

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



**Epipelické sinice v okolí Olomouce**

Diplomová práce

Bc. Barbora Cahová

Vedoucí práce: Doc. RNDr. Petr Hašler, Ph.D.

Olomouc 2018

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Doc. RNDr. Petra Hašlera, Ph.D. a jen s použitím uvedené literatury.

V Olomouci dne 14.5.2018

.....

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala vedoucímu diplomové práce Doc. RNDr. Petru Hašlerovi, Ph.D., za vedení a cenné podněty k celé práci. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a příteli za podporu při psaní této práce.

## **BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE**

Jméno a příjmení autora: Bc. Barbora Cahová

Název práce: Epipelické sinice v okolí Olomouce

Typ práce: Diplomová

Pracoviště: Katedra ekologie a životního prostředí

Vedoucí práce: Doc. RNDr. Petr Hašler, Ph.D.

Rok obhajoby: 2018

Abstrakt: Epipelické druhy žijí na jemnozrných substrátech nebo v asociaci s nimi. Jelikož se nachází na rozhraní mezi sedimenty a vodou, ovlivňují dynamiku proudění i tvorbu struktury sedimentu. Jsou tedy nezbytnou složkou vodních ekosystémů. Dále zastávají funkce, jako je biostabilizace substrátu, primární produkce a regulace biogeochemického cyklu. V dnešní době se studie zaměřují převážně na planktonní společenstva, epipelické druhy jsou zkoumány minimálně. Tato práce se zabývá epipelickými sinicemi stojatých vod v Olomouci a jejím okolí. Na padesáti lokalitách bylo nalezeno 31 druhů sinic, s převahou vláknitých rodů (*Johanseninema*, *Geitlerinema*, *Phormidium*, *Pseudanabaena*). Nejčastěji zastoupeným druhem byla sinice *Pseudanabaena catenata*. Na sběr a zpracování sedimentu byla použita technika dle Rounda (1953). Na lokalitách převažoval bahnitý sediment. Složení nalezených druhů naznačuje, že v Olomouci a okolí převažují vody zatížené organickými látkami.

Klíčová slova: epipelon, sinice, rybník, Olomouc, saprobita

Počet stran: 47

Počet příloh: 50

Jazyk: Čeština

## **BIBLIOGRAPHIC IDENTIFICATION**

First name and surname of the author: Bc. Barbora Cahová

Name of the thesis: Epipellic cyanobacteria in Olomouc surroundings

Type of thesis: Master thesis

Workplace: Department of Ecology and Environment

Thesis supervisor: Doc. RNDr. Petr Hašler, Ph.D.

Year of defence: 2018

Abstract: Epipellic species live on or in association with fine-grained substrates. Because they are located at the interface between sediments and water, they influence the flow dynamics and the formation of the sediment structure. They are therefore an essential component of aquatic ecosystems. Furthermore, they play role in biostabilization of the substrate, primary production and regulation of the biogeochemical cycle. Nowadays, studies focus mainly on planktonic communities, epipellic species are examined at a minimum. This thesis deals with epipellic cyanobacteria of standing water in Olomouc and its surroundings. At fifty sites, 31 species of cyanobacteria, predominantly of fibrous genes (*Johanseninema*, *Geitlerinema*, *Phormidium*, *Pseudanabaena*) were found. The most commonly represented species was *Pseudanabaena catenata*. Sediment collection and treatment was used according to Round (1953). The muddy sediment prevailed in the localities. The composition of the species found suggests that waters loaded with organic matter predominate in Olomouc and the surrounding area.

Keywords: epipelon, cyanobacteria, fishpond, Olomouc, saprobity

Number of pages: 47

Number of appendices: 50

Language: Czech

## OBSAH

1. Úvod.....	7
2. Teoretická část.....	9
2.1 Ekologie sinic .....	9
2.1.1 Rozšíření sinic .....	9
2.1.1.1 Vodní prostředí.....	9
2.1.1.2 Terestrické prostředí.....	10
2.1.1.3 Extrémní stanoviště .....	11
2.1.2 Symbióza .....	12
2.1.3 Trofie, eutrofizace, saprobita.....	13
2.2 Epipelická společenstva .....	15
2.2.1 Vybrané rody epipelických sinic .....	16
2.2.2 Rybník jako biotop pro epipelické sinice .....	18
3. Cíle práce.....	19
4. Materiály a metody.....	20
4.1 Popis území sběru.....	20
4.2 Lokality .....	20
4.3 Postup práce a vyhodnocení dat .....	26
5. Výsledky.....	27
6. Diskuze.....	32
7. Závěr.....	37
Seznam použité literatury .....	38
Seznam příloh.....	48

## 1. Úvod

Sinice jsou velmi starobylou skupinou gramnegativních bakterií. Řadíme je mezi prokaryotické a fotosyntetizující organismy a jejich vývoj je spojen s vytvářením kyslíkaté atmosféry na Zemi (Němec & Matoulková 2015). Mají jednoduchou stavbu buňky. Základ buněčné stěny tvoří biopolymer murein (peptidoglykan) a pod ní se nachází cytoplazmatická membrána (Baker et al. 2011). Nenajdeme u nich mitochondrie, plastidy, Golgiho aparát, vakuoly ani endoplazmatické retikulum (Babula 2009). Volně ve středu buňky v tzv. centroplazmě nalezneme kruhovou molekulu DNA a ribozomy, které zajišťují proteosyntézu se sedimentační konstantou 70s (Hoek et al. 1996, Babula 2009). Sinice nemají žádná bičíkatá stadia (Pouličková et al. 2015). Hlavní barvivo sinic je chlorofyl a, ale mohou mít i chlorofyl b, c a d. Dále obsahují fykocyanin, fykoeritrin,  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten a xantofyly. Jako hlavní zásobní látka jim slouží sinicový škrob, který patří mezi polysacharidy (Němec & Matoulková 2015, Pouličková et al. 2015). Rozmnožují se pomocí nepohlavního dělení buněk nebo mohou využívat spory či hormogonie. Tyto několikabuněčné a aktivně pohyblivé útvary se nachází pouze u vláknitých sinic a vznikají oddělením vlákna od vlákna původního (Hoek et al 1996, Němec & Matoulková 2015). Morfologická variabilita sinic je poměrně široká. Existují druhy kokální (jednobuněčné) a trichální (vláknité). Kokální sinice mají obvykle jednoduchou stavbu a bývají často obaleny slizem. Také se mohou vyskytovat samostatně nebo tvořit kolonie (Whitton & Potts 2000). Známé kokální sinice jsou například rody *Microcystis*, *Merismopedia* či *Synechococcus*. Mezi vláknitými sinicemi je obecně velká variabilita ve velikostech buněk i jejich tvaru. Mohou mít vlákna rovná či stočená. Dále jsou jejich vlákna buď nevětvena, nepravě větvena nebo pravě větvena. Nevětvenými rody jsou například *Phormidium* a *Leptolyngbya*. Nepravé větvení znamená, že jsou vlákna spojena slizovou pochvou a nejsou spojena fyziologicky, což nalezneme třeba u rodu *Scytonema*. Pravé větvení nastává, když se změní rovina dělení nějaké buňky. Toto větvení má například rod *Stigonema* (Kalina & Váňa 2005, Whitton & Potts 2000). U sinic také nalezneme několik zajímavých struktur. Jsou to například aerotopy planktonních druhů, které nenajdeme u žádných jiných organismů. Aerotopy jsou váčky naplněné plynem, nacházející se v cytoplazmě. Slouží k nadnášení sinic a jejich počet je u každého druhu proměnlivý. Další zajímavou strukturou sinic jsou heterocyty, ve kterých se nachází enzym nitrogenáza. Heterocyty se vytváří, když je v prostředí nízký obsah dusíkatých látek a jejich funkcí je fixovat dusík z ovzduší. Tyto specifické buňky nalezneme pouze u některých vláknitých sinic, během celého vegetačního období. Pro přečkání nepříznivých podmínek slouží sinicím trvalé spory neboli akinety. Jsou to tlustostěnné buňky

se zásobními látkami, které jsou schopné přežít i několik desítek let. Akinety se vytváří na různých místech vláknů z vegetativních buněk, v případě že je v prostředí například málo živin, nedostatečné osvětlení či nízká teplota (Klaban 2011, Němec & Matoulková 2015). Sinice mohou také produkovat širokou škálu toxinů (cyanotoxiny), což jsou látky sekundárního metabolismu. Tyto toxiny mohou způsobovat různé nepříjemné reakce a poškození, ať už u lidí nebo u ostatních organismů. Mezi nejznámější skupiny cyanotoxinů patří hepatotoxiny, neurotoxiny, cytotoxiny a dermatotoxiny (Jakubowska & Szelag-Wasielewska 2015, Hitzfeld et al. 2000, Kyselková & Maršálek 2000).

V mé práci se zabývám epipelickými sinicemi stojatých vod, a to zejména rybníků, v Olomouci a jejím okolí. Cílem je vyhodnotit strukturu společenstev sinic a vztah mezi touto strukturou a sedimentem, geografickou polohou a přítomností lokálních zdrojů znečištění. Padesát vzorků sedimentů bylo zpracováno metodikou podle Rounda (1953), který je průkopníkem ve výzkumu epipelických společenstev ve sladkovodních ekosystémech. Epipelické sinice se nacházejí na povrchu jemného sedimentu dna stojatých i tekoucích vod (Pouličková 2011). Tyto druhy jsou velmi důležité i z geologického pohledu, jelikož se nachází na rozhraní sedimenty-voda a díky tomu ovlivňují dynamiku proudění i tvorbu struktury sedimentu (Noffke et al. 2002). Dále zastává epipelické společenstvo funkce, jako je biostabilizace substrátu, regulace biogeochemického cyklu a primární produkce (Pouličková et al. 2008a). V dnešní době máme nejvíce informací o planktonních sinicích. Publikací věnující se epipelickým sinicím není mnoho (Izaguirre et al. 2007, Mez et al. 1998, Quiblier et al. 2013). Mezi běžné rody epipelických sinic u nás řadíme např. rody *Komvophoron*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Pseudanabaena* a *Geitlerinema* (Hašler & Pouličková 2010, Hašler et al. 2008).



