolí pískovny nenajdeme žádnou vegetaci. Na jihozápad od obou pískoven jsou ve větší míře zastoupeny dřevinné porosty. Na severovýchodě je krajina tvořena ornou půdou. Návštěvnost těchto pískoven stále ještě nepřekračuje návštěvnost jezera Lhota. Důvodem je především omezené možnosti parkování a nedostatek stromů, které by poskytovaly úkryt před slunečními paprsky. Na začátku sezóny (červen) byl počet koupajících se lidí v pískovně 2 (dále od silnice) kolem 50 lidí, na vrcholu sezóny se počet lidí pohyboval zhruba kolem 300 lidí. Pískovna 1 (blíže k silnici) je ke koupání využíváno mnohonásobně méně než jezero druhé. Z mého pohledu může být důvodem to, že koupaliště nemá vhodné parkoviště dostatečně oddělené od prostoru pro koupání, a auta pak v případě větší návštěvnosti parkují v těsné blízkosti pláže.



**Obr. 8** Nové Konětopy 1 (orientační mapka – zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))





**Obr. 9** Nové Konětopy 2 (orientační mapka – zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

#### 4.2.6. Staré Konětopy

Původní konětopská pískovna se nachází asi 500 m od nových pískoven. Jeho rozloha je 4,6 ha. Tato pískovna je volně přístupná, neplatí se zde žádné vstupné. Spíše než ke koupání je pískovna využívána rybáři jako jedno z míst v rybářském revíru Lhota. Břehy jsou strmé a vysoké (asi 1,5 m nad hladinou vody). V okolí jsem objevila několik ohnišť a dalších známek kempování. Celá pískovna je ve všech směrech chráněna hustým porostem dřevin. Během monitoringu jsem na začátku sezóny – tedy v červnu – napočítala pouze 3 osoby, které využívaly pískovnu ke koupání. Na vrcholu sezóny – přelom července a srpna – jsem napočítala 10 koupajících se lidí.



**Obr. 10** Staré Konětopy (orientační mapka – zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

#### 4.2.7. Ovčáry

Ovčáry (Křenecké jezero) se nachází jižně od obce Ovčáry asi 2 km od Kostelce nad Labem. Jeho rozloha je 16,2 ha. V centrální části jižního břehu se nachází rozsáhlá písčivá pláž, kam je vstup zdarma, ale parkování v blízkém kempu je placené. Na začátku sezóny jsem na pláži napočítala jen asi 20 lidí, na přelomu července a srpna jich bylo asi 200. Ostatní břeh je nízký (asi 0,5 m), ale se strmým sklonem. Mimo pláž je písčivna hojně využívána i k rybolovu. Je to patrné z přítomnosti menších ploch na břehu, které byly vytvořeny četnými pobytými rybářů, a které umožňují přístup k vodě a zároveň poskytují soukromí a klid. Tato místa se nachází hlavně na východním břehu písčivny. Ovčáry jsou součástí rybářského revíru místního významu, který je v dikci MO Kostelec nad Labem. V jižním směru od písčivny stále probíhá těžba, ale od pláže je oddělena plochou dřevinného porostu.



Obr. 11 Ovčáry (orientační mapka – zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

#### 4.2.8. Jezero Kopa

Tato pískovna se rozkládá na ploše 7,7 ha ve vzdálenosti asi 1,5 km severně od Kostelce nad Labem. Kopa je specifická tím, že se jedná o soukromý rybářský revír, kam jsou podle internetových stránek provozovatele vysazovány i netradiční druhy ryb. Přístup k pískovně není omezen plotem, nicméně jsou kolem cedule, že se jedná o soukromý pozemek a vstup na něj je pouze s povolením provozovatele. Na severovýchodním břehu je i několik novostaveb. Břehy jsou nízké (asi 0,5 m od hladiny) a strmé, vegetace zasahuje až k hladině vody. Nenachází se zde žádná písčaná pláž jako např. na Křenecké pískovně. Kopa se využívá hlavně pro zážitkový rybolov, pro koupání je využíván jen sporadicky obyvateli novostaveb v blízkosti vodní plochy. Jeden z místních, který má na starost provoz pískovny, se zmínil, že lidé se v pískovně bojí koupat, protože je zde již několik let problém se sinicemi.



Obr. 12 Kopa (orientační mapka – zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

#### 4.2.9. Rašeliniště Křenek

Poslední z řešených lokalit se nachází v těsné blízkosti obce Křenek, severovýchodně od zástavby a zhruba 3 km severovýchodně od Kostelce nad Labem. Jeho rozloha je 1,1 ha. Jak je na první pohled z nadpisu vidět, nespadá tato vodní plocha mezi zatopené písčiny, ale jedná se o jámu zatopenou po těžbě rašeliny. Mezi zkoumané lokality jsem ji zařadila spíše ze zvědavosti, jaké druhy sinic se zde budou vyskytovat a případně výsledky srovnat s ostatními zkoumanými lokalitami. Rozlohou je lokalita nejmenší ze sledovaných vodních ploch. Její břehy jsou pozvolného sklonu, hustě zarostlé vegetací (hlavně rákosiny). Je využívána pouze k rybaření (patří do rybářského revíru 411 155 17-A Lhota), ani jednou v rámci monitoringu v terénu jsme neviděli nikoho, kdo by se zde koupal. Jediné místo, kudy se mi podařilo dostat k vodní hladině, bylo místo na západním břehu, které již na první pohled vypadalo, že je využíváno rybáři (odpadky, ohniště, udržováno bez rákosin).



**Obr. 13** Rašeliniště Křenek (orientační mapka – zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

### 4.3. Rybářské revíry a složení rybí obsádky

U všech zkoumaných lokalit jsem při odběru vzorků pozorovala známky toho, že jsou dané lokality využívány nejen ke koupání, ale i k rybaření. S ohledem na prokázaný vliv složení rybí obsádky na druhové složení a množství sinic mne zajímalo, jaké druhy ryb na jednotlivých lokalitách převládají. Bohužel jen šest řešených pískoven je zařazeno do oficiálních revírů Českého rybářského svazu. Revír číslo 411 155 17-A sdružuje pískovnu Lhota, Staré Konětopy a rašeliniště v Křenku. Do revíru číslo 411 165 18-A se řadí Proboštský rybník, Očko a pískovna Borek (do tohoto revíru patří ještě několik menších vodních ploch, ale výše jmenované pískovny tvoří 95% plochy celkové rozlohy vodních ploch v revíru).

**Tab. 5** Výkaz úlovků v kusech a hmotnosti za rok 2013 (zdroj: Středočeský územní svaz při Českém rybářském svazu)

Druh	Revír 411 165 Labe 18-A Rok 2013		Revír 411 155 Labe 17-A Rok 2013	
	ks	kg	ks	kg
Kapř	2963	6961,4	1873	3762,7
Lín	128	71,2	21	11,5
Cejn	255	140,2	17	9,9
Tloušť	25	12,6	0	0
Okoun	7	3,2	13	2,8
Štika	115	318,2	48	120
Candát	89	274	3	7,8
Sumec	23	249,9	0	0
Úhoř	22	21,3	9	9,2
Siven	2	1	0	0
Bolen	16	33,2	1	1,7
Amur	57	224,7	7	27,7
Tolstolobik	2	32,2	0	0
Karas	64	51,2	3	3,8
Ostatní	377	56,5	31	19,9

Jako problematický úkol se ukázalo zjištění složení obsádky u jednotlivých lokalit, protože nejpodrobnější data, která byla k dispozici, se týkala pouze revírů jako celků. Z vyjádření rybářského svazu lze nicméně předpokládat, že druhy ryb v každém revíru jsou do jednotlivých lokalit vysazovány zhruba ve stejném poměru. Výkaz úlovků z obou revírů mi byl laskavě poskytnut Středočeským územním svazem při českém rybářském svazu (tabulka č. 5).

Křenecké jezero u Ovčár funguje jako rybářský revír místního významu číslo 411 145 – Ovčáry a Staré Labe a působností spadá pod místní organizaci rybářského svazu v Kostelci nad Labem. Tuto organizaci jsem kontaktovala, ale bohužel mi nebyli ochotní příslušná data poskytnout. Rybaření je možné i na pískovnách Nové Konětopy při zakoupení povolení k rybolovu u provozovatele areálu. Bohužel záznamy o úlovcích nejsou vedeny. Jezero Kopa je soukromý rybářský revír. Podle internetových stránek provozovatele ([www.rybarendikopa.cz](http://www.rybarendikopa.cz)) byly v dubnu 2013 do jezera vysazeny 2 tuny kaprů a celkem 10 jeseterů. Dokonce zde deklarují výskyt jednoho zástupce vyzy velké.

V obou oficiálních revírech patřících do Českého rybářského svazu silně převládá kapr. U revíru 18-A pak za kaprem následuje cejn, lín, štika a candát. V revíru 17-A pak kapra následuje postupně štika, lín, cejn, okoun a úhoř.

#### 4.4. Těžba štěrkopísků – historie a současnost

Těžba štěrkopísků probíhala již během raného středověku, možnosti byly omezené nedostatkem techniky (pouze ruční těžba), a tak byly těžbou zasaženy pouze malé plochy. Velkoplošná těžba štěrkopísků začala až ve 2. polovině 20. století, bylo to způsobeno velkým rozvojem stavebnictví – velké stavby typu dálnice, sídliště, metro, později i elektrárna Temelín aj., které měly velké nároky na materiál. Po revoluci v r. 1990 začala těžba klesat spolu se stagnací velkého stavebnictví a vlivem přísnější legislativy (SMOLOVÁ, 2008).

Těžba v místě dnešních Proboštských jezer začala na počátku 50. let. První záznamy o průzkumu ložiska jsem našla z roku 1952 (zmínka v Inventarizaci ložisek stavebních nerostných surovin z r. 1971) a na leteckém snímkování, které probíhalo v roce 1953 je viditelná pouze malá plocha (obr. 14).



**Obr. 14** Těžba štěrkopísků na místě dnešních Proboštských jezer z r. 1953 (www.kontaminace.cenia.cz)



Ze záznamů v Inventarizaci ložisek stavebních nerostných surovin (VONDRA, 1971) vyplývá, že v roce 1971 těžbu prováděl Severokámen Liberec. Těženým materiálem byl štěrkopísek. Těžba probíhala formou soustavy menších zatopených jámových pískoven, a těžilo se z vody korečkovými plovoucími bagry.

Na místě dnešního jezera Borek byly dle Inventarizace z r. 1971 pouze dvě malé těžební plochy, popsané jako opuštěné. V minulosti zde tedy k těžbě docházelo. Ložisko se opět otevřelo v r. 1972 ([www.obecborek.cz](http://www.obecborek.cz)). Těžební plocha je dnes rozdělena na dvě části – starší jižnější a mladší severnější, propojeny jsou plavebním kanálem. Těžba zde byla ukončena v r. 2004 (MAŇOUR, 2009).

V roce 1971 prováděl těžbu na pískovně Lhota podnik Vojenské stavby Praha. Těženým materiálem byl štěrkopísek. Pískovna byla popsána jako jámová s nepravidelným tvarem 250 x 200m, zatopená na ploše 200 x 100 m o hloubce 6 m. těžba probíhala z vody plovoucími bagry (VONDRA, 1971). První záznam uvedený v Inventarizaci je z roku 1967. Těžba probíhala v letech 1965 – 1983 ([www.lhotanadlabem.cz](http://www.lhotanadlabem.cz)).

Podnik Vojenské stavby prováděl těžbu i na pískovně Staré Konětopy. V roce 1971 byla pískovna v provozu a těženým materiálem byl stavební křemenný písek. Pískovna je v Inventarizaci popsána jako jámová pískovna obdélníkového tvaru 200 x 200 m s těžbou ve východním cípu pískovny pomocí lžícových a sacích bagrů, doprava pásová (VONDRA, 1971). Nové Konětopy představují dvě jezera, první jezero blíže k silnici je o něco starší. Těžba byla ukončena v r. 2007 (MAŇOUR, 2009). Na ortofotografických mapách na portálu [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) z roku 2003 je viditelná probíhající těžba na pískovně blíže k silnici, pískovna dále od silnice ještě neexistovala. Přesnější historii těchto dvou pískoven se mi nepodařilo zjistit.

V roce 1971 byla pískovna Ovčáry v provozu, těžbu prováděl podnik Severokámen Liberec. Těženým materiálem byl štěrkopísek. Těžba je v Inventarizaci popsána jako plošně rozsáhlá, pískovna jámová zatopená. Těžba probíhala z vody pomocí korečkového bagru, hloubka pískovny asi 6,5 m. Intenzivní těžba započala v r. 1961 a prováděl ji podnik Povltavský průmysl (VONDRA, 1971), ale je uvedeno, že se zde již v minulosti těžilo, ale šlo o drobnou těžbu soukromníků pro místní potřeby. Podle leteckého snímkování z r. 1953 ([www.kontaminace.cenia.cz](http://www.kontaminace.cenia.cz))

není v dané lokalitě pískovna patrná, proto usuzují, že s těžbou se zde započalo až po tomto roce.

Kdy probíhala těžba rašeliny u obce Křenek, se mi bohužel nepodařilo zjistit. Stejně tak u relativně mladé pískovny Kopa jsou údaje o její historii obtížně získatelné. Jedinou potvrzenou informací je, že těžba byla ukončena v roce 2004 ([www.rybarenikopa.cz](http://www.rybarenikopa.cz)). Podle místních obyvatel je stáří Kopy asi 15 let.

## 5. Legislativa v oblasti koupacích vod

Legislativa v oblasti koupacích vod zahrnuje dva hlavní zákony a na ně navazující prováděcí vyhlášky:

- zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů
- vyhláška č. 238/2011 Sb. o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch (prováděcí vyhláška k zákonu č. 258/2000 Sb.)
- zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů
- vyhláška č. 155/2011 Sb. o profilech povrchových vod využívaných ke koupání (prováděcí vyhláška k zákonu č. 254/2001 Sb.)

### 5.1. *Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví*

Problematice přírodních koupališť je věnována část první, která upravuje práva a povinnosti fyzických a právnických osob a výkon státní správy v ochraně veřejného zdraví. Ostatní části zákona se zabývají změnami souvisejících zákonů, které s naší problematikou přímo nesouvisí (např. zákon o veřejném zdravotním pojištění nebo zákon o ochraně chmele).

Paragraf 6 hlava II díl I tohoto zákona řeší přírodní a umělá koupaliště a sauny. Odstavec (1) §6 definuje pojem přírodní koupaliště, umělé koupaliště a vylučuje z kategorie koupaliště lázeňské a léčebné bazény. Povinnosti provozovatele, zajistit zdravotní nezávadnost vody ke koupání, definuje §6a. U přírodních koupališť je stanovena povinnost monitorovat jakost vody pomocí laboratorní kontroly ukazatelů znečištění a vizuální kontrolou výskytu makroskopických řas či jiného znečištění. V případě, že tuto povinnost nemá provozovatel, přesouvá se odpovědnost za zdravotní nezávadnost vody ke koupání na příslušnou krajskou hygienickou stanici. Znečištěním vody v přírodním koupališti se rozumí překročení hygienických limitů mikrobiologických nebo fyzikálních ukazatelů, dále překročení limitní hodnoty výskytu sinic ve vodě a výskyt odpadů či makroskopických řas, který by mohl ovlivnit jakost vody ke koupání. Mezní hodnoty a nejvyšší mezní hodnoty těchto ukazatelů řeší příslušný prováděcí předpis. Paragraf

6b stanovuje povinnosti provozovatele informovat veřejnost o znečištění vody ke koupání, a to stanoveným způsobem.

Podle §6c kontrolu jakosti vody ke koupání provádí držitel osvědčení o akreditaci podle zákona o technických požadavcích na výrobky, držitel osvědčení o správné činnosti laboratoře vydaného podle zákona o vodách nebo držitel autorizace vydané na základě tohoto zákona. Tato oprávněná osoba provádí odběry vzorků vody a jejich následnou laboratorní kontrolu v četnosti dle monitorovacího kalendáře, na jejímž základě pak vystaví protokol o výsledku laboratorní kontroly. Protokol musí být uchován v elektronické podobě po dobu 5 let od jeho vystavení a zároveň musí být předán příslušnému orgánu ochrany veřejného zdraví. Provozovatel je dále povinen plnit hygienické požadavky na členění, vybavení a provoz koupaliště, stejně jako vyhotovit návrh provozního řádu, který předkládá ke schválení příslušnému orgánu ochrany veřejného zdraví. Podrobnosti tohoto paragrafu stanovuje prováděcí předpis.

Ministerstvo zdravotnictví ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí a Ministerstvem zemědělství sestavuje každý rok do 31. března seznam přírodních koupališť a dalších povrchových vod, kde lze očekávat zvýšený výskyt koupajících se osob, a pro která nebyl vydán trvalý zákaz koupání (§6g). V §6g je dále definován pojem koupací sezóna - období od 30. května do 1. září, nebo jiné období, kdy lze očekávat zvýšený výskyt koupajících se osob. Tento seznam spolu se zprávou o výsledcích monitorování jakosti vody v těchto lokalitách za uplynulou koupací sezónu je Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství povinno předložit Evropské komisi do 31. prosince.

Hlava V zákona o ochraně veřejného zdraví definuje strukturu státní správy v ochraně veřejného zdraví, její povinnosti a pravomoci. Jmenuje ministerstva, která jsou činná v oboru ochrany veřejného zdraví, upravuje fungování krajských hygienických stanic a Státního zdravotního ústavu a Státního zdravotního dozoru. Dále je zde řešena problematika autorizace osob pro provádění různých úkonů v rámci tohoto zákona. V dílu 2 hlavy V jsou řešeny sankce a správní řízení při neplnění či porušení povinností stanovených tímto zákonem.

## **5.2. *Vyhláška č. 238/2011 Sb. o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch***

Prováděcí vyhláška k zákonu o ochraně veřejného zdraví čítá celkem čtyři části. První část obsahuje obecná ustanovení, která řeší působnost předpisu a výklad pojmů. Vyhláška pro přírodní koupaliště a jiné povrchové vody ke koupání vzniklé těžební činnostmi stanovuje:

- pravidla pro monitorování (monitorovací kalendář) a posuzování jakosti vody,
- způsob informování veřejnosti o jakosti vody,
- hygienické limity mikrobiologických a fyzikálních ukazatelů jakosti vody, limitní hodnoty výskytu sinic, pravidla pro sledování jejich výskytu a pravidla pro vizuální kontrolu znečištění vody,
- metody, pravidla, četnost, termíny a rozsah odběrů vzorků vody a jejich laboratorní kontroly, a dále pak termíny předání protokolu o laboratorní kontrole jakosti vody,
- požadavky na členění, vybavení a provoz,
- způsob a rozsah kontroly jakosti vody ke koupání, náležitosti provozního deníku a způsob a rozsah evidence výsledků kontrol a měření v provozním deníku.

Druhá část vyhlášky řeší samostatně přírodní koupaliště a další povrchové vody ke koupání vzniklé těžební činnostmi. Podle §3 Členění, vybavení a provoz musí být prostor koupaliště přizpůsoben pro odvodnění a odkanalizování, odpočinkové plochy musí být uklizené. Dále musí být koupaliště vybaveno záchody (alespoň chemickými), na vhodných místech umístěnými nádobami na odpad. Paragraf 3 řeší mimo jiné i podmínky pro šatny a sprchy a jejich úklid.

Paragrafy 4 až 8 popisují pravidla pro monitorování jakosti vody. V §4 jsou vyjmenovány české technické normy, podle kterých je nutno postupovat při odběru vzorků a jejich laboratorním hodnocení:

- ČSN EN ISO 5667-1 (75 7051) Jakost vod - odběr vzorků, část 1: Návod a návrh programu odběru vzorků a pro způsoby odběru vzorků
- ČSN ISO 5667-4,6 (75 7051) Jakost vod - Odběr vzorků, část 4: Pokyny pro odběr vzorků z vodních nádrží a část 6: Návod pro odběr vzorků z řek a potoků
- ČSN EN ISO 19458 (75 7801) Jakost vod - odběr vzorků pro mikrobiologickou analýzu
- ČSN 75 7717 Jakost vod - Stanovení planktonních sinic

Paragraf 5 popisuje pravidla pro monitorování mikrobiologických a fyzikálních ukazatelů. Tento rozbor nebyl předmětem mé práce, proto se o něm zde nebudu více rozepisovat, nicméně pro souhrnné hodnocení jakosti vody pro povolení provozu přírodního koupaliště dle zákona o ochraně veřejného zdraví a této vyhlášky je nezbytný.

V §6 se dočteme o pravidlech pro sledování výskytu sinic. Voda na koupališti musí být sledována na základě dvou ukazatelů – průhlednost vody a výskyt vodního květu, a to podle tabulky č. 6. Všechny následující tabulky i vysvětlivky k nim jsou přímo citovány z vyhlášky č. 238/2011 Sb.

**Tab. 6** Ukazatele a jejich limitní hodnoty pro přírodní koupaliště provozované na povrchových vodách, dalších povrchových vodách ke koupání a vodních plochách ke koupání vzniklých těžební činností se zvýšenou pravděpodobností rozmnožení sinic

	Ukazatel	Jednotka	Limit	Vysvětlivky
1	Průhlednost	m	1	1 <sup>1</sup>
2	Vodní květ	stupeň	0	2 <sup>2</sup>

Pokud je jeden z nich nebo oba zároveň překročeny, postupuje se dále podle tabulky 7.

<sup>1</sup> Pokud je evidentně snížení průhlednosti způsobeno anorganickými částicemi, není nutné zahajovat sledování sinic podle tabulky č. 8.

<sup>2</sup> Stanovení se provádí při odběru vzorku podle ČSN 757717, kde je uvedena příslušná stupnice (tabulka č. 8)

**Tab. 7** Ukazatele a jejich limitní hodnoty pro přírodní koupaliště provozované na povrchových vodách, dalších povrchových vodách ke koupání a vodních plochách ke koupání vzniklých těžební činností se zvýšeným rizikem vzniku masového rozvoje sinic

	Ukazatel	Jednotka	I. stupeň	II. stupeň	III. stupeň	Vysvětlivky
1a	Sinice	Buňky/ml	20000	100000	250000	1 <sup>3</sup> , 5 <sup>4</sup>
1b	Sinice	mm <sup>3</sup> /l	2	10	20	1, 5
2	Chlorofyl-a	µg/l	10	50	100	2 <sup>5</sup> , 5
3	Vodní květ	stupeň			2	3 <sup>6</sup>
4	Makroskopický obraz					4 <sup>7</sup>
5	Průhlednost	m				6 <sup>8</sup>

**Tab. 8** Stupnice pro stanovení množství vodního květu dle ČSN 757717

Stupeň	Výskyt	Popis
0	Žádný	Sinice nejsou pouhým okem pozorovatelné
1	Pozorovatelný	Ve vodě jsou zjistitelné ojedinělé zelené vločky, kolonie nebo jednotlivá vlákna.
2	Hojný	Při břehu se vyskytují slabší přehradinové shluky sinic nebo je ve vodním sloupci rozptýleno větší množství kolonií nebo jednotlivých vláken sinic.
3	Masový	Výskyt silných přehradinových květů velkého rozsahu. Na břehu může být naplaveno větší množství zeleného kašovitého materiálu.

Četnost kontrol jakosti vody ke koupání je stanovena monitorovacím kalendářem, který je definován v §8. Odběry prvních vzorků musí být prováděny v době těsně před začátkem koupací sezóny, další odběry by měly být situovány

<sup>3</sup> Stačí vyjádření pouze jedním způsobem (buňky/ml nebo jako buněčný objem). Stanovení se provádí podle ČSN 75 7717.

<sup>4</sup> Limity pro III. stupeň se týkají sinic, které netvoří výrazné vodní květy typicky *Planktothrix agardhii*. Pokud jsou dominantní druhy nanoplanktonní vláknité sinice (typicky z rodů *Pseudanabaena*, *Limnothrix*) je nutno stanovit sinice jako objemovou biomasu (ukazatel 1b).

<sup>5</sup> Stanovení se provádí podle ČSN ISO 10260 (75 75757). Pokud je stanovení chlorofylu-a provedeno pomocí metody, která umožňuje odlišení sinic od řas (fluorometrie, HPLC), není nutno provádět mikroskopickou kvantifikaci sinic a postačí stanovení ukazatele „Mikroskopický obraz“.

<sup>6</sup> Stanovení se provádí při odběru vzorku podle ČSN 757717 (viz tabulka 8)






<sup>7</sup> Ukazatel „Mikroskopický obraz“ obsahuje slovní popis, ve kterém jsou uvedeny především dominantní taxony sinic, dále dominantní zástupci fytoplanktonu a jakékoli další informace, které mohou přispět k interpretaci výsledků.

<sup>8</sup> Hodnocení naměřené hodnoty se provádí v rámci souhrnného hodnocení výsledků podle přílohy č. 6 k této vyhlášce

rovnoměrně během celého trvání koupací sezóny. Doba mezi odběry vzorků pro zjištění výskytu a rozmnožení sinic nesmí přesáhnout 14 dní.

Souhrnné hodnocení jakosti vody ke koupání se provádí podle přílohy č. 6 vyhlášky, na základě posouzení mikrobiologických a fyzikálních ukazatelů a na výskytu a rozmnožení sinic. V tabulce č. 9 můžete vidět kategorie jakosti vody a příslušné vyhláškou předepsané grafické ukazatele.

**Tab. 9** Kategorie jakosti vody ke koupání a příklady jejich zdůvodnění

	<b>Kategorie</b>	<b>Příklady zdůvodnění</b>
	voda vhodná ke koupání	
	mírně zhoršené vlastnosti vody	snížená průhlednost; znečištění odpadky; zápach vody; výskyt pěny
	zhoršená jakost vody	zvýšený výskyt sinic; zvýšený výskyt indikátorů fekálního znečištění
	voda nevhodná ke koupání	masový výskyt sinic; možnost vzniku vodních květů; zvýšený výskyt indikátorů fekálního znečištění
	zákaz koupání	vodní květ sinic; masový výskyt sinic; zvýšené riziko nákazy infekčním onemocněním; výskyt ostrých předmětů



### **5.3.    *Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách***

Zákon o vodách cílí na ochranu povrchových a podzemních vod, péči o kvalitu vody a vodních zdrojů a jejich hospodárné využívání. Dále definuje právní vztahy v oblasti ochrany vod a upravuje práva a povinnosti fyzických a právnických osob činných v oblasti využívání vodních zdrojů (výkon státní správy, správní delikty, poplatky). Zákon řeší nakládání s vodami, plánování v oblasti vod, stav povrchových a podzemních vod, ochranu vodních poměrů, vodní toky a díla, ochranu před povodněmi.