## 2. Teoretická část

### 2.1 Ekologie sinic

#### 2.1.1 Rozšíření sinic

Sinice jsou široce rozšířené organismy, které najdeme v rozmanitých typech habitatů. (Whitton & Potts 2000). Mají dlouhou historii v adaptaci na životní prostředí Země. Díky fotosyntetickým reakcím vyvíjejícím kyslík, jsou sinice zodpovědné za vývoj současné atmosféry. Vyvinuly si speciální regulační systémy, aby mohly přežít v extrémních a variabilních podmínkách. Takovým systémem jsou například tzv. chromatické adaptace, kdy sinice v závislosti na dopadajícím světle mění poměr barviv fykocyanin a fykoeritrin, což jim umožňuje žít při takových světelných podmínkách, při kterých by jiný fotosyntetizující organismus nepřežil (Tandeau de Marsac & Houmard 1993, Pouličková & Jurčák 2001). Obývají jak sladké vody (stojaté i tekoucí), tak i moře a oceány. Nalezneme je i v půdě, na vlhkých skalách, kamenech či kmenech stromů. Znamé jsou i tím, že jsou schopné žít na extrémních stanovištích jako je poušť, horké prameny, jeskyně a polární oblasti (Whitton & Potts 2000, Hoek et al. 1996).

##### 2.1.1.1 Vodní prostředí

Ve vodách najdeme sinice buď jako planktonní (volně plovoucí) či bentické (přisedlé k substrátu) (Paerl 1988). Slovo plankton má řecký původ a znamená putovat bez cíle. Jsou to tedy volně plovoucí druhy, podléhající pasivním pohybům vody a jejím proudům (Reynolds 1984). Regulaci pohybu sinic ve vodním sloupci zajišťují plynné váčky aerotopy. Společenstvo sinic a řas, které obývá pelagiál stojatých i tekoucích vod se nazývá fytoplankton (Pouličková 2011).

V oceánech, pobřežních zónách i estuáriích je fytoplankton velmi důležitou složkou. Hraje velkou roli v mořském cyklu uhlíku a dusíku. Plankton v mořích není rozmístěn rovnoměrně. Můžeme ho pozorovat na satelitních snímcích, kde tvoří shluky oválného tvaru. V příbřežních zónách je mnohem větší produkce fytoplanktonu, jelikož jsou mnohem bohatší na živiny, než otevřený oceán. Rody nacházející se v oceánech jsou například *Synechococcus*, *Prochlorococcus*, *Synechocystis* a *Trichodesmium*. V estuáriích Baltského moře dochází často k nadprodukcí sinice rodu *Nodularia* (Whitton & Potts 2000, Pouličková 2011).

Ve sladkovodních biotopech sinice najdeme jak v tekoucích, tak ve stojatých vodách. Plankton v řekách se nazývá potamoplankton a nacházíme ho jen v pomalu tekoucích úsecích. V tekoucích vodách můžeme naléznout rody *Microcystis*, *Anabaena* a *Aphanocapsa* (Pouličková 2011). Ve stojatých vodách často planktonní sinice vytváří vodní květ. Ten vzniká přemnožením sinic v eutrofních vodách a vytváří charakteristické pokryvy na povrchu stojatých vod. Vzniká hlavně v letním období a způsobuje ekologické, ekonomické i zdravotní problémy. Tato problematika se stává čím dál tím více diskutovanou, jelikož se zvyšuje výskyt a intenzita sinicových květů po celém světě, hlavně vzhledem ke zvyšující se eutrofizaci a změnám klimatu (O'neil et al. 2012, Paerl and Paul 2012). Běžnými sinicemi, které tvoří vodní květ, jsou *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Plankthrothrix*, *Limnothrix* a *Anabaena* (Saad & Atia 2014, Pouličková 2011).

V dnešní době existuje nejvíce informací o planktonních sinicích. Publikací, které se zabývají bentickými sinicemi, není mnoho. Většinou se zabývají jejich toxiny či obecnými přehledy o těchto sinicích (Izaguirre et al. 2007, Mez et al. 1998, Quiblier et al. 2013). Bentické sinice žijí na nebo v substrátu či porůstají předměty ponořené ve vodě. Rozmanitost vodních ekosystémů a velikost organismů určuje typ habitatu, ve kterém bentické sinice nalezneme. Velmi důležitý je typ substrátu. Epiliton žije na těžkém a relativně inertním materiálu, jako jsou oblázky, kameny či štěrky. Epipsamon porůstá písčité substrát. Epifytické sinice rostou na rostlinách či větších sinicích nebo řasách a epipelické sinice (Kapitola 2.2) jsou na povrchu jemných sedimentů dna (Stevenson et al. 1996, Pouličková 2011). Mezi běžné druhy bentických sinic u nás řadíme např. rody *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Leptolyngbya* či *Lyngbya* (Kalina & Váňa 2005).

### **2.1.1.2 Terestrické prostředí**

Terestrické sinice se mohou nacházet v půdě, kde tvoří důležitou složku půdní biocenózy. Dále je nalezneme na vlhkých skalách, střeších, kamenech a kmenech stromů (Hoek 1996, Klaban 2011). Mezi hlavní faktory, které ovlivňují výskyt sinic v půdě, patří světlo, vlhkost, pH a minerální složení půdy (Stewart 1975). Sinice dosahují největší rozmanitosti nad pH 6. V silně kyselém prostředí se nevyskytují. Výjimku tvoří půdy v tropech, kde se spíše nacházejí v kyselejším prostředí, což souvisí s vysokým teplotním optimem sinic. Sinice vykazují toleranci k vysoké teplotě, která může dosahovat v případě termofilních druhů až 75 °C (Whitton & Potts 2000, Kalina & Váňa 2005). V půdě najdeme jak kokální tak i vláknité druhy, přičemž mnohem častější jsou druhy vláknité. Mezi terestrické sinice patří například rody

*Gloeocapsa*, *Scytonema*, *Stigonema*, *Aphanocapsa*, *Nostoc* a *Chroococcus* (Tripathi et al. 2007).

Zajímavým terestrickým prostředím, kde se mohou sinice také vyskytovat, jsou vápence. Vápenec je sedimentární hornina, skládající se převážně z uhličitanu vápenatého (>50% wt.) a dalších příměsí. V mírném pásu jsou na vápencích dominantní organismy lišejníky, zatímco v subtropích a tropech jsou na vápencích běžnější sinice. Nejčastěji je zde zastoupen druh *Tolypothrix byssoidea* (Whitton & Potts 2000). Několik druhů vyskytujících se na vápencích mají schopnost srážet uhličitan vápenatý a díky tomu hrajou důležitou roli při tvorbě horniny travertin (Nowicka-Krawczyk & Żelazna-Wieczorek 2013). Czerwik-Marcinkowska & Uher (2011) studovali vápencové sinice na lokalitě Szopczański Gorge v Polsku. Zjistili, že druhy *Nostoc microscopicum* a *Leptolyngbya foveolarum* rostou na vlhkých vápencových skalách a druhy *Phormidium favosum*, *Pseudanabaena catenata* a *Tolypothrix distorta* var. *Penicillata* byly na místech pravidelně vysušovaných. V České republice také najdeme na vápencích několik druhů sinic. Jsou to například druhy *Aphanocapsa muscicola*, *Leptolyngbya gracillima*, *Chlorogloea microcystoides*, *Chroococcus spelaeus*, *Gloeocapsa nigrescens*, *Nostoc microscopicum* a *Scytonema crustaceum* (Hauer 2007). Některé sinice jsou také zajímavé tím, že mohou ve svých pochvách usazovat uhličitan vápenatý a tím vytvářet tzv. stromatolity. Jsou to jedny z nejstarších geologických útvarů na světě, které vznikly nejenom působením sinic, ale i dalších mikroorganismů. V současnosti ještě můžeme nalézt zbytky kolonie stromatolitů u pobřeží Austrálie (Berelson et al. 2011, Němec & Matoulková 2015).

### 2.1.1.3 Extrémní stanoviště

Sinice jsou známy tím, že jsou schopné přežívat v extrémních podmínkách. Některé druhy jsou adaptované na život v horkých pouštích, kde teplota půdy může dosahovat až 60 °C a jediným zdrojem vody jsou dešťové srážky. V těchto podmínkách nalezneme například sinice rodu *Chroococcidiopsis* (Bahl et al. 2011, Harel et al. 2004).

Najdeme je i v termálních pramenech, kde teploty vody dosahují až 75 °C. Vyšší toleranci pro vysoké teploty už mají jen bakterie. První termofilní druh *Mastigocladus laminosus*, byl popsán v Karlových Varech v 19. století. Dlouhou dobu už probíhá výzkum termálních sinic v Yellowstone National Parku v USA (Klaban 2011, Pouličková 2011). Jejich geologickou roli v tomto parku zdůrazňoval ve svých studiích Weed (1889a, 1889b, 1889c, 1891). Výzkum v Yellowstone National Parku také prováděl Davis (1898), který zaznamenal růst sinice rodu *Phormidium* při teplotě 75 °C. V Yellowstone National Parku byly popsány druhy *Calothrix calida*

a *Calothrix Kuntzei*, kde druh *Calothrix calida* rostl za teploty 62,5 °C, což je pravděpodobně nejvyšší teplota kterou rod *Calothrix* toleruje (Copeland 1936). Další nové druhy *Plectonema yellowstonense*, *Oscillatoria Ulrichii*, *Symploca nemecii* a *Phormidium yellowstonense*, zde popsal i Prát (1929).

Sinice najdeme i na místech s vysokou koncentrací solí (až 200 ‰), zahrnující slaná jezera, hypersalinní sirné prameny a hypersalinní laguny. Sinice jsou zde adaptované nejen na hypersalinní prostředí, ale i na anaerobní prostředí s vysokou koncentrací sulfidů. V tomto prostředí dominují dva druhy sinic. Jsou to vláknitá sinice *Microcoleus chthonoplastes* a kokální druh *Aphanothece halophytica* (Whitton & Potts 2000).