Hlava V díl 3 §34 řeší ochranu vodních zdrojů v oblasti povrchových vod využívaných ke koupání. Podle odstavce (1) tohoto paragrafu sestavují správci povodí ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí, Ministerstvem zdravotnictví, vodoprávními úřady a příslušnými krajskými hygienickými stanicemi profily vod ke koupání, které jsou uvedeny v seznamu přírodních koupališť (zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví). Podrobnosti o obsahu a způsobu sestavení profilů řeší prováděcí vyhláška.

#### **5.4. Vyhláška č. 155/2011 Sb. o profilech povrchových vod využívaných ke koupání**

Paragraf 2 vyhlášky č. 155/2011 Sb. popisuje údaje, které musí profil vody ke koupání obsahovat. Mezi povinné údaje profilu patří:

- fyzikální, geografické a hydrologické charakteristiky vodního útvaru využívaného ke koupání, dále údaje o dalších povrchových vodách, které mohou být původci znečištění řešeného vodního útvaru
- posouzení znečištění mikrobiálního původu (údaje za dobu nejméně 5 let), inventarizace významných zdrojů znečištění v okolí řešeného vodního útvaru
- posouzení rizik krátkodobého znečištění (charakter, četnost a doba trvání), jeho příčiny a případná preventivní opatření
- posouzení výskytu a rozmnožení sinic a fytoplanktonu (druhové složení, množství), koncentrace živin, převážně fosforu (údaje nejméně za dobu 5 let), inventarizace významných zdrojů znečištění z hlediska přísunu živin do vodního útvaru
- popis monitorovacích míst
- mapa se zanesenou polohou monitorovacích míst a možných významných zdrojů znečištění v okolí vodního útvaru

Profil povrchových vod využívaných ke koupání je pravidelně přezkoumáván, a to v závislosti na jakosti vody (posouzení podle vyhlášky č. 238/2011 Sb. o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch). Při dobré jakosti postačí profil přezkoumávat každé 4 roky. Pokud je jakost hodnocena jako přijatelná, provádí se přezkum každé 3 roky. V případě vody s nevyhovující jakostí alespoň jednou za 2 roky. Pokud je v rámci přezkumu zjištěno, že musí dojít ke změnám v obsahu, musí se profil aktualizovat.

## 6. Literární rešerše k jednotlivým druhům nalezených sinic

### 6.1. *Aphanizomenon flos-aquae*

*Aphanizomenon flos-aquae* (LINNAEUS) RALFS ex BORNET et FLAHAULT 1888

Syn.: *Byssus flosa-qua*e LINNAEUS 1753, *Conferva flosaquae* (LINNAEUS) ROTH 1806, *Oscillatoria flosaquae* (LINNAEUS) AGARDH 1812, *Nostoc flosaquae* (LINNAEUS) LYNGBYE 1819, *Nostoc papyraceum* GRAY 1821, *Sphaerozyga flosaquae* (LINNAEUS) CORDA 1836, *Limnochilde flosaquae* (LINNAEUS) KÜTZING 1843, *Micraloa flosaquae* (LINNAEUS) TREVISAN 1845, *Trichormus flosaquae* (LINNAEUS) RALFS 1850, *Aphanizomenon cyaneum* RALFS ex BORNET et FLAHAULT 1888, *Aphanizomenon holtsaticum* RICHTER 1891, *Aphanizomenon americanum* REINHARD 1896 (www.algaebase.org).

*Aphanizomenon flos-aquae* je u nás běžný druh planktonní sinice, který můžeme nalézt převážně v mezotrofních stojatých vodách (KAŠTOVSKÝ et al., 2010a). Objevuje se spíše v nádržích s větší průhledností, často v monospecifických, silných vodních květech. Někdy vytváří bohatou biomasu (KOMÁREK, 1999). Podle jedné studie *A. flos-aquae* není schopná růstu při pH nižším než 7,1 a při teplotě nižší než 11°C a její růst se zdá být stlačován pod fotoperiodu 10L/14D (YAMAMOTO et NAKAHARA, 2005). Oproti tomu novější studie popisuje vysokou adaptabilitu *A. flos-aquae*, kdy na oligo-mezotrofním jezeře Stechlin v Německu (zima 2009/2010), které bylo pokryto ledem a sněhem, začala tato sinice vytvářet vodní květ. Tato konkrétní sinice vykazovala při nízké úrovni ozáření nejvyšší fotosyntetickou aktivitu při teplotě v rozmezí 2–5°C (ÜVEGES et al., 2012).

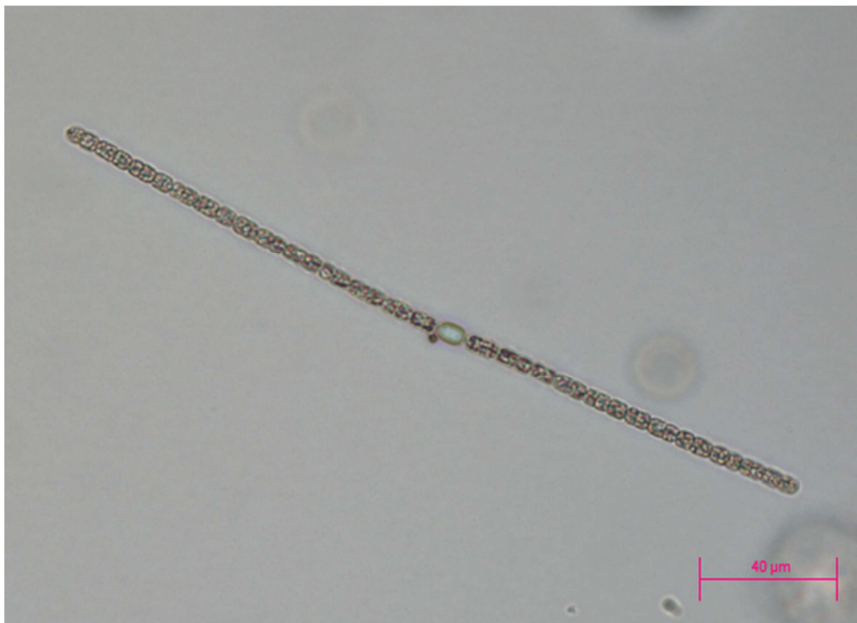
Výskyt: ČR (HAŠLER et POULÍČKOVÁ, 2002), Japonsko (YAMAMOTO et NAKAHARA, 2005), Švédsko (WILLÉN et MATTSSON, 1997), Řecko (TEMPONERAS et al., 2000), Maďarsko (PADISÁK et al., 2003), Německo (MEHNERT et al., 2010; ÜVEGES et al., 2012), Španělsko (DE HOYOS et al., 2004).

## 6.2. *Aphanizomenon gracile*

*Aphanizomenon gracile* (LEMMERMANN) LEMMERMANN 1907

Syn.: *Aphanizomenon flosaquae* var. *gracile* LEMMERMANN 1898, *Anabaena flosaquae* var. *gracile* LEMMERMANN 1898, *Aphanizomenon flosaquae* f. *gracile* (LEMMERMANN) ELENKIN 1938 ([www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)).

*Aphanizomenon gracile* je druh planktonní sinice, v ČR s častým výskytem, který můžeme najít převážně v mezotrofních a eutrofních stojatých vodách - menší vodní plochy a nádrže (KAŠTOVSKÝ et al., 2010a). Druh se vyskytuje v celém mírném pásmu, roztroušeně i v celém povodí Labe (KOMÁREK, 1999). *A. gracile* se začíná rozvíjet při nižších teplotách, než jaká je optimální pro některé invazní druhy (*C. raciborskii*), a proto ji můžeme na začátku sezóny shledat dominantním druhem. Toto postavení ztrácí při zvýšení teploty, kdy začínají dominovat teplomilnější druhy (MEHNERT et al., 2010). *A. gracile* byl potvrzen jako původce neurotoxických saxitoxinů (LEDREUX et al., 2010), a patří také mezi hlavní producenty cylindrospermopsinu (KOKOCIŃSKI et al., 2013). Mimo území ČR ji můžeme najít: Polsko (WIŚNIEWSKA et al., 2007; KOKOCIŃSKI et al., 2013), Německo (MEHNERT et al., 2010), Španělsko (DE HOYOS et al., 2004).



Obr. 15 *Aphanizomenon gracile*

### 6.3. *Chrysochlorium bergii*

*Chrysochlorium bergii* (OSTENFELD) ZAPOMĚLOVÁ, SKÁCELOVÁ, PUMANN, KOPP et JANEČEK 2012

Syn.: *Anabaena bergii* (OSTENFELD) 1908 (www.algaebase.org).

*Chrysochlorium bergii* je vzácněji se vyskytující v ČR nepůvodní druh planktonní sinice mezotrofních, eutrofních, ale i hypertrofních stojatých vod (KAŠTOVSKÝ et al., 2010a). Zatím byl tento druh zaznamenán pouze ve čtyřech lokalitách na území ČR – Máchovo jezero, nádrž Dubice, pískovna Očko a pískovna u obce Křenek (ZAPOMĚLOVÁ et al., 2012). V několika případech byl druh *C. bergii* nalezen ve slaných vodách a reliktních jezerech (CVIJAN et KRIZMANIĆ, 2009 ex. GOLLERBAKH et al., 1953). Jako plankton se objevuje v salinních jezerech v mírném pásmu Eurasie (KOMÁREK et KOMÁRKOVÁ, 2006). Mimo území ČR byla zaznamenána v následujících státech: Slovensko – zatopená štěrkovna u Trávníku (HINDÁK, 2000), štěrkovny u Bratislavi (HINDÁK et HINDÁKOVÁ, 2003), brakické a mořské vody Kaspického a Aralského moře (HINDÁK, 2000 ex. HOLLERBACH et al., 1953), KONDRATEVA, 1968), Francie a Švýcarsko (COUTÉ et PREISIG, 1978), Německo (STÜKEN et al., 2006; MEHNERT et al., 2010), Polsko (KOKOCIŃSKI et al., 2013), Austrálie (FERGUSSON et SAINT, 2003), USA na Floridě (YILMAZ et al., 2008), Turecko (ÇELEKLI et al., 2007), Litva (KOREIVENE et al., 2011), Srbsko (CVIJAN et KRIZMANIĆ, 2009), Izrael (BALLOT et al., 2011).



Obr. 16 *Chrysochlorium bergii*

#### 6.4. *Cuspidothrix issatschenkoi*

*Cuspidothrix issatschenkoi* (USAČEV) RAJANIEMI et al. 2005

Syn.: *Aphanizomenon issatschenkoi* (USAČEV) PROŠKINA-LAVRENKO 1968,  
*Anabaena issatschenkoi* USAČEV 1938 (www.algaebase.org).

*Cuspidothrix issatschenkoi* je vzácněji se vyskytující v ČR nepůvodní druh planktonní sinice mezotrofních až eutrofních stojatých vod (KAŠTOVSKÝ et al., 2010a). Vyskytuje se v celém mírném pásmu i v povodí Labe, nikdy netvoří větší biomasu a spíše než mezi sinice tvořící vodní květ ho lze zařadit mezi druhy nanoplanktonní (KOMÁREK, 1999). Poprvé byl tento druh objeven v oblasti Kaspického moře a v blízkosti řeky Volhy. Jedná se o halofytický druh a jeho výskyt byl potvrzen nejen z oblasti Kaspického moře, ale též z oblasti moře Azovského (KAŠTOVSKÝ et al., 2010b).

Výskyt: ČR (HAŠLER et POULÍČKOVÁ, 2002), Řecko (TEMPONERAS et al., 2000), Maďarsko (PADISÁK et al., 2003), Polsko (WILK-WOŹNIAK et NAJBEREK, 2013).



**Obr. 17** *Cuspidothrix issatschenkoi*

## 6.5. *Cylindrospermopsis raciborskii*

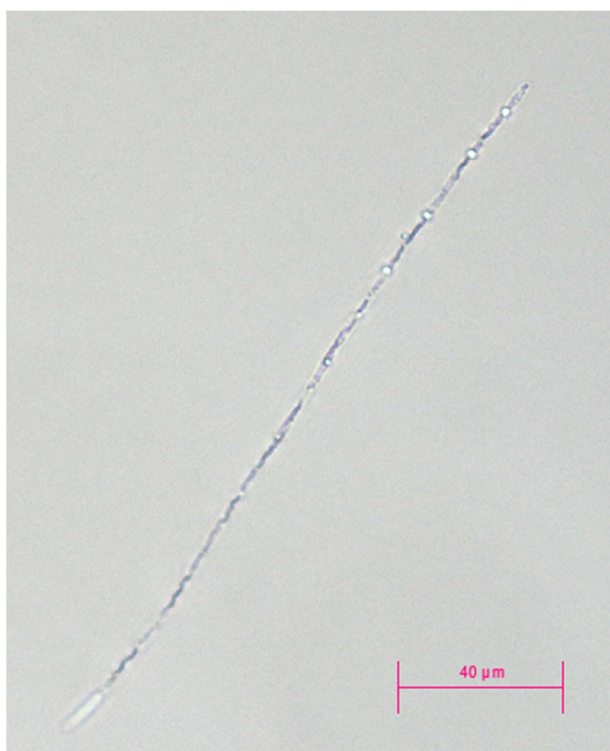
*Cylindrospermopsis raciborskii* (WOLOSZYNSKA) SEENAYYA et SUBA RAJU 1972

Syn.: *Anabaena raciborskii* WOLOSZYNSKA 1912; *Aphanizomenon kaufmannii* SCHMIDLE in BRUNNTHALER 1914; *Anabaenopsis raciborskii* (WOLOSZYNSKA) ELENKIN 1923; *Cylindrospermum kaufmannii* (SCHMIDLE) HUBER-PESTALOZZI 1938 ([www.cyanodb.cz](http://www.cyanodb.cz)).

*Cylindrospermopsis raciborskii* je vzácněji se vyskytující v ČR nepůvodní druh planktonní sinice mezotrofních až eutrofních stojatých vod (KAŠTOVSKÝ et al., 2010a). Kvůli svým růstovým požadavkům (vyšší teplota, špatná adaptabilita na teplotní výkyvy) bylo předpokládáno, že se *C. raciborskii* může vyvíjet převážně v tropických jezerech (PADISÁK, 1997). *C. raciborskii* vykazuje několik specifických znaků jako je vyšší efektivita fotosyntetických procesů, vyšší spotřeba rozpuštěného anorganického uhlíku a vyšší efektivní spotřeba a transformace na anorganický fosfát. Tyto vlastnosti mohou být odpovědné za masový výskyt nebo invazi *C. raciborskii* z tropických vod do vod mírného klimatu (WU, SHI et LI, 2009). *C. raciborskii* přežívá v mnoha různých regionech po celé zeměkouli až do teplot blížících se 11°C (BONILLA et al., 2012). Rozšíření tohoto druhu sinice vyvolalo všeobecné obavy, protože se jedná o producenta dvou typů toxinů – cylindrospermopsinů a saxitoxinů (SIVONEN et JONES, 1999). Ne všechny kmeny této sinice ovšem produkují toxiny (MIHALI et al., 2008). V Evropě dosud nebyl zaznamenán žádný kmen *C. raciborskii*, produkující cylindrospermopsin (KOKOCIŃSKI et al., 2013). V několika jezerech v Maďarsku (v rámci studie celkem osmdesáti vodních ploch) byl tento druh sinice shledán dominantním druhem celého druhového spektra fytoplanktonu. Všechny tyto vodní plochy byly hojně využívány k rekreaci, a to včetně rybolovu (PADISÁK et al., 2003).

Mimo území ČR se můžeme s tímto druhem sinice setkat v následujících zemích: Řecko (MOUSTAKA-GOUNI et al., 2007), Izrael (ALSTER et al., 2010), Čína (WU, SHI et LI, 2009), Austrálie (HAWKINS et al., 1997; MIHALI et al., 2008), Polsko (KOKOCIŃSKI et al., 2013; WILK-WOŹNIAK et NAJBEREK,

2013), Maďarsko (PADISÁK et al., 2003), Německo (MEHNERT et al., 2010), Španělsko (DE HOYOS et al., 2004), Portugalsko (SAKER et al., 2003).



**Obr. 18** *Cylindrospermopsis raciborskii*

### **6.6. *Dolichospermum flos-aquae***

*Dolichospermum flos-aquae* (BRÉBISSON ex BORNET et FLAHAULT)

WACKLIN, HOFFMANN et KOMÁREK 2009

Syn.: *Anabaena flosaquae* BRÉBISSON ex BORNET et FLAHAULT 1886

([www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)).

*Dolichospermum flos-aquae* je v ČR běžným druhem planktonní sinice, který se objevuje hlavně v hypertrofních rybnících, a dále pak v mezotrofních a eutrofních stojatých vodách - menší vodní plochy a nádrže (KAŠTOVSKÝ et al., 2010a). Může vytvářet mohutné vodní květy v eutrofních nádržích celého mírného pásma, sekundárně i v tocích. V posledních letech se vyskytuje ve střední Evropě v menší frekvenci (KOMÁREK, 1999).



Výskyt: ČR (HAŠLER et POULÍČKOVÁ, 2002), Polsko (KOKOCÍŃSKI et al., 2013), Švédsko (WILLÉN et MATTSSON, 1997), Španělsko (DE HOYOS et al., 2004).

### **6.7. *Dolichospermum lemmermannii***

*Dolichospermum lemmermannii* (RICHTER) WACKLIN, HOFFMANN et KOMÁREK 2009

Syn.: *Anabaena lemmermannii* RICHTER 1903, *Anabaena utermohli* GEITLER 1925, *Anabaena flosaquae f. lemmermannii* (RICHTER) CANABAEUS 1929 (www.algaebase.org).

*Dolichospermum lemmermannii* patří mezi dominantní druhy v ČR. Jedná se druh planktonní sinice, který můžeme najít převážně v hypertrofních rybnících, a dále pak v mezotrofních a eutrofních stojatých vodách - menší vodní plochy a nádrže (KAŠTOVSKÝ et al., 2010a). Vyskytuje se v celém mírném pásmu, v celém povodí Labe je běžný, často přechází i do říčního planktonu (KOMÁREK, 1999). Mimo území ČR byl tento druh zaznamenán v následujících státech: Dánsko (ONODERA et al., 1997), Estonsko (NÖGES et al., 2003), Polsko (WIŚNIEWSKA et al., 2007).

### **6.8. *Dolichospermum planctonicum***

*Dolichospermum planctonica* (BRUNNTHALER) WACKLIN, HOFFMANN et KOMÁREK 2009

Syn.: *Anabaena planctonica* BRUNNTHALER 1903, *Anabaena limnetica* SMITH 1916 (www.algaebase.org).

*Dolichospermum planctonica* je v ČR běžným druhem planktonní sinice, který můžeme najít převážně v hypertrofních rybnících, a dále pak v mezotrofních a eutrofních stojatých vodách - menší vodní plochy a nádrže (KAŠTOVSKÝ et al., 2010a). Často se objevuje jako součást vícedruhových vodních květů, vyskytuje se v celém mírném pásmu (KOMÁREK, 1999). Mimo ČR byl tento druh zaznamenán i ve Španělsku (DE HOYOS et al., 2004).



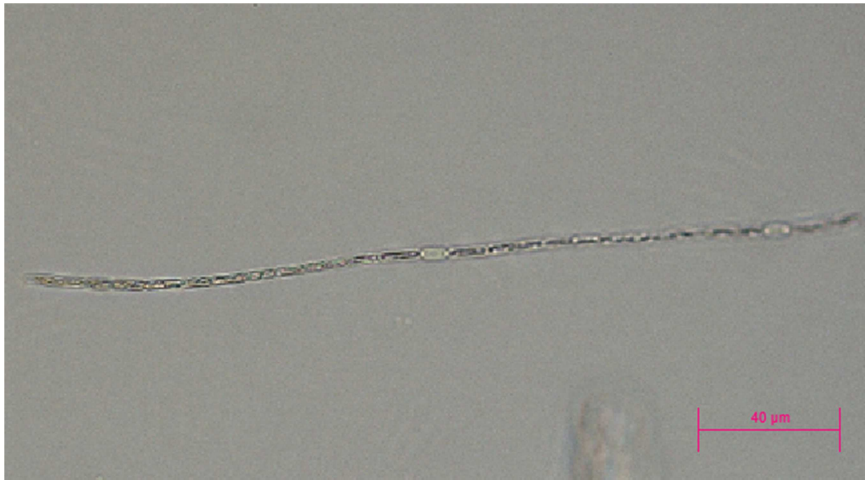
**Obr. 19** *Dolichospermum planctonicum*

### **6.9. *Dolichospermum tenericaule***

*Dolichospermum tenericaule* (NYGAARD) ZAPOMĚLOVÁ, SKÁCELOVÁ, PUMANN, KOPP et JANEČEK 2012

Syn.: *Anabaena tenericaulis* NYGAARD 1950 ([www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)).

*Dolichospermum tenericaule* je druh planktonní sinice, která se vyskytuje převážně v oligotrofních stojatých vodách (horská jezera a lomy). Výskyt tohoto druhu byl na území ČR v minulosti zaznamenán, nejsou ovšem k dispozici přesná data o její současné abundanci (KAŠTOVSKÝ et al., 2010a). V nedávné době byl tento druh zaznamenán na území ČR v následujících třech lokalitách – Máchovo jezero, nádrž Dubice a pískovna Očko. V minulosti se byl jeho výskyt hlášen i z lokality Mlýnský rybník na jižní Moravě (ZAPOMĚLOVÁ et al., 2012). Poprvé byl tento druh zaznamenán v Dánsku na přehradě Jægerbakke (ZAPOMĚLOVÁ et al., 2012, ex. NYGAARD, 1949). Tento druh zatím nebyl nikdy zaznamenán jinde ve střední Evropě než u nás a o jeho rozšíření mimo severské státy není mnoho známo (ZAPOMĚLOVÁ et al., 2012).



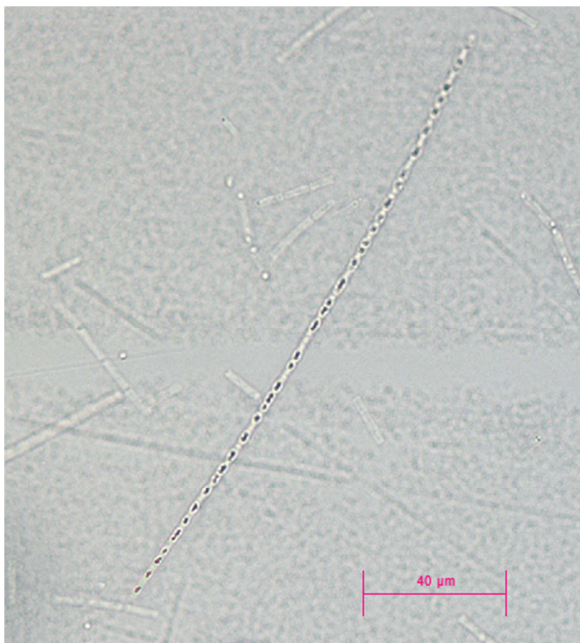
Obr. 20 *Dolichospermum tenericaule*

### 6.10. *Limnothrix lauterbornii*

*Limnothrix lauterbornii* (SCHMIDLE) ANAGNOSTIDIS 2001

Syn.: *Oscillatoria lauterbornii* SCHMIDLE 1901 ([www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)).

*Limnothrix lauterbornii* je saprobiontní bentický druh sinice, bývá součástí sulfurentních společenstev. Do planktonu přechází zřídka a po jednotlivých vláknkách. Vyskytuje se převážně v malých vodních nádržích, mokřadech a menších jezerech (KOMÁREK, 1999).



Obr. 21 *Limnothrix lauterbornii*

### 6.11. *Limnothrix planctonica*

*Limnothrix planctonica* (WOLOSZYNSKA) MEFFERT 1988

Syn.: *Oscillatoria planctonica* WOLOSZYNSKA 1912 ([www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)).

*Limnothrix planctonica* se řadí mezi planktonní druhy sinic, v ČR je jeho výskyt častý. Vyskytuje se spíše v mezotrofních, místy i eutrofních, stojatých vodách (menší vodní plochy a nádrže), ale nalézt ho můžeme i na mokřadních habitatech, v menších prohlubních s vodní hladinou, obvykle s přítomností vodních rostlin (KAŠTOVSKÝ et al., 2010a). Je znám především ze střední, východní a severní Evropy, pravděpodobně silněji zastoupen v Pobaltí (KOMÁREK, 1999). Mezi další lokality, kde byl potvrzen výskyt této sinice, patří Čína (ZHU et al., 2012), Estonsko (NÖGES et al., 2003).

### 6.12. *Microcystis aeruginosa*

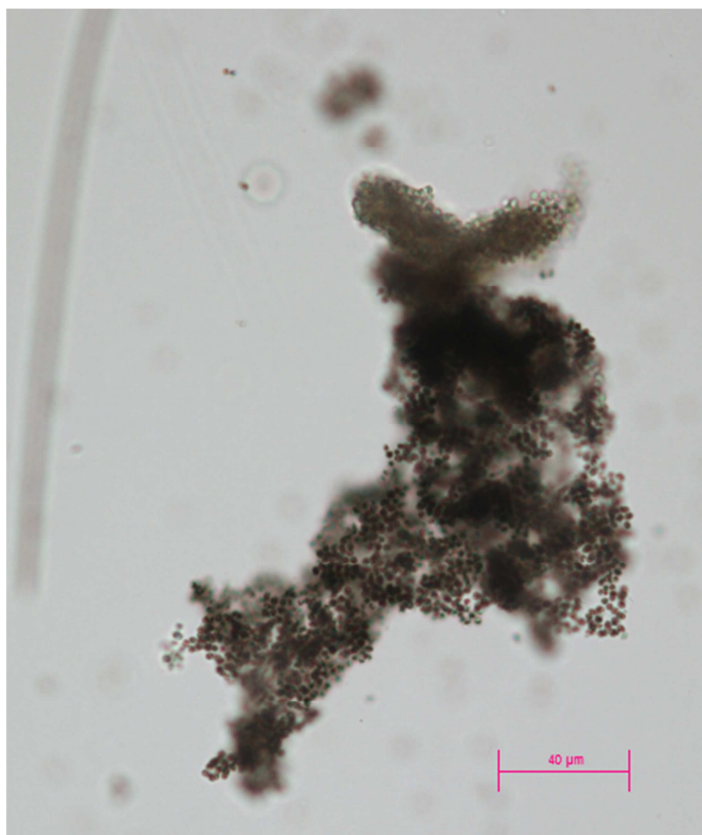
*Microcystis aeruginosa* (KÜTZING) KÜTZING 1846

Syn.: *Micraloa aeruginosa* KÜTZING 1833, *Diplocystis aeruginosa* (KÜTZING) TREVISAN 1848, *Polycystis aeruginosa* (KÜTZING) KÜTZING 1849, *Clathrocystis aeruginosa* (KÜTZING) HENFREY 1856, *Clathrocystis aeruginosa* var. *major* ANONYM, *Microcystis aeruginosa* f. *aeruginosa* KÜTZING, *Cagniardia cyanea* (KÜTZING) TREVISAN, *Palmella cyanea* KÜTZING 1843, *Anacystis cyanea* (KÜTZING) DROUET et DAILY 1952 ([www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)).