Chladné polární oblasti jsou dalším biotopem, kde žijí sinice. Jsou zde spolu s řasami dominantními organismy, jelikož nemají konkurenci jiných fotoautotrofů. Často se zde vyskytují vláknité sinice rodu *Leptolyngbya*, *Phormidium*, *Oscillatoria* a *Szichothece*. Sinice se nachází po celé Antarktidě, kde vznikají makroskopické krusty a tenké biofilmy na povrchu púd a skal. Dále vytváří silné povlaky na dně jezer nebo mohou žít i uvnitř kamenů. Druhy, které zde byly nalezeny jsou například *Gloeocapsa cf. kuetzingiana*, *Phormidium autumnale*, *Ammatoidea normanni* a *Schizothrix calcicola* (Namsaraev et al. 2010, Comte et al. 2007). Komárek O. & Komárek J. (1999) prováděli výzkum sladkovodních a terestrických sinic a řas na jižních Shetlandských ostrovech na Antarktidě. Našli zde velké množství druhů sinic a řas, jak v terestrickém, tak ve vodním prostředí. Zaznamenali i velké množství endemických druhů. Vyskytovaly se zde například druhy *Nostoc commune*, *Leptolyngbya borchgrevinkii*, *Leptolyngbya antarctica* a *Phormidium pseudopristleyi*.

### 2.1.2 Symbióza

Symbióza nebo také symbiotická interakce, je charakterizována jako úzké soužití dvou a více organismů. Tento vztah může být pro organismy výhodný (mutualismus), ale může být i negativní a přecházet až v parazitismus. Sinice vytváří celou řadu symbiotických interakcí, zahrnující rostliny, houby či řasy. Symbiotické sinice jsou často vláknité a obsahují heterocyty, díky kterým fixují dusík a obohacují jím svého hostitele. Symbionty neschopné fotosyntézy sinice obohacují uhlíkem. Naopak hostitel může chránit sinice před vysycháním, predací či vysokou intenzitou světla (Adams & Duggan 2008, Whitton & Potts 2000).

Nejnámější asociace mezi mykobiontem a fotobiontem je lišejník, kde mykobiont je houbový organismus a fotobiont sinice nebo řasa. Sinice jsou fotobionty asi jen v 8 % případů, převažují zástupci řas. Mykobionti jsou převážně zástupci vřeckovýtrusných hub a většinou

nejsou schopni samostatné existence, což je rozdíl oproti fotobiontům, kteří patří mezi samostatně se vyskytující druhy sinic a řas. Nejčastějším rodem sinice v lišejnících je *Nostoc*. Dalšími rody, které utváří lišejník, jsou například *Calothrix*, *Scytonema*, *Gloeocapsa*, *Chroococcus* a *Fischerella* (Paulsrud & Lindblad 1998, Klaban 2011).

Další známou interakcí sinice je symbióza kapradiny *Azolla* se sinicí rodu *Trichormus*. Tato interakce se využívá při pěstování rýže. *Azolla* se sází na rýžová pole, kde je infikována touto sinicí, která fixuje dusík a ten je poté asimilován a vypouštěn do vody. Díky tomuto jsou rýžová pole obohacována dusíkem (Whitton & Potts 2000, Baker et al. 2003).

V tropických a subtropických mořích je hojná sinice *Richelia intracellularis*, která je v symbióze s rozsivkami (Janson et al. 1999). Je známá i symbióza vláknité sinice *Oscillatoria spongeliae*, která byla nalezena v mořské houbě *Dysidea* spp. (Thacker & Starnes 2003).

### **2.1.3 Trofie, eutrofizace, saprobita**

V dnešní době lidská společnost produkuje obrovské množství látek, čímž negativně ovlivňuje životní prostředí. Jedná se hlavně o narůstající koncentraci odpadních látek v podobě nutrientů v povrchových vodách, což má za následek zvyšování jejich trofie. Trofie neboli úživnost, vyjadřuje obsah chemických látek ve vodách, a to převážně forem dusíku a fosforu (Adámek et al. 2010, Kočí et al. 2000). V publikacích mohou být rozdíly v dělení vod v souvislosti s koncentrací živin, nejčastěji se však dělí na oligotrofní, mesotrofní, eutrofní a hypertrofní (Pouličková 2011). Podrobnější rozdělení vod podle úrovně trofie je v tabulce 1. Oligotrofní vody mají nízký obsah živin, mesotrofní jsou středně úživné a eutrofní vody mají vysoký obsah živin a vykazují silnou organickou produkci. Dusík a fosfor jsou základními prvky pro výživu sinic a řas. Podíl N:P, potřebný pro optimální růst a vývoj sinic a řas je 100:1. Limitujícím prvkem ve vodách je tedy fosfor, který při zvyšující se koncentraci zvyšuje produkci sinic a řas. Ve vodách se může fosfor nacházet v různých formách. Jsou to převážně jednoduché či komplexní orthofosforečnany a polyfosforečnany. Pro autotrofní organizmy je důležitý biologicky využitelný fosfor, který dokáže asimilovat ve formě orthofosforečnanů. Do vod se fosfor dostává přirozenou i antropogenní činností. Příkladem přirozeného zdroje je vymývání z geologického podloží či biologická hmota ve vodách. Častěji, ale hlavním zdrojem bývá lidská činnost. Fosforečnany se dostávají do vod díky nadměrnému používání umělých hnojiv a z odpadních vod (Kočí et al. 2000, Pouličková 2011).

Tab. 1 Kategorizace trofie (Adámek et al. 2010).

Úroveň trofie	Celkový fosfor [ $\mu\text{g.l}^{-1}$ ]
ultra-oligotrofní	< 4,3
oligotrofní	7,0-11,6
oligo-mesotrofní	11,6-19,1
mesotrofní	19,1-31,5
meso-eutrofní	31,5-51,9
eutrofní	51,9-85,6
eu-polytrofní	85,6-141,2
polytrofní	141,2-383,8
hypertrofní	> 383,8

Proces znečištění vod živinami neboli eutrofizace je čím dál tím větším problémem po celém světě, jelikož vede k nežádoucím změnám struktury a funkce ekosystémů (Smith et al. 1999). Typickým projevem eutrofizace je hromadný rozvoj autotrofních organismů. I když je eutrofizace do určité míry proces přirozený, hlavní roli hraje znečišťování díky lidské činnosti. Dusík a fosfor se do vod dostávají splachy z orných půd, z komunálních odpadních vod či využíváním umělých hnojiv (Hindák et al. 1978, Poulíčková 2011).

Důležitým údajem při biologických rozborech vod je saprobita, neboli stupeň organického rozkladu. Saprobita je charakterizována složením a funkcí společenstva (saprobiontů). Ve vodách se rozlišuje několik stupňů saporobity od nejčistších vod až po silně znečištěné. Je to xenosaprobita, oligosaprobita, betamezosaprobita, alfamezosaprobita a polysaprobita (Tab. 2) (Hindák 1978). Pro vyjádření znečištění ve vodě se používá tzv. saprobní index podle Pantleho a Bucka (1955).

Vzorec pro výpočet saprobního indexu (S):

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n S_i h_i g_i}{\sum_{i=1}^n h_i g_i}$$

$S_i$ ....saprobní index druhu       $h_i$ ....abundance druhu       $g_i$ ....indikační hodnota organismu

Tab. 2 Hodnoty saprobního indexu pro jednotlivé stupně saprobity (Pantle & Buck 1955).

saprobity	saprobní index
xenosaprobity	$S \leq 0,5$
oligosaprobity	$0,5 < S \leq 1,5$
betamezosaprobity	$1,5 < S \leq 2,5$
alfamezosaprobity	$2,5 < S \leq 3,5$
polysaprobity	$3,5 < S$

## 2.2 Epipelická společenstva

Epipelické druhy žijí na jemnozrných substrátech nebo v asociaci s nimi. Z geologického hlediska jsou epipelické druhy důležité, jelikož se nachází na rozhraní mezi sedimenty a vodou a tím ovlivňují dynamiku proudění i tvorbu struktury sedimentu (Noffke et al. 2002). V ekosystému zastává epipelické společenstvo důležité funkce, jako je biostabilizace substrátu, primární produkce a regulace biogeochemického cyklu (Pouličková et al. 2008a). Studium epipelických společenstev ve sladkovodních ekosystémech na území Velké Británie provedl Round (1953, 1957, 1961, 1972), který navrhl jednoduchou a efektivní metodu pro kvalitativní vzorkování epipelonu. V České Republice, tuto metodu jako první použili ve své studii Lysáková et al. (2007), kteří vzorkovali šestnáct lokalit na střední Moravě, kde objevili 130 druhů rozsivek. Epipelické sinice jsou dlouho přehlíženou skupinou a o jejich ekologii je málo informací. Více studií (Lysáková et al. 2007, Pouličková et al., 2008b, Špačková et al. 2009) o epipelických druzích je zaměřeno převážně na rozsivky.

Společenstva epipelických organismů ve sladkovodních vodách jsou zastoupeny rozsivkami, zelenými řasami, sinicemi, krásnoočky, obrněnkami a skrytěnkami. V mesotrofních vodách pak dominují rozsivky a v eutrofních sinice, krásnoočka a zelené řasy (Lysáková et al. 2007, Pouličková et al. 2008a). Epipelon sladkovodních ekosystémů žije v poměrně malých uzavřených biotopech, což je rozdíl oproti mořským druhům. Díky tomu si sladkovodní epipelická společenstva vyvinula několik adaptací, které jim usnadní reprodukci a přežívání v extrémních a nepříznivých podmínkách. Jednou z těchto důležitých adaptací je pohyblivost, která jim umožňuje migrovat vertikálně v rámci sedimentů. Tato migrace je obvykle řízena světlem a nutričními požadavky a byla pozorována buď v cirkadiálních či diurnálních rytmech. Epipelické druhy tak v noci vertikálně migrují v rámci sedimentů a ve dne se vrací zpět na povrch.