*Microcystis aeruginosa* patří v ČR mezi dominantní druhy planktonních sinic. Setkáváme se s ní spíše v mezotrofních a eutrofních stojatých vodách (menší vodní plochy a nádrže) a v hypertrofních rybnících (KAŠTOVSKÝ et al., 2010a). Tato sinice může být součástí jednodruhových populací, vytváří mohutnou biomasu. Ve velkém množství přechází i do tekoucích vod (KOMÁREK, 1999).

Výskyt: ČR – střední a severní Morava (HAŠLER et POULÍČKOVÁ, 2002), Řecko (MOUSTAKA-GOUNI et al., 2007), Švédsko (WILLÉN et MATTSSON, 1997), Estonsko (NÖGES et al., 2003), Slovensko – Bratislava (HINDÁK et HINDÁKOVÁ, 2003), Španělsko (DE HOYOS et al., 2004), Polsko

(WIŚNIEWSKA et al., 2007; GRABOWSKA et PAWLIK-SKOWROŃSKA, 2008), Anglie (REYNOLDS, 1973).



**Obr. 22** *Microcystis aeruginosa*

### **6.13. *Microcystis wesenbergii***

*Microcystis wesenbergii* (KOMÁREK) KOMÁREK in KONDRATEVA 1968

Syn.: *Diplocystis wesenbergii* KOMÁREK 1958 ([www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)).

*Microcystis wesenbergii* je planktonní sinice, kterou můžeme nalézt převážně v mezotrofních a eutrofních stojatých vodách (menší vodní plochy a nádrže) a místy i v hypertrofních rybnících. Tento druh se v ČR vyskytuje často (KAŠTOVSKÝ et al., 2010a). Jsou udávány toxické i netoxické populace. Běžně rozšířen je v celé střední Evropě a v celém povodí Labe (KOMÁREK, 1999). Mimo území ČR byl tento druh zaznamenán v následujících státech: Švédsko (WILLÉN et MATTSSON, 1997), Slovensko – Bratislava (HINDÁK et HINDÁKOVÁ, 2003), Španělsko

(DE HOYOS et al., 2004), Polsko (GRABOWSKA et PAWLIK-SKOWROŃSKA, 2008).



**Obr. 23** *Microcystis wesenbergii*

#### **6.14. *Planktolyngbya limnetica***

*Planktolyngbya limnetica* (LEMMERMANN) KOMÁRKOVÁ-LEGNEROVÁ et CRONBERG 1992

Syn.: *Lyngbya limnetica* LEMMERMANN 1898, *Oscillatoria splendida* var. *limnetica* (LEMMERMANN) PLAYFAIR 1938, *Planktolyngbya subtilis* (WEST) ANAGNOSTIDIS et KOMÁREK 1988 (www.algaebase.org).

*Planktolyngbya limnetica* patří mezi běžné planktonní druhy sinic. Je možné se s ním setkat u mezotrofních a eutrofních stojatých vod (menší vodní plochy a nádrže), i hypertrofních rybníků (KAŠTOVSKÝ et al., 2010a). Vyskytuje se i v Baltském moři, ojediněle přechází i do planktonu řek. Může se vyskytovat v bohatších populacích, nikdy však nevytvoří silnější biomasu (KOMÁREK, 1999). Mimo území ČR byl výskyt tohoto druhu zaznamenán v následujících zemích: Maďarsko (PADISÁK et al., 2003), Estonsko (NÖGES et al., 2003), Španělsko (DE HOYOS et al., 2004), Polsko (WIŚNIEWSKA et al., 2007).

### 6.15. *Planktothrix agardhii*

*Planktothrix agardhii* (GOMONT) ANAGNOSTIDIS et KOMÁREK 1988

Syn.: *Oscillatoria agardhii* GOMONT 1892, *Oscillatoria agardhii* f. *gomontii* ELENKIN 1949, *Oscillatoria agardhii* f. *aequicrassa* ELENKIN 1949, *Oscillatoria agardhii* f. *moebiusii* ELENKIN 1949, *Oscillatoria agardhii* f. *lemmermannii* ELENKIN 1949, *Oscillatoria agardhii* f. *wislouchii* ELENKIN 1949 (www.algaebase.org).

*Planktothrix agardhii* planktonní druh sinice, kterou je možné nejčastěji nalézt v mezotrofních a eutrofních stojatých vodách (menší vodní plochy a nádrže), ale také v hypertrofních rybnících. V České republice patří mezi dominantní druhy (KAŠTOVSKÝ et al., 2010a). Často se vyskytuje ve společenstvu s nanoplanktonní *Limnothrix redekei* (v chladnějších obdobích roku). Vytváří vodní květy a může přecházet i do říčního planktonu (KOMÁREK, 1999). Převažuje ve fytoplanktonu s vysokými hodnotami celkového fosforu a se špatnými světelnými podmínkami (BONILLA et al., 2012). Podle studie prováděné ve Švédsku, přežívá tento druh i během zimy pod ledem (WILLÉN et MATTSSON, 1997). *P. agardhii* patří mezi významné producenty microcystinu (WIŚNIEWSKA et al., 2007). Je dominantním druhem v 40% českých rybníků (HAŠLER et POULÍČKOVÁ, 2002).

Výskyt: ČR – střední a severní Morava (HAŠLER et POULÍČKOVÁ, 2002), Španělsko (DE HOYOS et al., 2004), Švédsko (WILLÉN et MATTSSON, 1997), Polsko (WIŚNIEWSKA et al., 2007; GRABOWSKA et PAWLIK-SKOWROŃSKA, 2008).

### 6.16. *Pseudanabaena limnetica*

*Pseudanabaena limnetica* (LEMMERMANN) KOMÁREK 1974

Syn.: *Oscillatoria limnetica* LEMMERMANN 1900 (www.algaebase.org).

*Pseudanabaena limnetica* je druh sinice, který je možné zařadit jak mezi planktonní sinice, tak i mezi bentické a perifytické/metafytické. Vyskytuje se v hypertrofních rybnících, v mezotrofních a eutrofních stojatých vodách (menší

vodní plochy a nádrže). Z hlediska abundance v ČR se řadí mezi dominantní druhy (KAŠTOVSKÝ et al., 2010a). Bohatší populace vytváří zejména v chladnějších částech roku. Jedná se však o jemná vlákna, takže nikdy nevytváří větší biomasu. Příležitostně bývá součástí říčního planktonu (KOMÁREK, 1999).

Výskyt: ČR (HAŠLER et POULÍČKOVÁ, 2002), Řecko (TEMPONERAS et al., 2000), Maďarsko (PADISÁK et al., 2003).

### **6.17. *Woronichinia naegliana***

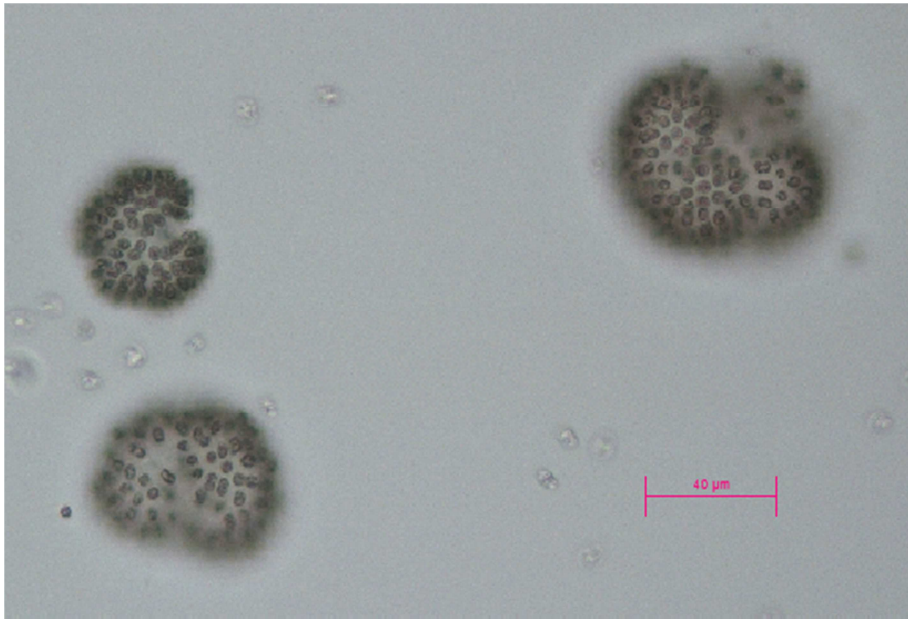
*Woronichinia naegliana* (UNGER) ELENKIN 1933

Syn.: *Coelosphaerium naegelianum* UNGER 1854, *Gomphosphaeria naegelianana* (UNGER) LEMMERMANN 1907 ([www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)).

*Woronichinia naegliana* je planktonní druh sinice, která se vyskytuje nejčastěji v mezotrofních a eutrofních stojatých vodách (menší vodní plochy a nádrže), místy i v hypertrofních rybnících. Jeho výskyt v ČR je častý (KAŠTOVSKÝ et al., 2010a). Jedná se o běžně rozšířený druh, vytváří vodní květy, hojnější v mírném pásmu. Zřídka vytváří monospecifické populace s velkou biomasou. V celém labském systému je běžný, často se objevuje v transportovaném říčním fytoplanktonu (KOMÁREK, 1999).

Výskyt: ČR (HAŠLER et POULÍČKOVÁ, 2002), Švédsko (WILLÉN et MATTSSON, 1997), Španělsko (DE HOYOS et al., 2004), Polsko (GRABOWSKA et PAWLIK-SKOWROŃSKA, 2008).





**Obr. 24** *Woronichinia naegliana*

## 7. Výsledky

Celkem bylo na deseti zkoumaných lokalitách nalezeno 17 druhů sinic. Jejich výčet spolu s relativní abundancí je obsahem tabulky č. 10.

**Tab. 10** Relativní abundance druhů sinic ve vzorcích

Druh	Odběr 1										Odběr 2										Odběr 3									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AphaFA											5										2	2								
AphaGra	3	2																												
ChryBer		3									4																			
CuspIss																			3											
CyliRac		5									5										3									
DoliFA				4										2				3					4	3		3	2			
DoliLem	3		4	3			3						2										3							
DoliPla	3										2																			
DoliTen		3									3																			
LimnLau	1	3			1						2										2									
LimnPla	5	6			3						6										5									
MicrAer	4			3				4	4		4	2		5				3	5		3			4	3					
MicrWes							3	3						3			5							3			5	6	4	4
PlanLim		3																												
PlaxAga	4	4								4									3	3						5				
PseuLim		2			3									4	2									2						
WoroNae								3	5						3			5	4									4	6	0

Pozn.: **AphaFA** (*Aphanizomenon flos-aquae*), **AphaGra** (*Aphanizomenon gracile*), **ChryBer** (*Chrysochlorum bergii*), **CuspIss** (*Cuspidothrix issatschenkoi*), **CyliRac** (*Cylindrospermopsis raciborskii*), **DoliFA** (*Dolichospermum flos-aquae*), **DoliLem** (*Dolichospermum lemmermannii*), **DoliPla** (*Dolichospermum planctonica*), **DoliTen** (*Dolichospermum tenericaule*), **LimnLau** (*Limnothrix Lauterbornii*), **LimnPla** (*Limnothrix planctonica*), **MicrAer** (*Microcystis aeruginosa*), **MicrWes** (*Microcystis wesenbergii*), **PlanLim** (*Planktolyngbya limnetica*), **PlaxAga** (*Planktothrix agardhii*), **PseuLim** (*Pseudanabaena limnetica*), **WoroNae** (*Woronichinia naegliana*).

Součástí výčtu jsou nejen u nás původní a běžné druhy sinic, ale i ty nepůvodní a invazní. Potvrzen byl výskyt *Chrysochlorum bergii*, *Cuspidothrix issatschenkoi*, *Dolichospermum tenericaule* a *Cylindrospermopsis raciborskii*.

**Tab. 11** Zjišťované hodnoty – chlorofyl-a, zákal, plocha písčiny, stupeň rekreace

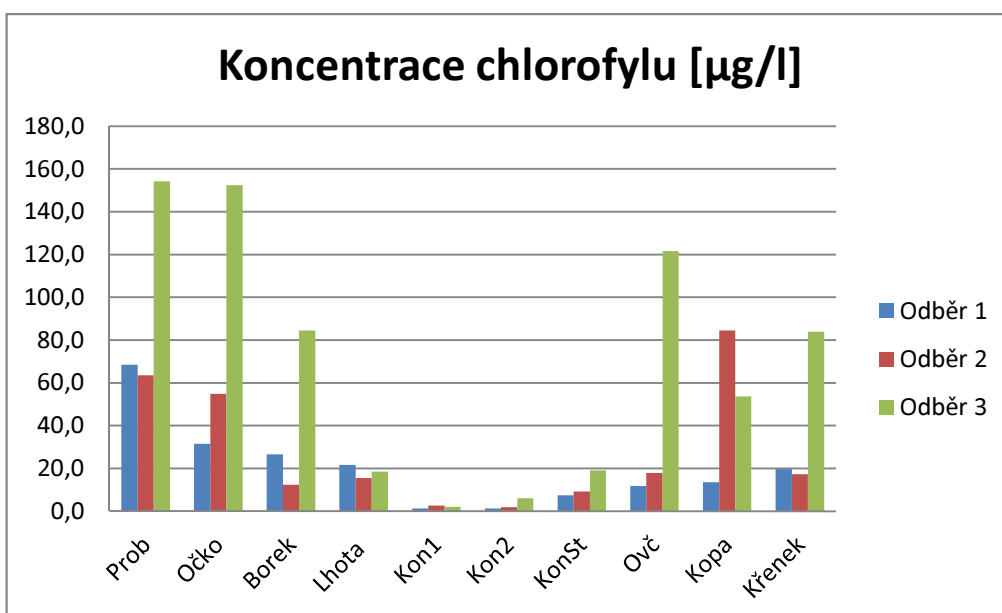
Lokalita	Chlorofyl a [µg/l]	Zákal [ZF] <sup>9</sup>	Plocha [ha]	Rekreace	Vodní květ	Stáří <sup>10</sup>
Odběr 1						
Prob. rybník	68,5	8,14	23,3	2	1	65
Očko	31,5	14,6	10,8	1	0	50
Borek	26,5	7,07	18,4	1	1	45
Lhota	21,6	6,8	19,7	3	1	50
N. Konětopy 1	1,2	1,73	2,8	1	0	15
N. Konětopy 2	1,2	1,74	5,9	2	0	10
S. Konětopy	7,4	2,96	4,6	1	1	50
Ovčáry	11,7	3,94	16,2	3	1	55
Kopa	13,6	7,77	7,7	1	1	-
Křenek	19,7	8,53	1,1	1	1	-
Odběr 2						
Prob. rybník	63,6	10,1	23,3	4	2	65
Očko	54,9	10,5	10,8	2	1	50
Borek	12,3	6,1	18,4	1	1	45
Lhota	15,4	4,02	19,7	5	1	50
N. Konětopy 1	2,6	3,26	2,8	3	1	15
N. Konětopy 2	1,9	3,98	5,9	4	1	10
S. Konětopy	9,3	7,07	4,6	2	2	50
Ovčáry	17,9	5,75	16,2	4	2	55
Kopa	84,5	25,6	7,7	1	2	-
Křenek	17,3	6,01	1,1	1	1	-
Odběr 3						
Prob. rybník	154,3	15,4	23,3	2	2	65
Očko	152,4	25,7	10,8	1	2	50
Borek	84,5	10,6	18,4	1	1	45
Lhota	18,5	5,33	19,7	3	1	50
N. Konětopy 1	2,0	1,76	2,8	1	1	15
N. Konětopy 2	6,1	3,73	5,9	2	1	10
S. Konětopy	19,1	6,06	4,6	1	1	50
Ovčáry	121,6	26,4	16,2	2	2	55
Kopa	53,7	15,9	7,7	1	2	15
Křenek	83,9	6,26	1,1	1	1	-

Kromě historických dat jsou údaje z tabulky č. 11 spolu s relativními abundancemi druhů zpracovány do CCA ordinačního diagramu. Nejstarší písčovina

<sup>9</sup> ZF (formazínové jednotky zákalu).

<sup>10</sup> Stáří je orientační zaokrouhlené na 5 let. Podrobnější popis historie v kapitole 4.4.

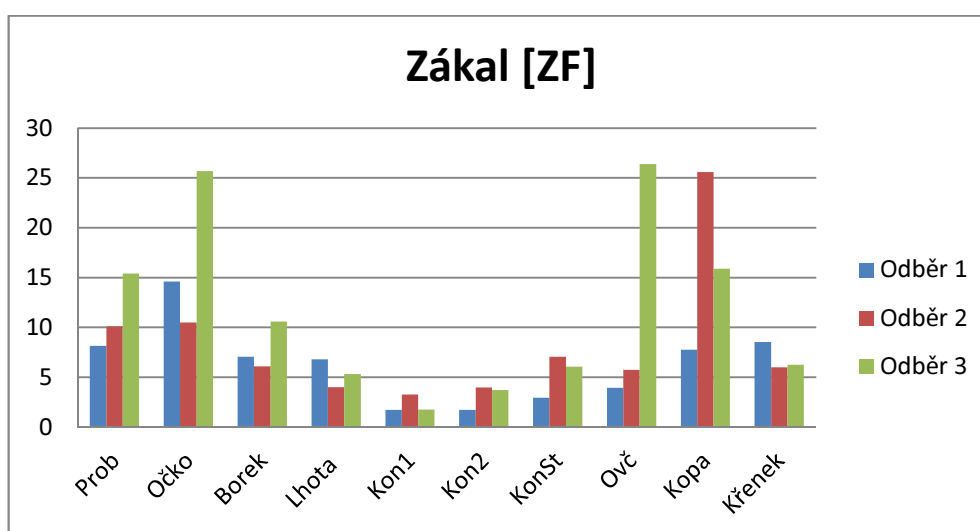
Proboštský rybník patří prokazatelně mezi vodní plochy s vyššími hodnotami chlorofylu-a. V porovnání s mnohem mladšími pískovkami (Nové Konětopy) a jejich hodnotami se dá pokládat vliv stáří pískovny a doba ukládání živin do sedimentu jako pravděpodobná. Když se ovšem podíváme na data z pískovny Kopa, která patří rovněž mezi mladší pískovny, data o chlorofylu a množství vodního květu příliš s tímto závěrem nekorespondují. Stáří pískovny, potažmo sedimentu, se tedy nedá brát jako stěžejní v hodnocení úživnosti prostředí a rozvoji vodního květu. Důležitou roli zde mohou hrát i jiné faktory – rybí obsádka, chemie vody, využívání pískovny, odvod odpadních vod atd. Adekvátní srovnání stáří pískoven a množství sinic v nich by mělo být předmětem rozsáhlejší víceleté studie.



**Graf 1** Vývoj koncentrace chlorofylu-a na sledovaných lokalitách v roce 2013.

Z grafu č. 1 je patrné, že nejvyšší hodnoty chlorofylu-a byly změřeny během třetího odběru. Výjimkou je pískovna Kopa, kde byla nejvyšší hodnota změřena během druhého odběru. Zajímavé údaje vykazují pískovny Proboštský rybník, Borek, Lhota a Křenek, které vykazují vyšší hodnoty chlorofylu-a na počátku sezóny (polovina června) než na vrcholu sezóny (přelom července a srpna). Pískovna Lhota má dokonce překvapivě nejvyšší hodnotu chlorofylu-a právě na začátku sezóny. Celkově nejvyšší hodnoty chlorofylu-a byly zjištěny na pískovně Proboštský rybník, Očko a Ovčáry.

Podle grafu č. 2 vykazuje Proboštský rybník mezi prvním a druhým odběrem nárůst zákalu, ale zároveň, jak již bylo zmíněno, pokles chlorofylu-a. Další pískovny, které měly během prvního odběru vyšší chlorofyl-a než při odběru druhém, mají trend hodnot zákalu odpovídající trendu chlorofylu-a. Pískovna Kopa má opět nejvyšší hodnotu zákalu během druhého odběru (koresponduje s chlorofylem-a). U všech tří pískoven v Konětotech byly nejvyšší hodnoty zákalu zjištěny rovněž během druhého odběru. Celkově nejvyšší hodnoty zákalu vykazovaly pískovny Ovčáry, Očko a Kopa. Proboštský rybník měl navzdory vysokým hodnotám chlorofylu-a hodnoty zákalu významně nižší.

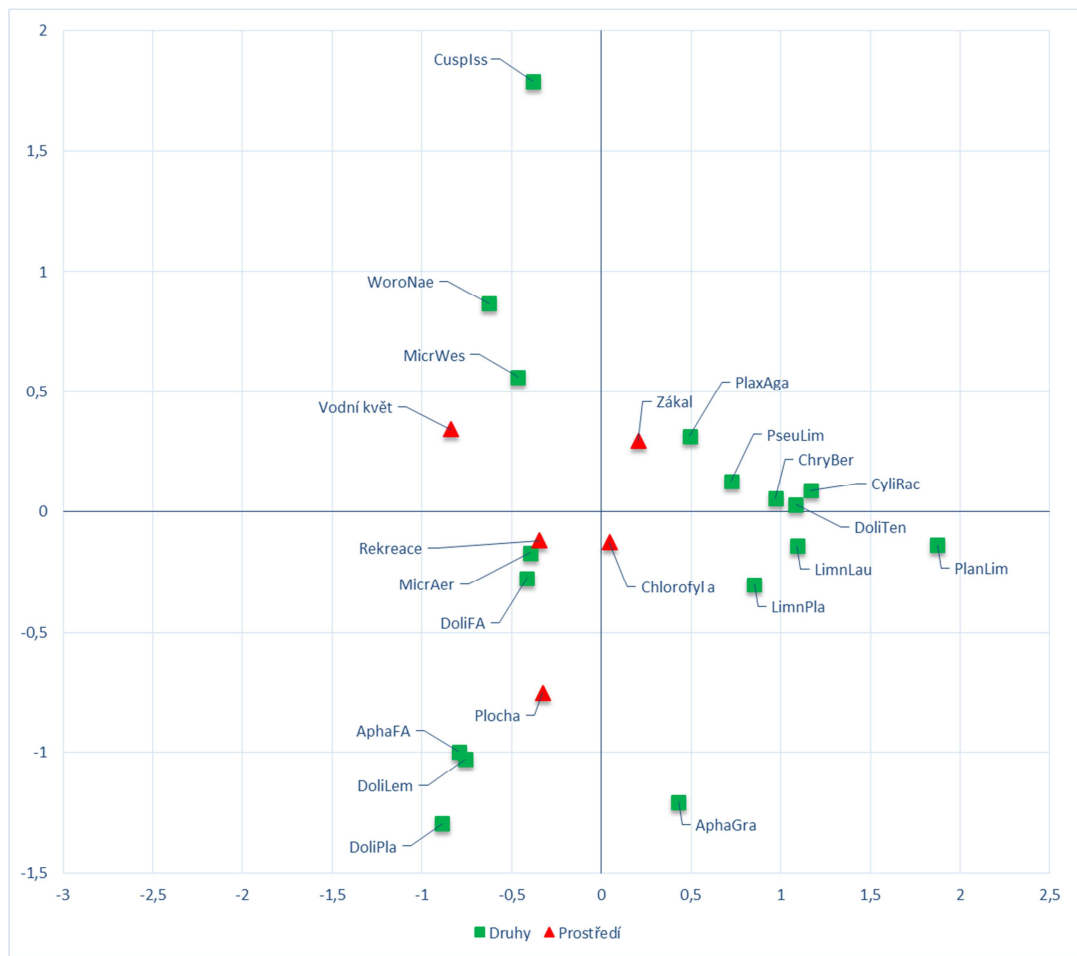


**Graf 2** Vývoj zákalu na sledovaných lokalitách v roce 2013.

Pískovny, které byly z rekreačního hlediska (koupání) více využívané, vykazovaly velmi nízké hodnoty chlorofylu-a i zákalu. Výjimkou jsou Ovčáry, kde byly vysoké hodnoty zákalu a chlorofylu-a zjištěny až ve třetím odběru, tedy na konci koupací sezóny.

Z ordinačního diagramu (graf č. 3) jsou patrné následující souvislosti. Stupeň vodního květu nejvíce souvisí s druhy *Microcystis wessenbergii*, *Woronichinia naegliana*, *Microcystis aeruginosa* a *Dolichospermum flos-aquae*. U pískoven, které byly hojněji rekreačně využívány, převládaly druhy *Microcystis aeruginosa* a *Dolichospermum flos-aquae*. *Planktothrix agardhii* a *Pseudanabaena limnetica* se vyskytovaly v pískovných s vyššími hodnotami zákalu. Pískovny větších ploch byly

nejčastěji osídleny druhy *Dolichospermum flos-aquae*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Dolichospermum lemmermannii* a *Microcystis aeruginosa*.



**Graf 3** CCA analýza výskytu druhů sinic a faktorů prostředí.

## 8. Diskuse

Kromě běžných druhů sinic, jakým jsou např. zástupci rodu *Microcystis*, byly na lokalitě potvrzeny i některé vzácnější druhy – *Chrysochloris bergii*, *Cuspidothrix issatschenkoi* a *Cylindrospermopsis raciborskii*, které již byly v daných lokalitách v minulosti zaznamenány (KAŠTOVSKÝ et al., 2010b). Tato práce rovněž potvrzuje výskyt druhu *Dolichospermum tenericaule*, jež byl v minulosti zaznamenán na území ČR (KAŠTOVSKÝ et al., 2010a). Velmi překvapující byla vysoká abundance druhu *Chrysochloris bergii*, která v dané lokalitě bývá zaznamenávána, ovšem ne v takovém množství (PUMANN, 2013, in verb.).