Epipelická společenstva mělkých vod jsou vysoce rozmanitá, k čemuž pravděpodobně velmi přispívá jejich pohybová strategie a prostorové umístění na rozhraní sedimenty-voda. Další vlastností epipelických druhů je také vylučování slizu, který je důležitý jak pro ochranu, tak i pro jejich pohyb (Poulíčková et al. 2008a). Na dnech nádrží najdeme nejenom epipelické druhy, ale i klidová stádia a usazené buňky planktonních sinic a řas. Distribuci mikroorganismů na dně nádrží ovlivňuje několik faktorů. Jsou to hlavně environmentální změny, teplota, světlo, kyslík a chemické gradienty (Hašler et al. 2008).

V epipelických společenstvech ve sladkovodních stojatých vodách jsou ze skupiny sinic nejčastěji zastoupeny rody *Komvophoron*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Pseudanabaena* a *Geitlerinema* (Hašler & Poulíčková 2010, Hašler et al. 2012). V roce 2014 byl také popsán nový druh vláknité epipelické sinice pojmenované *Johanseninema constrictum* (Hašler et al. 2014a, Hašler et al. 2014b).

### 2.2.1 Vybrané rody epipelických sinic

*Oscillatoria* Vaucher ex Gomont 1892 je polyfyletický rod, řazen do řádu Oscillatoriales a čeledi *Oscillatoriaceae* (Komárek et al. 2014, Ishida et al. 2001). Česky se tomuto rodu říká drkalka, díky typickému drkavému pohybu (Kalina & Váňa 2005). Anagnostidis a Komárek (1988) udělali revizi a rozdělili rod *Oscillatoria* do několika nových rodů. Jsou to například rody *Limnothrix*, *Planktothrix* a *Leptolyngbya*. Je to běžný rod sinic, žijící v planktonu či epipelonu. Rod *Oscillatoria* obvykle nemá slizovou pochvu. Buňky bez aerotopů, válcového nebo diskoidního tvaru a jsou také vždy kratší než širší. Vlákná má rovná či zahnutá. Převážně se vyskytují v koloniích, vzácně jednotlivě (Kesarwani et al. 2015, Hoek et al. 1996). Zástupci jsou například *Oscillatoria limosa*, *Oscillatoria salina* a *Oscillatoria princeps* (Komárek & Anagnostidis 2005, Gupta & Agrawal 2006, Kumar et al. 1986).

*Phormidium* Kützing ex Gomont 1892, je široce rozšířený a rozmanitý rod sinic (Loza et al. 2013). Je to polyfyletický rod, který je problematický a komplikovaný při určování. Díky modernějším analýzám se zjistilo, že část druhů se řadí do čeledi *Oscillatoriaceae*, avšak velké množství druhů patří do skupiny *Microcoleaceae*. Do čeledi *Microcoleaceae* se řadí například i velmi rozšířený druh *Phormidium autumnale* (Komárek et al. 2014). Díky molekulárním metodám se tento druh zařadil do rodu *Microcoleus* a je nově pojmenován jako *Microcoleus autumnalis* (Strunecký et al. 2013). Další rody, které nově vznikly díky molekulárním, analýzám, jsou například *Oxynema*, *Ammassolinea* či *Kamptonema* (Martins et al. 2016). Rod *Phormidium* má rovná nebo mírně ohnutá vlákna. Buňky bez aerotopů jsou mírně kratší nebo



delší než široké nebo mohou být izodiametrické. Koncové buňky jsou zaoblené, zúžené nebo špičaté, někdy i s kalyptrou (Komárek & Anagnostidis 2005). Tento rod je zastoupen jak ve stojatých, tak i v tekoucích vodách, kde často vytváří pevné a husté porosty, stmelené rozplývavými slizovými pochvami. Běžným zástupcem je *Phormidium autumnale*, který má výraznou morfologickou variabilitu (Babula 2009). Tento druh byl dokonce označen za nejrozšířenější sinici na světě (Palinska & Marquardt 2007). Dalšími druhy jsou například *Phormidium chalybeum*, *Phormidium animale*, *Phormidium tergestinum* a *Phormidium simplicissimum* (Anagnostidis & Komárek 1988).

*Komvophoron* je polyfyletický rod, který Anagnostidis & Komárek (1988) oddělili z podobného rodu *Pseudanabaena*. Tento rod rozdělili na dva podrody: *Komvophoron* subg. *Alyssophoron* Anagnostidis et Komárek 1988 (čeleď *Pseudanabaenaceae*) a *Komvophoron* Anagnostidis et Komárek 1988 (čeleď *Gomontiellaceae*). Rod *Komvophoron* je spíše přehlížen, není zatím moc dostupných molekulárních dat, také z toho důvodu, že je odolný vůči konvenčním kultivačním metodám (Hallenbeck 2017). Má kulovité nebo soudečkovité buňky, bez aerotopů. Vlákna jsou rovná nebo mírně zvlněná či obloukovitá. Také ve většině případů krátká, obvykle s 30-50 buňkami (Anagnostidis & Komárek 1988, Hašler & Pouličková 2010). Žije osamoceně na písčitém nebo bahnitěm dně jezer, malých vodních nádrží a potoků nebo i na rostlinách. V planktonu je velmi zřídka. Jsou známé i dva druhy z termálních pramenů. Výskyt rodu *Komvophoron* je ovlivňován kvalitou sedimentu, zejména poměry bahna a organického detritu. Příkladem zástupců jsou druhy *Komvophoron minutum* či *Komvophoron hindakii* (Hašler & Pouličková 2010).

*Pseudanabaena* Lauterborn 1915, je rod sinic patřící do řádu Synechococcales a čeledi *Pseudanabaenaceae*. Nedávné studie (Acinas et al. 2009, Yu et al. 2015, Dvořák et al. 2015a) zjistily, že je tento rod polyfyletický. Evolučně je tento rod příbuzný s planktonní sinicí *Limnothrix redekei*. Zahrnuje drobné sinice, žijící ve sladkovodních a brakických ekosystémech. I přesto, že se vyskytuje v mnoha různých habitatech, má tento rod sinic málo pozornosti a existují jen omezené údaje a charakteristiky. Vlákna jsou tenká, obvykle do 4 µm. Buňky jsou cylindrického tvaru a často jsou delší než širší, někdy jsou isodiametrické. Žije planktonním či bentickým způsobem života. Běžným druhem je například *Pseudanabaena catenata* (Acinas et al. 2009, Kling & Watson 2003, Hallenbeck 2017).

### 2.2.2 Rybník jako biotop pro epipelické sinice

V České republice mají rybníky dlouhou tradici. Představují zde nečastější typ stojaté vody a nahrazují velké množství zaniklých mokřadů. Celkově zaujímají plochu 510 km<sup>2</sup>. Rybník je unikátní vodní ekosystém a tvoří významnou součást krajiny. Je to člověkem vytvořená mělká nádrž, s velkým podílem litorálu. Nalezneme je v několika zemích Evropy. Jsou to například Německo, Francie, Polsko, Rakousko, Maďarsko, Chorvatsko či Rusko (Pouličková 2011, Špačková et al. 2009, Lysáková et al. 2007, Potužák & Duras 2012). V České Republice je největším rybníkem se 642 ha Rožmberk a nejhlubším se 16 m je rybník Staňkovský (Pouličková 2011).

Rybníky v našich podmínkách jsou polymiktické, což znamená, že jsou míchány větrem a dochází k prohřátí celého vodního sloupce. Typ obhospodařování má velký vliv na biotu. Ovlivňuje ji hlavně vypouštění rybníka a rybí obsádka. V rybnících jsou bentická společenstva většinou dobře vyvinutá. Převažuje zde epipelon a epifyton, oproti tomu epiliton moc dobře rozvinut není, jelikož kameny jako substrát většinou chybí. Rozvoj bentických sinic a řas je ovlivněn světlem a trofíí. Jedna z funkcí rybníku je zadržovat živiny a to hlavně fosfor. Tato schopnost, je ale u spousty rybníků snižená, díky jejich eutrofnímu až hypertrofnímu stavu. Rybník tedy není schopen fosfáty zadržovat a v letních měsících je uvolňuje a tímto vzniká riziko eutrofizace celého navazujícího povodí. V eutrofních rybnících v nárostech dominují společenstva rozsivek, zelených řas, sinic, krásnooček a skrytěk. Naopak v oligotrofních rybnících najdeme zlativky, zelené řasy a rozsivky (Pouličková 2011, Potužák & Duras 2012).

Epipelická společenstva sinic v rybnících jsou zkoumána minimálně (Lysáková et al. 2007, Špačková et al. 2009). Zkoumání společenstev rybníků je převážně zaměřeno na fytoplankton a to hlavně v rybnících s chovem ryb v jižních částech České Republiky, jako je oblast Třeboňska a Lednice. Planktonní společenstva během vegetačního období v Lednických rybnících studovali například Kopp & Sukop (2012). Dominantními rody sinic zde byly *Aphanizomenon*, *Microcystis* a *Anabaena*. Zajímavá zde byla vyšší abundance druhu *Plaktothrix agardhii* a rodu *Anabaenopsis*, jelikož se v minulosti v rybnících moc nevyskytovaly.

### **3. Cíle práce**

1. Sběr padesáti vzorků sedimentů stojatých vod v okolí Olomouce.
2. Izolace epipelických sinic metodikou podle Rounda (1953) a vyhodnocení struktury společenstva.
3. Vyhodnocení vztahu struktury společenstev sinic, sedimentu, geografické polohy a přítomnosti lokálních zdrojů znečištění.