Zajímavé bylo srovnání hodnot chlorofylu-a a zákalu u jednotlivých odběrů. Některé pískovny vykazovaly vyšší hodnoty chlorofylu-a při prvním odběru než při tom druhém. První odběr byl proveden několik dní po skončení povodňové situace v červnu 2013. Vysoký srážkový úhrn mohl teoreticky zvýšit množství živin v těchto pískovnách a způsobit tak zvýšený rozvoj fytoplanktonu (LELLÁK et KUBÍČEK, 1992). Proboštský rybník je navíc spojen slepým ramenem s vodním tokem Labe, mohl být tedy v rámci povodní zásobován živinami odtud.

Rekreačně nejvíce využívané pískovny (myšleno ke koupání) vykazovaly velmi malé hodnoty zákalu i chlorofylu-a. Výjimkou byly Ovčáry, které měly během prvních dvou odběrů hodnoty spíše nízké, velký skok nastal až při třetím odběru na konci sezóny. Nejvyšší hodnoty zákalu měly pískovny využívané spíše k rybolovu jako pískovna Kopa. Přesto se zde objevovaly po celou dobu spíše kokální druhy sinic, které jsou typické spíše pro vodní plochy s nízkou hustotou rybí obsádky, na rozdíl od vláknitých sinic, které se dokáží lépe adaptovat na nevhodné světelné podmínky u intenzivněji rybářsky využívaných vodních útvarů (KOPP et al., 2008).

Jedním z cílů mé práce bylo porovnat množství chlorofylu-a se stářím pískovny. Pokud bych operovala s údajem, že se živiny ukládají do sedimentů a v určitých podmínkách se opět uvolňují do vody (GÄCHTER et MÜLLER, 2003), dalo by se říci, že čím starší pískovna, tím více živin a tím větší riziko vodního květu. Určitý trend v hodnotách chlorofylu-a v závislosti na jejich stáří by takové teorii odpovídal. Objevily se ovšem i výjimky, kdy relativně mladé pískovny měly vyšší koncentrace chlorofylu-a než některé starší. Pro objektivní vědecké zhodnocení

podobné teorie by bylo třeba více odběrů po delší časové období, a zjišťování většího množství faktorů, které zapříčiňují výskyt vodního květu.



## 9. Závěr

Hlavním cílem mé práce bylo prozkoumat druhové zastoupení sinic ve vybraných zatopených pískovnách. Kromě u nás běžných druhů jsem zaznamenala výskyt několika invazních druhů sinic (*Chrysosporum bergii*, *Cuspidothrix issatschenkoi*, *Dolichospermum tenericaule* a *Cylindrospermopsis raciborskii*). V rámci proměn prostředí díky globálním změnám klimatu mají usnadněnu cestu do temperátních pásem a z nejprve vzácných nálezů se jejich četnost začíná zvyšovat. Některé z dříve vzácných druhů se v ČR dají kvantifikovat již jako časté. Výsledky potvrdily druhové složení zjištěné z dřívějších odborných prací. Z hlediska četnosti výskytu se na zkoumaných lokalitách vyskytovaly nejvíce sinice rodu *Microcystis* (*M. aeruginosa*, *M. wesenbergii*). Objevovaly se zde i další druhy sinic kokálních (*Woronichinia naegliana*) i vláknitých (*Dolichospermum* sp., *Aphanizomenon* sp., *Limnothrix* sp., *Plantothrix agardhii*, *Pseudanabaena limnetica*, *Planktolyngbya limnetica*).

Jednou z těch opravdu zajímavých částí práce bylo zkoumání historie pískoven. Zajímalo mne, jestli existuje spojitost mezi intenzitou vodního květu, úživností vodního prostředí a stářím pískovny. Nejstarší pískovna Proboštský rybník měla nejvyšší hodnoty chlorofylu-a, nejmladší pískovny (Nové Konětopy) měly koncentrace chlorofylu mnohonásobně nižší. Je patrné, že stáří pískovny má určitý vliv na rozvoj vodního květu, ale jistě se nejedná o faktor jediný. Pokud pomíneme zjednodušující stupnici pro určování vodního květu, největší rozvoj vodního květu byl dle mého názoru na pískovně Kopa.

Z hlediska rekreace bylo potvrzeno, že během letní koupací sezóny měly pískovny s největším počtem návštěvníků nejnižší hodnoty chlorofylu-a i zákalu. Nejvyšší hodnoty těchto ukazatelů vykazovaly spíše vodní plochy s intenzivním rybolovem. U většiny pískoven se maxima v hodnotách chlorofylu-a objevovaly spíše na konci sezóny. Výjimkou byla pískovna Kopa, kde se toto maximum nacházelo na vrcholu koupací sezóny. Mohlo to být způsobeno i zvýšeným přikrmováním, protože tato pískovna slouží primárně pro rekreační rybolov. Věřím, že svou prací jsem přispěla k ucelení informací dané tematiky, a že bude moje práce podkladem pro další podobné a rozšiřující studie v tomto oboru.

## 10. Přehled literatury a použitých zdrojů

- Alster A., Kaplan-Levy R. N., Sukenik A., Zohary T., 2010: Morphology and phylogeny of a non-toxic invasive *Cylindrospermopsis raciborskii* from a Mediterranean Lake. *Hydrobiologia* 639: 115–128.
- Ambrožová J., 2003: Aplikovaná a technická hydrobiologie. 2. vyd. VŠCHT, Praha: 226 p.
- Aronstam R. S. et Witkop B., 1981: Anatoxin-a interactions with cholinergic synaptic molecules. *Proc. Natl. Acad. Sci* 78: 4639–4643.
- Ballot A., Ramm J., Rundberget T., Kaplan-Levy R. N., Hadas O., Sukenik A. et Wiedner C., 2011: Occurrence of non-cylindrospermopsin-producing *Aphanizomenon ovalisporum* and *Anabaena bergii* in Lake Kinneret (Israel). *Journal of Plankton Research* 0: 1–11.
- Bartram J., Carmichael W. W., Chorus I., Jones G. et Skulberg O. M., 1999: Introduction. In: Chorus I. et Bartram J. (eds.): *Toxic Cyanobacteria in Water. A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management*. E & FN Spon jménem UNESCO, WHO a UNEP, 416 p.
- Belov A. P. et Giles J. D., 1997: Dynamical model of buoyant cyanobacteria. *Hydrobiologia* 349: 87–97.
- Bonilla S., Aubriot L., Soares M. C. S, González-Piana M., Fabre A., Huszar V. L. M., Lürling M., Antoniadis D., Padisák J. et Kruk C., 2012: What drives the distribution of the bloom-forming cyanobacteria *Planktothrix agardhii* and *Cylindrospermopsis raciborskii*? *FEMS Microbiol Ecol* 79: 594–607.
- Çelekli A., Obali O. et Kulköylüoğlu O., 2007: The Phytoplankton Community (except Bacillariophyceae) of Lake Abant (Bolu, Turkey). *Turk J Bot* 31: 109-124.
- Conley D. J., Paerl H. W., Howarth R. W., Boesch D. F., Seitzinger S. P., Havens K. E., Lancelot C. et Likens G. E., 2009: Controlling Eutrophication: Nitrogen and Phosphorus. *Science* 323: 1014–1015.

- Couté A., Preisig H. R., 1978: *Anabaena bergii* var. *limnetica*, nov. var., cyanophyceae, Nostocaceae. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie 40: 374–383.
- Cox P. A., Banack S. A., Murch S. J., Rasmussen U., Tien G., Bidigare R. R., Metcalf J. S., Morrison L. F., Codd G. A. et Bergman B., 2005: Diverse taxa of cyanobacteria produce  $\beta$ -N-methylamino-L-alanine, a neurotoxic amino acid. PNAS 102: 5074–5078.
- Cvijan M. et Krizmanić J., 2009: *Anabaena bergii* Ostenf. [f. minor (Kisselev) Kossinsk.] (cyanoprokaryota) – the first record in Serbia, its taxonomic status, and that of the fenus *Anabaena* Bory ex. Born. & Flah. Arch. Biol. Sci. 61: 883–890.
- Demek J., 1988: Obecná geomorfologie. Praha, Academia: 476 p.
- Falconer I. R. et Humpage A. R., 2005: Health Risk Assessment of Cyanobacterial (Blue-green Algal) Toxins in Drinking Water. Int. Journal of Environ. Res. and Public 2: 43–50.
- Fergusson K. M., Saint C. P., 2003: Multiplex PCR assay for *Cylindrospermopsis raciborskii* and cylindrospermopsin-producing cyanobacteria. Environmental Toxicology 18: 120–125.
- Gächter R. et Müller B., 2003: Why the phosphorus retention of lakes does not necessarily depend on the oxygen supply to their sediment surface. Limnol. Oceanogr. 2: 929–933.
- Gollerbakh E. K., Kosinskaya E. et Polyanskiy K., 1953: The Blue-green Algae. Soviet Science, Moskva, 625 p.
- Grabowska M. et Pawlik-Skowrońska B., 2008: Replacement of chroococcales and nostocales by oscillatoriales caused a significant increase in microcystin concentrations in a dam reservoir. International Journal of Oceanography and Hydrobiology 37: 23–33.
- Hašler P. et Pouličková A., 2002: Planktic Cyanobacteria of the Central and Northern Moravia. Czech Phycology 2: 25–32.

- Hawkins P. R., Chandrasena N. R., Jones G. J., Humpage A. R. et Falconer I. R., 1997: Isolation and toxicity of *Cylindrospermopsis raciborskii* from an ornamental lake. *Toxicon* 35: 341–346.
- Hindák, F., 2000: Morphological variation of four planktic nostocalean cyanophytes – members of the genus *Aphanizomenon* or *Anabaena*? *Hydrobiologia* 438: 107–116.
- Hindák F. et Hindáková A., 2003: Diversity of cyanobacteria and algae of urban gravel pit lakes in Bratislava, Slovakia: a survey. *Hydrobiologia* 506–509: 155–162.
- Hitzfeld B. C., Höger S. J. et Dietrich D. R., 2000: Cyanobacterial Toxins: Removal during Drinking Water Treatment, and Human Risk Assessment. *Environmental Health Perspectives* 108: 113–122.
- Hollerbach M. M., Kosinskaja E. K. ET Poljanskij V. I., 1953: Sinezelenye vodorosli. *Opred. presnovodn. vodor. SSSR, Sov. Nauka Moskva* 2: 1–652.
- de Hoyos C., Negro A. I. et Aldasoro J. J., 2004: Cyanobacteria distribution and abundance in the Spanish water reservoirs during thermal stratification. *Limnetica* 23: 119–132.
- Kaštovský J., Hauer T., Komárek J. et Skácelová O., 2010a: The list of cyanobacterial species of the Czech Republic to the end of 2009. *Fottea* 10/2: 245–249.
- Kaštovský J., Hauer T., Mareš J., Krautová M., Bešta T., Komárek J., Desortová B., Heteša J., Hindáková A., Houk V., Janeček E., Kopp R., Marvan P., Pumann P., Skácelová O. et Zapomělová E., 2010b: A review of the alien and expansive species of freshwater cyanobacteria and algae in Czech Republic. *Biol Invasions* 12: 3599–3625.
- Kočí V., Burkhard J. et Maršálek B. 2000: Eutrofizace na přelomu tisíciletí. *Eutrofizace 2000 - Sborník semináře*: 3–13.
- Kokociński M., Mankiewicz-Boczek J., Jurczak T., Spoo L., Meriluoto J., Rejmonczyk E., Hautala H., Vehniäinen M., Pawelczyk J. et Soininen J., 2013: *Aphanizomenon gracile* (Nostocales), a cylindrospermopsin producing cyanobacterium in Polish lakes. *Environ Sci Pollut Res* 20: 5243 – 5264.

- Kondrateva, N. V., 1968. Siňo-zeleni vodorosti – Cyanophyta, chastina 2. Klas Gormogonievi – Hormogoniophyceae. Vozn. Prsnovodnich Vodor. Ukr. RSR, Naukova dumka Kiiv 1/2: 1–524.
- Komárek J. et Komárková J., 2006: Diversity of Aphanizomenon-like cyanobacteria. Czech Phycology 6, 1–32.
- Kopp R., Ziková A., Mareš J. Navrátil S. Adamovský O. et Palíková M., 2008: Diversity and toxin content of cyanobacteria in fish ponds (South Moravia, Czech republic) related to fishery management intensity. Sborník Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity 5: 111–117.
- Koreiviene J. et Kasperovičiene J., 2011: Alien cyanobacteria *Anabaena bergii* var. *limnetica* Couté et Preisig from Lithuania: Some aspects of taxonomy, ecology and distribution. Limnologica 41: 323–333.
- Ledreux A., Thomazeau S., Catherine A., Duval C., Yéprémian C., Marie A. et Bernard C., 2010: Evidence for saxitoxins production by the cyanobacterium *Aphanizomenon gracile* in a French recreational water body. Harmful Algae 10: 88–97.
- Lellák J. et Kubíček F., 1992. Hydrobiologie. Karolinum, UK, Praha: 258 p.
- Maňour J., 2009: Dokumentace záměru Pískovna Konětopy II – Sudovo Hlavno k EIA posouzení. Dostupná online: [http://portal.cenia.cz/eiasea/detail/EIA\\_STC1086](http://portal.cenia.cz/eiasea/detail/EIA_STC1086) (04.04.2015)
- Mehnert G., Leunert F., Cirés S., Jöhnk K. D., Rucker J., Nixdorf B. et Wiedner C., 2010: Competitiveness of invasive and native cyanobacteria from temperate freshwaters under various light and temperature conditions. Journal of Plankton Research 32: 1009–1021.
- Mihali T. K., Kellmann R., Muenchhoff J., Barrow K. D. et Neilan B. A., 2008: Characterization of the gene cluster responsible for cylindrospermopsin biosynthesis. Applied and Environmental Microbiology 74: 716–722.
- Moreira C., Vasconcelos V. et Antunes A., 2013: Phylogeny and Biogeography of Cyanobacteria and Their Produced Toxins. Marine Drugs 11: 4350–4369.