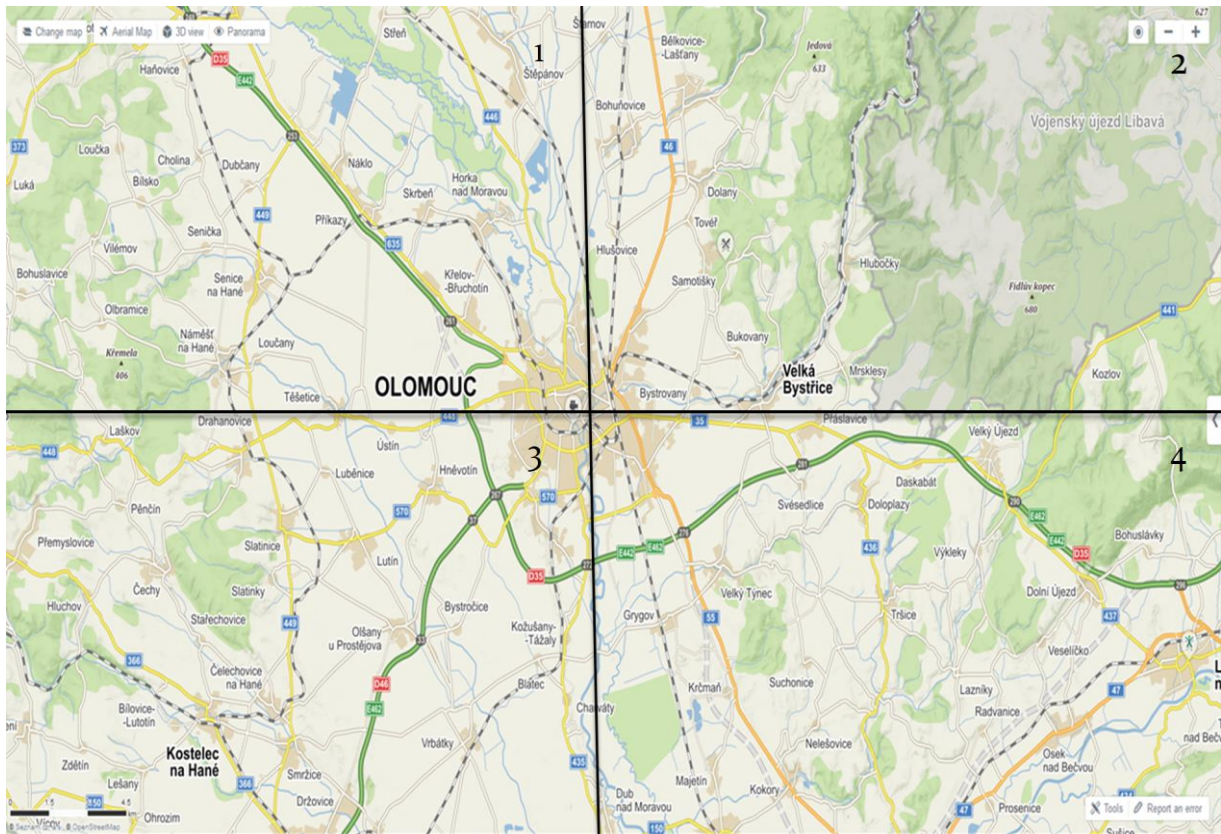
## **4. Materiály a metody**

### **4.1 Popis území sběru**

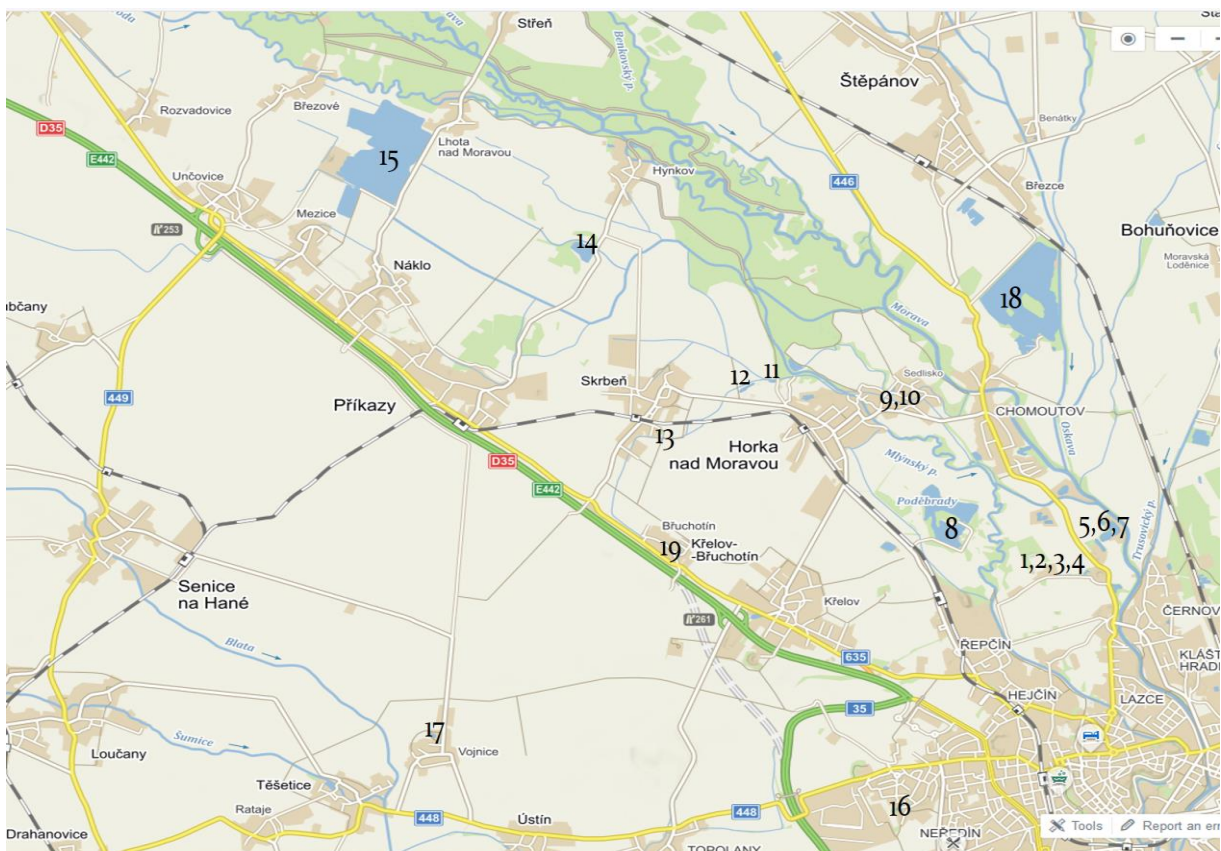
Okres Olomouc se nachází na východě České republiky, v severní části Hornomoravského úvalu, kterým protéká řeka Morava a její přítoky (Poprach 1996, Krajská správa ČSÚ v Olomouci). Z celkem pěti okresů Olomouckého kraje se 1620 km<sup>2</sup>, je tento okres největší (Krajská správa ČSÚ v Olomouci). Nejnižším bodem je řeka Morava u Věrovan (201 m.n.m) a nejvyšší bod okresu se nachází na Fidlově kopci v Odérských vrších (680 m.n.m.) (Poprach 1996). Na severu sousedí s okresy Šumperk, Bruntál a Opava. Východní hranice okresu Olomouc se nachází vedle okresu Nový Jičín. Na jihu sousedí okres Přerov a okres Prostějov a na západě nalezneme okres Svitavy. Největším rybníkem v okrese je se 60 ha Šumvaldský rybník. Zemědělská půda zabírá z celkové plochy okresu 53,6% a nezemědělská 46,4%. Významnou část tvoří i lesní pozemky s 30,1 % z celkové plochy (Krajská správa ČSÚ v Olomouci). V roce 1990 byla v úvalové části okresu vyhlášena chráněná krajinná oblast Litovelské pomoraví o rozloze 96 km<sup>2</sup> (Poprach 1996). Na severovýchodě okresu se nachází druhý největší vojenský újezd v České republice Libavá, o rozloze 327,2 km<sup>2</sup>. Podnebí v okrese Olomouc je příznivé a je zde teplé klima. Průměrná roční teplota je 10 °C a průměrný roční úhrn srážek je 500 – 600 mm. Tyto klimatické údaje jsou z roku 2016 a byly naměřeny českým hydrometeorologickým ústavem. Okres Olomouc se skládá z 96 obcí, mezi které řadíme šest měst a tři městysy. Trvalé bydliště zde má přes 230 000 obyvatel (Krajská správa ČSÚ v Olomouci).

### **4.2 Lokality**

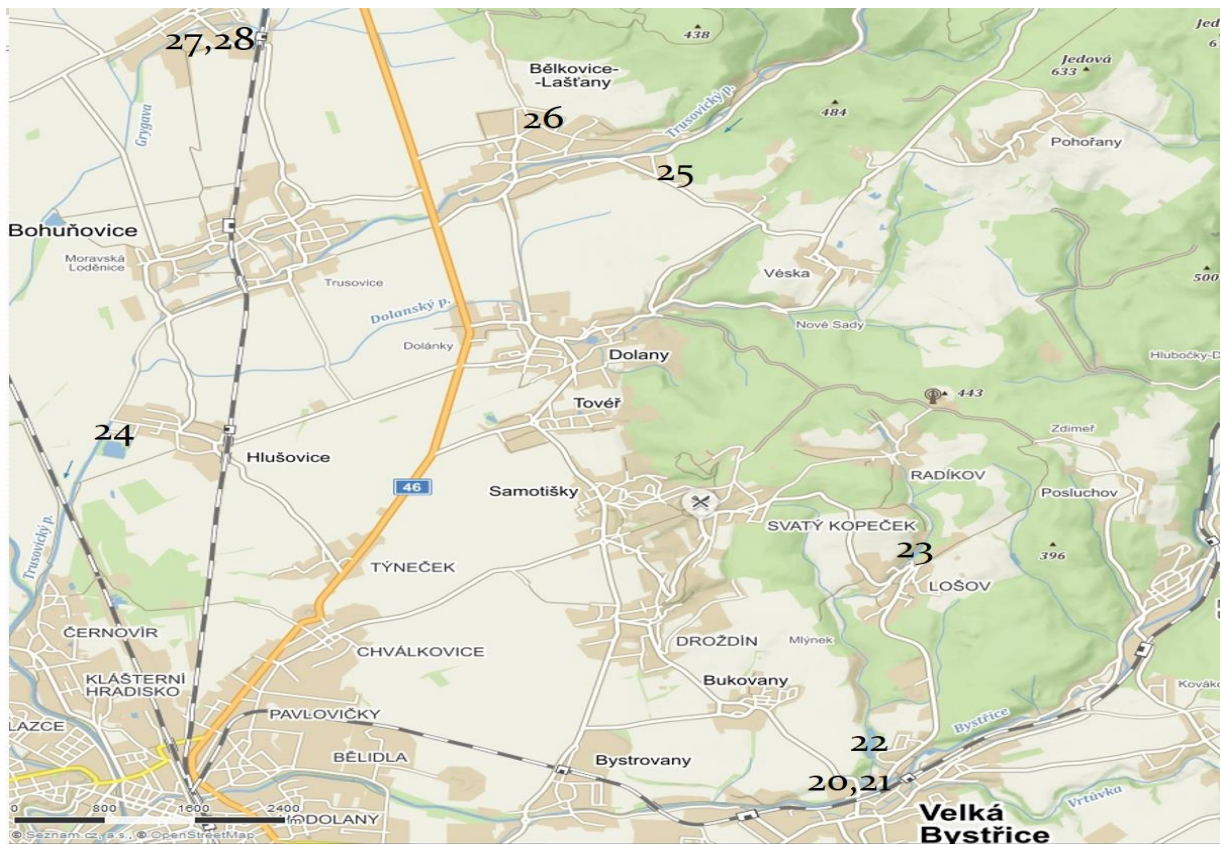
Vzorky sedimentů jsem sbírala na padesáti lokalitách (Přílohy 1-50) v Olomouci a jejím okolí do cca 10 km (Obr. 2,3,4,5 a Tab. 3). Sediment jsem odebírala ve stojatých vodách, z nichž většina byly rybníky. Olomouc a okolí jsem si rozdělila na čtyři kvadranty (Obr. 1), které poté budou sloužit k vyhodnocení výsledků.