- Moreira C., Azevedo J., Antunes A. et Vasconcelos V., 2012: *Cylindrospermopsis*: occurrence, methods of detection and toxicology. *Journal of Applied Microbiology* 114: 605–620.
- Moustaka-Gouni M., Vardaka E., Tryfon E., 2007: Phytoplankton species succession in a shallow Mediterranean lake (L. Kastoria, Greece): steady-state dominance of *Limnothrix redekei*, *Microcystis aeruginosa* and *Cylindrospermopsis raciborskii*. *Hydrobiologia* 575: 129–140.
- Mur L. R., Skulberg O. M. et Utkilen H., 1999: Cyanobacteria in the environment. In: Chorus I. et Bartram J. (eds.): *Toxic Cyanobacteria in Water. A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management*. E & FN Spon jménem UNESCO, WHO a UNEP, 416 p.
- Nõges T., Nõges P. et Laugaste R., 2003: Water level as the mediator between climate change and phytoplankton composition in a large shallow temperate lake. *Hydrobiologia* 506–509: 257–263.
- Nygaard, G., 1949. Hydrobiological studies on some Danish ponds and lakes. Part II: The quotient hypothesis and some new or little known phytoplankton organisms. *Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Biologiske Skrifter, Bind VII, Nr. 1. I. Kommission Hos Ejnar Munksgaard, København.*
- Oliver R. L. et Ganf G. G., 2000: Freshwater blooms. In: Whitton B. A. et Potts M. (eds.): *The Ecology of Cyanobacteria: Their Diversity in Time and Space*. Kluwer Academic, Boston: 704 p.
- O’Neil J. M., Davis T. W., Burford M. A. et Gobler C. J., 2012: The rise of harmful cyanobacteria blooms: The potential roles of eutrophication and climate change. *Harmful Algae* 14: 313–334.
- Onodera H., Oshima Y., Henriksen P. et Yasumoto T., 1997: Confirmation of anatoxin-a(s), in the cyanobacterium *Anabaena lemmermannii*, as the cause of bird kills in danish lakes. *Toxicon* 35: 1645–1648.
- Padisák J., 1997: *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenaya et Subba Raju, an expanding, highly adaptive cyanobacterium: worldwide distribution and review of its ecology. *Arch. Hydrobiol.* 107: 563–593.

- Padisák J., Borics G., Fehér G., Grigorszky I., Oldal I., Schmidt A. et Zámbo-  
Doma Z., 2003: Dominant species, functional assemblages and frequency of  
equilibrium phases in late summer phytoplankton assemblages in Hungarian  
small shallow lakes. *Hydrobiologia* 502: 157–168.
- Paerl H. W. et V. J. Paul, 2011: Climate change: Links to global expansion of  
harmful cyanobacteria. *Water Research* 46: 1349–1363.
- Pumann P. et Duras J., 2014: Atlas makroskopických jevů spojených s výskytem  
vodních květů sinic a dalších organismů v přírodních koupacích vodách.  
Státní zdravotní ústav, Praha: 87 p.
- Pumann P., Chlupáčová M. et Kožíšek F., 2008: Zdravotní a hygienická rizika  
z přírodních koupacích vod. *Hygiena* 53/3: 102-107.
- Pumann P., Baudišová D., Kožíšek F., Šašek J. et Myšáková M., 2013: Metodický  
návod na vzorkování, terénní a laboratorní vyšetřování a hodnocení jakosti  
vody v přírodních koupalištích a povrchových vodách ke koupání. SZÚ,  
Praha: 17 p. Dostupné online:  
[http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/tacr/Methodika\\_koupaci\\_vody.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/tacr/Methodika_koupaci_vody.pdf) (04.04.2015).
- Quitt E., 1971: Klimatické oblasti Československa, Academia, Brno: 73 s
- Reynolds C. S., 1973: Growth and buoyancy of *Microcystis aeruginosa* Kütz.  
emend. Elenkin in a shallow eutrophic lake. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 184, 29–  
50.
- Říhová Ambrožová J., 2014: Stanovení koncentrace chlorofylu-a. Studijní texty pro  
potřeby Laboratoří z hydrobiologie a mikrobiologie. Dostupné online:  
<http://old.vscht.cz/document.php?docId=10537> (04.04.2015).
- Saker M. L., Nogueira C. G. et Vasconcelos V. M., 2003: Distribution and toxicity of  
*Cylindrospermopsis raciborskii* (cyanobacteria) in portuguese freshwaters.  
*Limnetica* 22: 129–136.
- Sivonen K. et Jones G., 1999: Cyanobacterial toxins. In: Chorus I. et Bartram J.  
(eds.): Toxic Cyanobacteria in Water. A Guide to Their Public Health  
Consequences, Monitoring and Management. E & FN Spon jménem  
UNESCO, WHO a UNEP, 416 p.

- Smith C. B. et Manoylov K. M., 2013: The effects of variable light and lipids on the water column distribution and interactions of phytoplankton. *Plant* 1: 16–24.
- Smolová I., 2008: Těžba nerostných surovin na území ČR a její geografické aspekty. UPOL, Olomouc: 195 p.
- Stewart I., Webb P. M., Schluter P. J. et Shaw G. R., 2006: Recreational and occupational field exposure to freshwater cyanobacteria – a review of anecdotal and case reports, epidemiological studies and the challenges for epidemiologic assessment. *Environmental Health* 5: 6-18.
- Stüken A., Rucker J., Endrulat T., Preussel K., Hemm M., Nixdorf B., Karsten U. et Wiedner C., 2006. Distribution of three alien cyanobacterial species (Nostocales) in northeast Germany: *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Anabaena bergii* and *Aphanizomenon aphanizomenoides*. *Phycologia* 45: 696–703.
- Temponeras M., Kristiansen J. et Moustaka-Gouni M., 2000: Seasonal variation in phytoplankton composition and physical-chemical features of the shallow Lake Dořrani, Macedonia, Greece. *Hydrobiologia* 424: 109–122.
- Üveges V., Tapolczai K., Krienitz L. et Padisák J., 2012: Photosynthetic characteristics and physiological plasticity of an *Aphanizomenon flos-aquae* (Cyanobacteria, Nostocaceae) winter bloom in a deep oligo-mesotrophic lake (Lake Stechlin, Germany). *Hydrobiologia* 698: 263–272.
- Vondra J., 1971: Inventarizace ložisek stavebních nerostných surovin k mapovému listu M33-66-A (Brandýs nad Labem). *Geoindustria*, Praha.
- Wilk-Woźniak E. et Najberek K., 2013: Towards clarifying the presence of alien algae in inland waters – can we predict places of their occurrence? *Biologia* 68/5: 838—844.
- Willén T., Mattsson R., 1997: Water-blooming and toxin-producing cyanobacteria in Swedish fresh and brackish waters, 1981–1995. *Hydrobiologia* 353: 181–192.
- Wiśniewska M., Krupa D., Pawlik-Skowrońska B., Kornijów R., 2007: Development of toxic *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. et Kom. and potentially toxic algae in the hypertrophic Lake Syczyńskie (Eastern Poland). *International Journal of Oceanography and Hydrobiology* 36: 173–179.



- World Health Organization, 2003: Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1: Coastal and fresh waters. WHO, Ženeva: 253 p.
- Wu Z., Shi J. et Li R., 2009: Comparative studies on photosynthesis and phosphate metabolism of *Cylindrospermopsis raciborskii* with *Microcystis aeruginosa* and *Aphanizomenon flos-aquae*. Harmful Algae 8: 910–915.
- Yamamoto Y. et Nakahara H., 2005: The formation and degradation of cyanobacterium *Aphanizomenon flos-aquae* blooms: the importance of pH, water temperature, and day length. Limnology 6: 1–6.
- Yilmaz M., Philips E. J., Szabo N. J. et Badylak S., 2008: A comparative study of Florida strains of *Cylindrospermopsis* and *Aphanizomenon* for cylindrospermopsin production. Toxicon 51: 130–139.
- Zapomělová E., Skácelová O., Pumann P., Kopp R. et Janeček E., 2012: Biogeographically interesting planktonic Nostocales (Cyanobacteria) in the Czech Republic and their polyphasic evaluation resulting in taxonomic revisions of *Anabaena bergii* Ostensfeld 1908 (*Chrysoosporum* gen. nov.) and *A. tenericaulis* Nygaard 1949 (*Dolichospermum tenericaule* comb. nova). Hydrobiologia 698: 353–365.
- Zhu M., Yu G., Li X., Tan W. et Li R., 2012: Taxonomic and phylogenetic evaluation of *Limnothrix* strains (Oscillatoriales, Cyanobacteria) by adding *Limnothrix planktonica* strains isolated from central China. Hydrobiologia 698: 367–374.
- Znachor P., 2005: Vodní květy řas a sinic. Scientific American (české vydání) 7: 42–51.

### **Legislativní zdroje:**

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění.

Vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch, v platném znění.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, v platném znění.

Vyhláška č. 155/2011 Sb., o profilech povrchových vod využívaných ke koupání,  
v platném znění.

**Internetové zdroje:**

[www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)

[www.cyanodb.cz](http://www.cyanodb.cz)

[www.geology.cz](http://www.geology.cz)

[www.iseca.eu](http://www.iseca.eu)

[www.kontaminace.cenia.cz](http://www.kontaminace.cenia.cz)

[www.lhotanadlabem.cz](http://www.lhotanadlabem.cz)

[www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

[www.obecborek.cz](http://www.obecborek.cz)

## 11. Seznam obrázků, grafů a tabulek

Obr. 1	Některé z faktorů ovlivňující rozvoj vodního květu .....	3
Obr. 2	Cesty vstupu živin do vodního prostředí .....	4
Obr. 3	Mapa zkoumaných lokalit.....	8
Obr. 4	Proboštský rybník .....	20
Obr. 5	Očko.....	21
Obr. 6	Borek.....	22
Obr. 7	Lhota .....	23
Obr. 8	Nové Konětopy 1 .....	24
Obr. 9	Nové Konětopy 2 .....	25
Obr. 10	Staré Konětopy.....	26
Obr. 11	Ovčáry.....	27
Obr. 12	Kopa.....	28
Obr. 13	Rašeliniště Křenek .....	29
Obr. 14	Těžba štěrkopísků na místě dnešních Proboštských jezer z r. 1953 .....	32
Obr. 15	<i>Aphanizomenon gracile</i> .....	44
Obr. 16	<i>Chrysochlorum bergii</i> .....	45
Obr. 17	<i>Cuspidothrix issatschenkoi</i> .....	46
Obr. 18	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> .....	48
Obr. 19	<i>Dolichospermum planctonicum</i> .....	50
Obr. 20	<i>Dolichospermum tenericaule</i> .....	51
Obr. 21	<i>Limnothrix lauterbornii</i> .....	51
Obr. 22	<i>Microcystis aeruginosa</i> .....	53
Obr. 23	<i>Microcystis wesenbergii</i> .....	54
Obr. 24	<i>Woronichinia naegliana</i> .....	57

Graf 1	Vývoj koncentrace chlorofylu-a na sledovaných lokalitách v roce 2013.....	60
Graf 2	Vývoj zákalu na sledovaných lokalitách v roce 2013.....	61
Graf 3	CCA analýza výskytu druhů sinic a faktorů prostředí.....	62
Tab. 1	Klasifikace cyanotoxinů a jejich producenti.....	5
Tab. 2	Zkoumané lokality .....	9
Tab. 3	Stupnice pro odhad okamžitého počtu návštěvníků .....	11
Tab. 4	Stupnice relativní abundance druhu.....	13
Tab. 5	Výkaz úlovků v kusech a hmotnosti za rok 2013 .....	30
Tab. 6	Ukazatele a jejich limitní hodnoty pro přírodní koupaliště provozované na povrchových vodách, dalších povrchových vodách ke koupání a vodních plochách ke koupání vzniklých těžební činností se zvýšenou pravděpodobností rozmnožení sinic .....	38
Tab. 7	Ukazatele a jejich limitní hodnoty pro přírodní koupaliště provozované na povrchových vodách, dalších povrchových vodách ke koupání a vodních plochách ke koupání vzniklých těžební činností se zvýšeným rizikem vzniku masového rozvoje sinic.....	39
Tab. 8	Stupnice pro stanovení množství vodního květu dle ČSN 757717 .....	39
Tab. 9	Kategorie jakosti vody ke koupání a příklady jejich zdůvodnění.....	40
Tab. 10	Relativní abundance druhů sinic ve vzorcích .....	58
Tab. 11	Zjišťované hodnoty – chlorofyl-a, zákal, plocha pískovny, stupeň rekreace .....	59