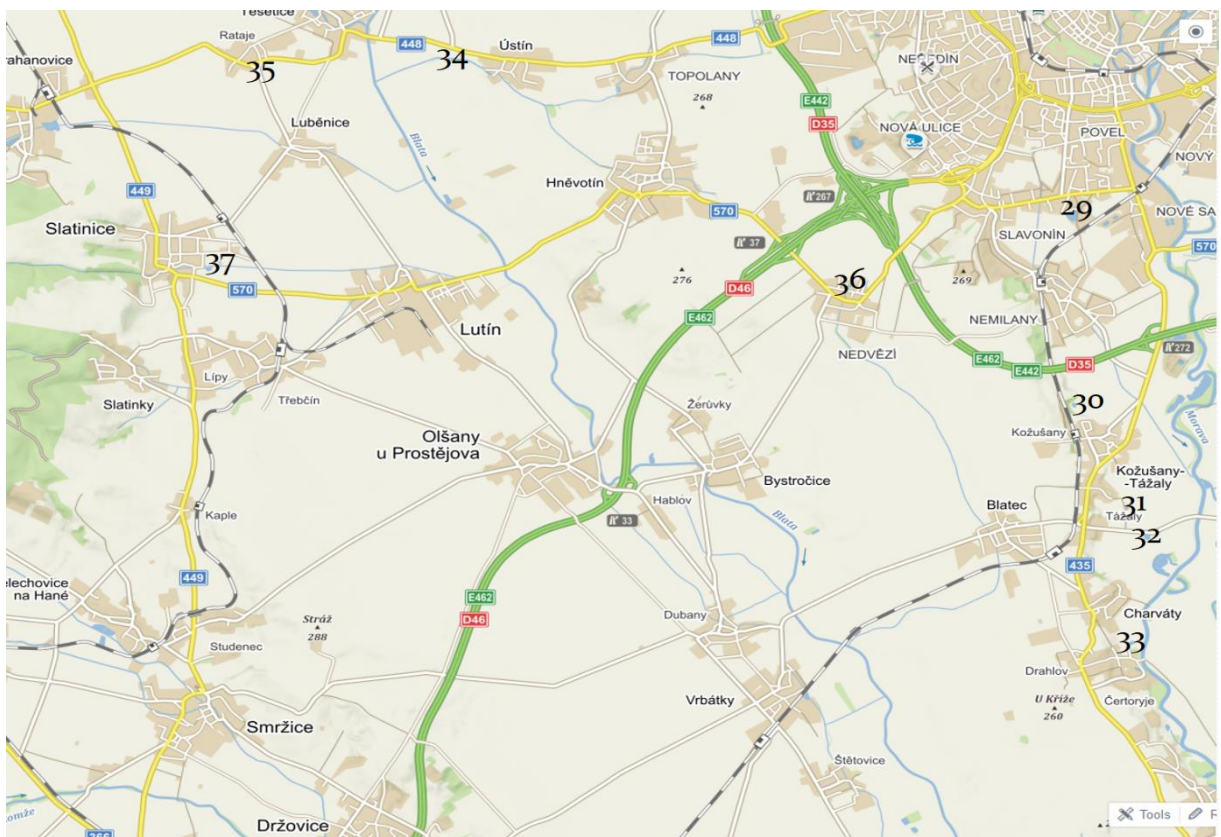
Obr. 1 Kvadranty Olomouce a okolí.



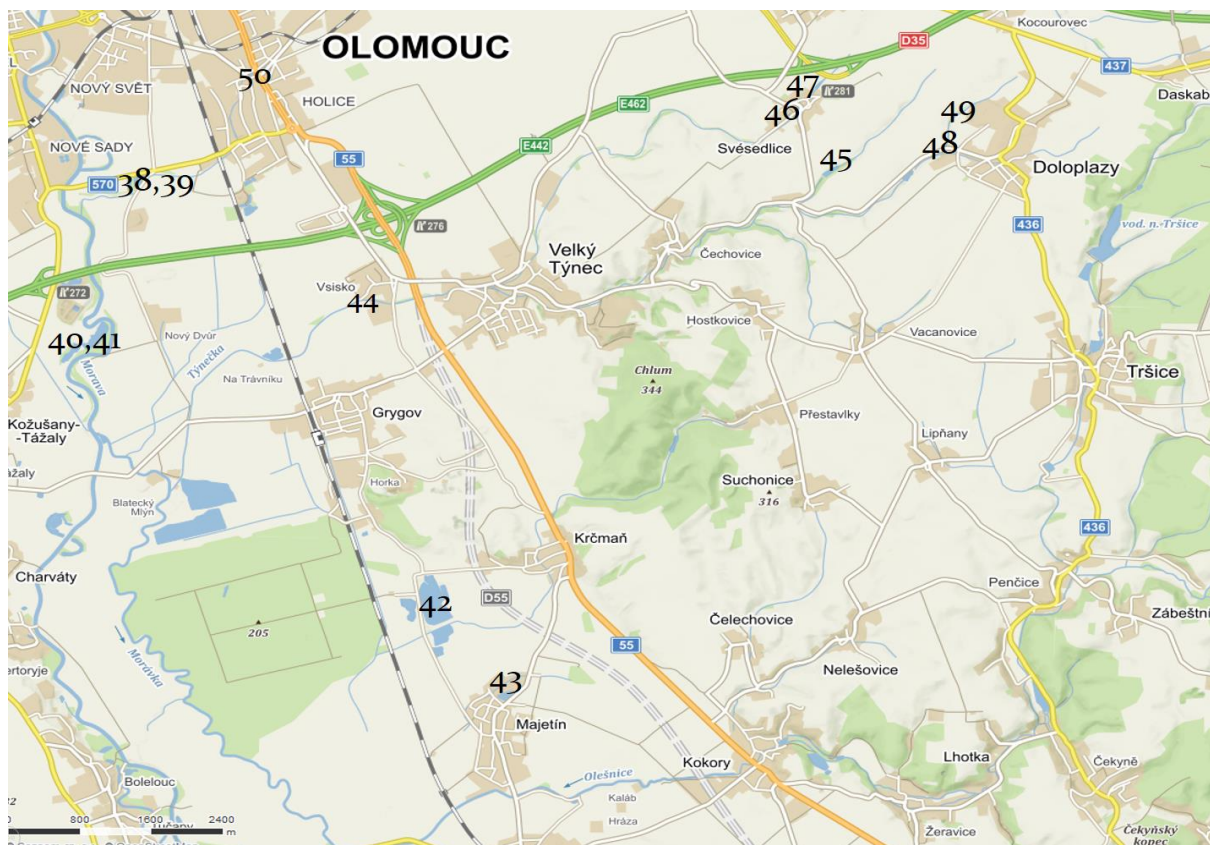
Obr. 2 Lokality v kvadrantu 1.



Obr. 3 Lokality v kvadrantu 2.



Obr. 4 Lokality v kvadrantu 3.



Obr. 5 Lokality v kvadrantu 4.

Tab. 3 Studované lokality.

	<b>Lokalita</b>	<b>GPS</b>	<b>Kvadrant</b>
1	Černovír - vojenský rybník1	49.6198608N, 17.2480272E	1
2	Černovír - vojenský rybník2	49.6194717N, 17.2486281E	1
3	Černovír- vojenský rybník3	49.6193675N, 17.2472547E	1
4	Černovír - vojenský rybník4	49.6194128N, 17.2448192E	1
5	Černovír - zahrádky1	49.6236178N, 17.2500656E	1
6	Černovír - zahrádky2	49.6241128N, 17.2510314E	1
7	Černovír - zahrádky3	49.6233553N, 17.2481614E	1
8	Poděbrady	49.6277944N, 17.2253333E	1
9	Horka nad Moravou1	49.6425636N, 17.2161250E	1
10	Horka nad Moravou2	49.6419106N, 17.2156744E	1
11	Sluňákov1	49.6436197N, 17.1963839E	1
12	Sluňákov2	49.6426056N, 17.1916633E	1
13	Skrbeň	49.6372764N, 17.1782469E	1
14	Ohrady	49.6598481N, 17.1654122E	1
15	Náklo	49.6718397N, 17.1323061E	1
16	Neředín	49.5904494N, 17.2169972E	1
17	Vojnice	49.5993450N, 17.1406583E	1
18	Chomoutovské jezero	49.6567958N, 17.2380211E	1
19	Břuchotín	49.6224708N, 17.1791964E	1
20	Velká Bystřice1	49.5970239N, 17.3592467E	2

21	Velká Bystřice2	49.5977608N, 17.3598475E	2
22	Velká Bystřice3	49.6008067N, 17.3605342E	2
23	Lošov	49.6242306N, 17.3658822E	2
24	Hlušovice	49.6364161N, 17.2672039E	2
25	Bělkovice1	49.6682781N, 17.3357828E	2
26	Bělkovice2	49.6750547N, 17.3192175E	2
27	Štarnov1	49.6846019N, 17.2845203E	2
28	Štarnov2	49.6866775N, 17.2849708E	2
29	Hamrys	49.5677000N, 17.2494161E	3
30	Žabák	49.5438731N, 17.2497908E	3
31	Močidlo	49.5310133N, 17.2586208E	3
32	Kaluhy	49.5273853N, 17.2618072E	3
33	Charvátý	49.5140339N, 17.2594150E	3
34	Ústín	49.5870947N, 17.1458083E	3
35	Rataje	49.5864861N, 17.1140508E	3
36	Nedvězí	49.5589169N, 17.2127456E	3
37	Slatinice	49.5609908N, 17.1060900E	3
38	Holice1	49.5641956N, 17.2758631E	4
39	Holice2	49.5642650N, 17.2768931E	4
40	Nemilany1	49.5447053N, 17.2674100E	4
41	Nemilany2	49.5453297N, 17.2702997E	4
42	Grygov	49.5147986N, 17.3218631E	4
43	Majetín - Hliník	49.5038200N, 17.3346644E	4
44	Vsisko	49.5506064N, 17.3125869E	4
45	Svésedlice1	49.5651781N, 17.3851997E	4
46	Svésedlice2	49.5718300N, 17.3789769E	4
47	Svésedlice3	49.5754478N, 17.3834831E	4
48	Doloplazy1	49.5675092N, 17.4023444E	4
49	Doloplazy2	49.5719203N, 17.4050911E	4
50	Holice3	49.5767369N, 17.2943811E	4

Tab. 4 Možné zdroje znečištění a typ sedimentu na lokalitách.

Lokalita	sediment	kanalizace	zástavba	pole	továrna
1	bahno	-	-	✓	-
2	mix	-	-	✓	-
3	mix	-	-	✓	-
4	mix	-	-	✓	-
5	bahno	-	✓	✓	-
6	písek	-	✓	✓	-
7	bahno	-	✓	✓	-
8	písek	-	-	-	-
9	mix	-	✓	✓	-
10	bahno	✓	✓	✓	-
11	bahno	-	-	✓	-

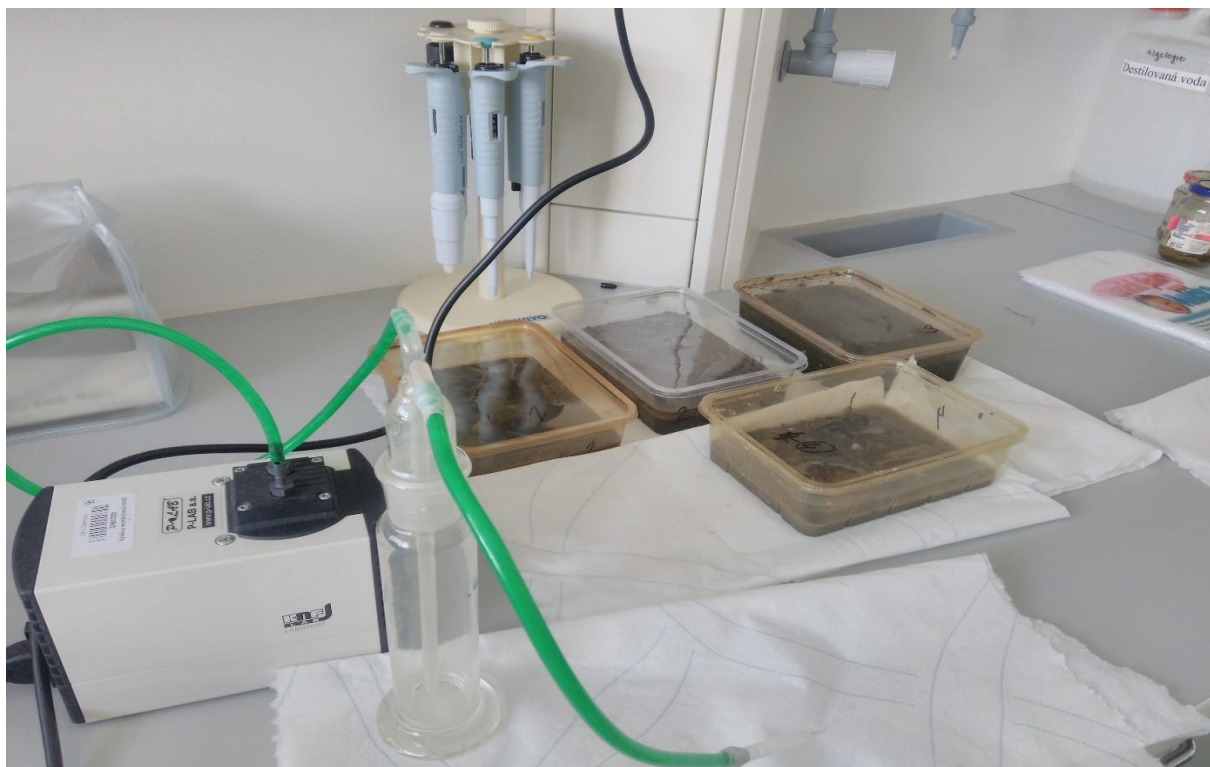


12	mix	-	-	-	-
13	bahno	-	✓	-	-
14	mix	-	-	✓	-
15	písek	-	-	-	-
16	bahno	✓	✓	-	-
17	mix	✓	✓	-	-
18	mix	-	-	✓	-
19	mix	✓	✓	-	-
20	mix	✓	✓	-	-
21	bahno	-	✓	-	-
22	mix	-	-	-	-
23	mix	-	✓	-	-
24	mix	-	-	✓	-
25	bahno	✓	✓	-	-
26	bahno	-	✓	-	-
27	bahno	-	-	-	-
28	mix	-	-	-	-
29	mix	-	✓	-	-
30	mix	-	-	✓	-
31	bahno	✓	-	✓	-
32	bahno	✓	-	-	-
33	mix	-	-	-	-
34	bahno	✓	-	✓	-
35	bahno	-	✓	-	-
36	bahno	✓	✓	-	-
37	bahno	✓	✓	-	-
38	bahno	-	-	✓	-
39	mix	-	-	✓	-
40	bahno	-	-	✓	-
41	bahno	-	-	✓	-
42	písek	-	-	✓	✓
43	mix	✓	✓	-	-
44	bahno	✓	✓	✓	-
45	bahno	-	-	✓	-
46	bahno	✓	✓	✓	✓
47	bahno	-	✓	✓	-
48	bahno	-	✓	-	-
49	bahno	-	-	✓	-
50	bahno	✓	✓	-	-

Legenda: ✓ přítomné znečištění, - nepřítomné znečištění, mix – smíšený sediment (bahno, písek, kamínky).

### 4.3 Postup práce a vyhodnocení dat

Padesát vzorků sedimentů jsem sbírala v období od května do října 2017. Sledovala jsem typ sedimentu a okolí studované lokality (Tab. 4), a to především znečištění v podobě kanalizace, přítomnosti pole, zástavby či továrny. Pro sběr a zpracování vzorků jsem použila metodu Rounda (1953). Pomocí odběrové tyče dlouhé 1 m, jsem odebírala vzorky sedimentu do plastových 5 l nádob. Tyto nádoby jsem vždy zaplnila zhruba do poloviny. Dále jsem je popsalá názvem lokality a datem sběru. Odebrané vzorky jsem vzápětí dovezla do algologické laboratoře katedry botaniky na Přírodovědecké fakultě v Olomouci. V laboratoři jsem vzorky přemístila do plastových vaniček, kde vzorky sedimentovaly do druhého dne (20-24 hodin). Druhý den jsem odsála vodu pomocí membránové vývěvy N86, P-LAB a.s. (Obr. 6). Po odsátí vody jsem na povrch sedimentu položila bavlněnou látku - separační plenky Anička, Radim Susser – firma Šindelář, na kterou jsem rozmístila deset mikroskopických sklíček. Tyto nádoby jsem poté nechala za laboratorních podmínek do dalšího dne (20-24 hodin). Sinice ze sedimentu migrují na povrch a zachycují se na povrchu krycího sklíčka. Následující den jsem sinice pozorovala a určovala pod mikroskopem Olympus CHK-F-GS. Jako determinační literaturu jsem použila Komárek & Anagnostidis (1998) a Komárek & Anagnostidis (2005). Pro statistické vyhodnocení výsledků jsem použila program CanocoDraw.



Obr. 6 Membránová vývěva a vzorky sedimentu.

## 5. Výsledky

Na padesáti lokalitách jsem našla celkem 31 druhů sinic, z toho 22 druhů vláknitých sinic (Tab. 5) a 9 druhů kokálních sinic (Tab. 6). Ve všech vzorcích jsem také nacházela velké množství řas, především rozsivky. Mimo jiné byli také na většině lokalit zástupci z rodu *Euglena* a *Beggiatoa*, což naznačuje větší eutrofní zátěž stojatých vod v okolí Olomouce. Z vláknitých sinic se nejvíce vyskytovaly druhy *Pseudanabaena catenata*, *Geitlerinema amphibium*, *Johanseninema constrictum* a rod *Phormidium*. Z kokálních sinic jsem nejčastěji našla sinici *Microcystis aeruginosa*. Na čtrnácti lokalitách jsem zaznamenala výskyt *Planktothrix agardhii*, která je sice planktonním druhem, ale má i své bentické formy. Druhově nejbohatší lokalita byl rybník Hliník v obci Majetín, kde jsem našla 13 druhů sinic. Objevila jsem zde i vzácně se vyskytující kokální sinici *Panus spumosus*. Naopak nejméně druhů bylo na lokalitách Sluňákov (lokalita 11), Ohrady (lokalita 14) a Horka nad Moravou (lokalita 9), kde jsem našla pouze po jednom druhu.

Stojaté vody v Olomouci a okolí jsou různorodé. Makrofyta jsou nejčastěji zastoupena druhem *Phragmites australis* a rodem *Typha*. Časté jsou na břehu i rody *Salix* a *Betula* či jiné druhy listnatých stromů. Na několika lokalitách byla hladina zcela pokryta druhy *Lemna minor* nebo *Nuphar lutea*. Nejvíce stojatých vod je na severu Olomouce, kde se například nachází přírodní koupaliště Poděbrady, Chomoutovská jezera a pískovna Náklo. Poděbrady a Náklo jsou dvě ze čtyř lokalit, které měly písčité sediment. Nejvíce se na lokalitách vyskytuje bahnitý sediment (27 lokalit). Smíšený sediment je na devatenácti lokalitách.

Tab. 5 Nalezené druhy vláknitých sinic. Lokality jsou uvedené v Tab. 3.

<b>Sinice</b>	<b>Lokalita</b>
<i>Anabaena circinalis</i>	5,6,7,8,26,31,33,38,43
<i>Anabaenopsis milleri</i>	43
<i>Arthrospira jenneri</i>	1,5,41
<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>	43,26
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	17,19,45
<i>Geitlerinema amphibium</i>	1,2,3,4,7,16,17,18,19,20,21,22,24,25,26,31,32,34,36,37,40,43,45,46,47,49,50
<i>Johanseninema constrictum</i>	1,5,7,8,12,18,23,31,32,34,36,37,38,41,42,44,45,46,47,49
<i>Komvophoron minutum</i>	1,7,26,29,50
<i>Oscillatoria limosa</i>	1,2,7,12,13,16,18,30,40,42,44,45,47,48,50
<i>Oscillatoria princeps</i>	5,15,42
<i>Phormidium amoneum</i>	6,17
<i>Phormidium animale</i>	40
<i>Phormidium autumnale</i>	1,10,41

<i>Phormidium formosum</i>	2,3,7,13,21,24,38,40,42,45
<i>Phormidium chalybeum</i>	1,9,16,24,26,29,32,34,37,40,47,48
<i>Phormidium simplicissimum</i>	12
<i>Phormidium tergestinum</i>	1,4,8,20,33,34,39,42,44,45,46,50
<i>Planktothrix agardhii</i>	11,17,20,22,23,25,26,27,28,31,36,37,43,49
<i>Pseudanabaena catenata</i>	1,2,3,5,6,8,10,14,16,18,20,21,23,24,26,27,30,31,32,35,36,37,38,39,41,44,45,46,47,48,49,50
<i>Pseudanabaena galeata</i>	4,5,6,7,8,29
<i>Pseudanabaena muscicola</i>	1,3,4,16,17,18,19,24,31,37,43,44,47,50
<i>Spirulina major</i>	2,5,7,12,15,17,23,29,32,34,36,37,41,42

Tab. 6 Nalezené druhy kokálních sinic.

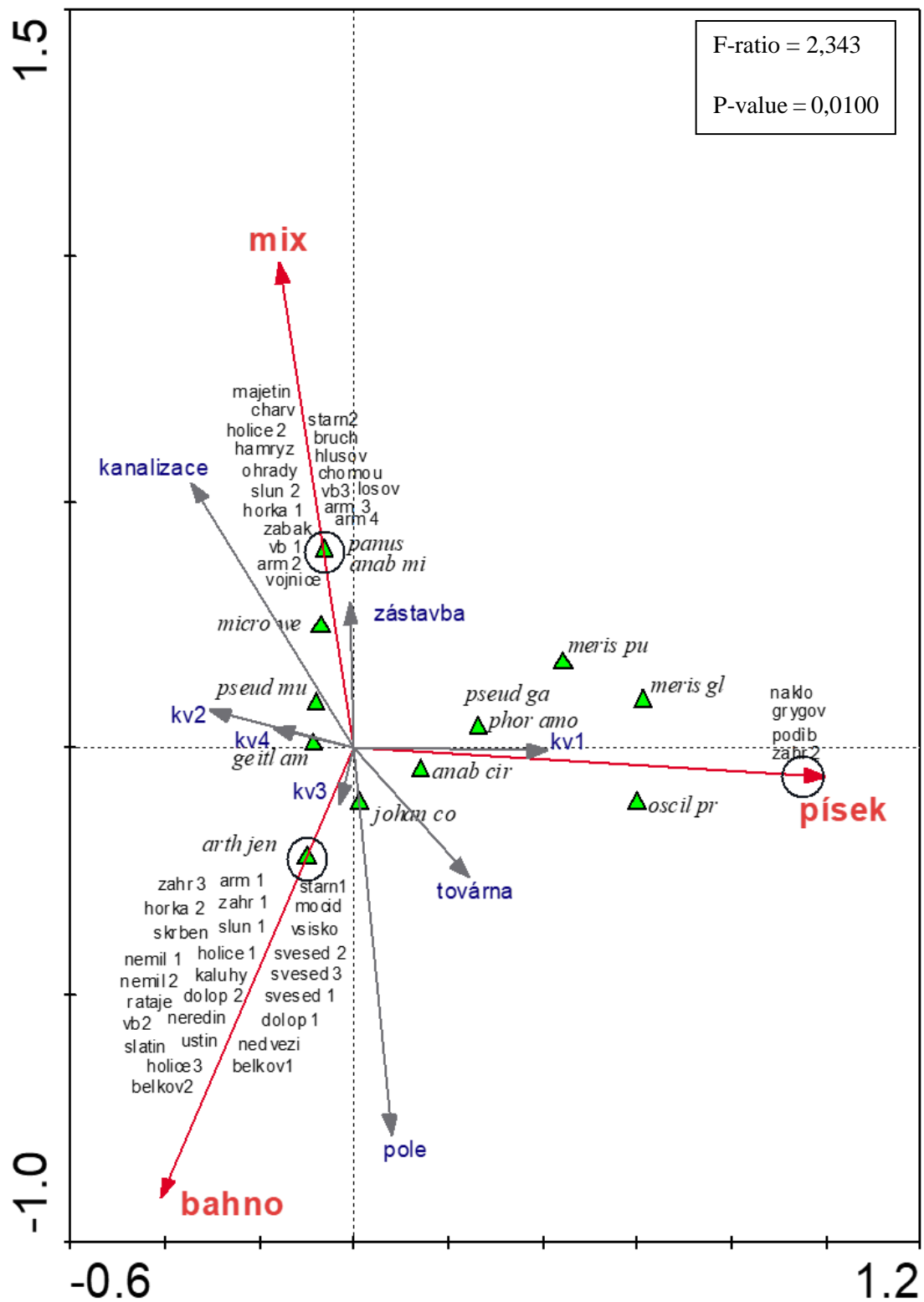
<b>Sinice</b>	<b>Lokalita</b>
<i>Aphanocapsa</i> sp.	35,43,48
<i>Cyanodictyon iac</i>	43,48
<i>Chroococcus limneticus</i>	29,40
<i>Merismopedia glauca</i>	6,8,29
<i>Merismopedia punctata</i>	8,43
<i>Microcystis aeruginosa</i>	3,17,26,27,28,31,33,36,43,49
<i>Microcystis wesenbergii</i>	18,19,41,43
<i>Snowella litoralis</i>	40,43
<i>Panus spumosus</i>	43

#### Statistické vyhodnocení dat

Obr. 7 znázorňuje mnohorozměrnou analýzu CCA. Jako hlavní proměnná je zde zvolený typ sedimentu (bahno, písek, mix), na kterém se sinice nacházely. Jako doplňkové proměnné jsou zde čtyři kvadranty Olomouce (Obr. 1) a typy možných zdrojů znečištění v okolí lokality (pole, továrna, kanalizace, zástavba). Hodnota p-value v Monte Carlo testu ukazuje ( $p = 0,0100$ ), že analýza je statisticky signifikantní. Hodnoty inflačního faktoru jsou pro bahnitý sediment 1,1454, pro písčité sediment 1,1454 a pro smíšený sediment 0,0000. Inflační faktory jsou nízké, což značí, že data jsou mezi sebou málo prokorelovaná. Vztah druhů a hodnocených parametrů je poměrně silně provázaný. První osa vysvětluje 68%, druhá osa 100% variability vztahů druh - přírodní parametr. Zvolila jsem ji na základě poměrně dlouhé délky gradientů (4.345, 4.026, 3.253, 3.385) v DCA analýze. Spíše písčité sediment upřednostňují sinice *Merismopedia punctata*, *Merismopedia glauca* a *Oscillatoria princeps*. Druh *Arthrospira jenniferi* byl pouze na bahnitěm sedimentu. Smíšený sediment pak upřednostňují sinice *Panus spumosus*, *Anabaenopsis milleri* a *Microcystis wesenbergii*. Řada druhů má širokou

ekologickou valenci a nenacházely se výhradně na jednom typu sedimentu. Jako jsou například druhy *Johanseninema constrictum* a *Anabaena circinalis*. Tyto sinice se nacházely na všech třech typech sedimentů. Nejvíce však převažoval bahnitý sediment. Druh *Geitlerinema amphibium* se v grafu nachází zhruba uprostřed mezi bahnitým a smíšeným sedimentem. Zdroj možného znečištění ve formě pole se nachází v blízkosti lokalit s bahnitým sedimentem, což odpovídá erozi a splachům dešťovými srážkami. Znečištění z kanalizace a zástavby se spíše nacházely u lokalit se smíšeným sedimentem. Je zde také vidět, že většina písčitých lokalit se nachází v kvadrantu 1. V kvadrantu 3 byly spíše lokality s bahnitým sedimentem a v kvadrantech 2 a 4 byly sedimenty jak bahnité tak smíšené.

Obr. 7 Mnohorozměrná analýza CCA.



Tab. 7 Hodnoty saprobního indexu vybraných druhů (Sládeček & Sládečková 1996).

<b>Druh sinice</b>	<b>S<sub>i</sub></b>
<i>Anabaena circinalis</i>	2,1
<i>Anabaenopsis milleri</i>	1,6
<i>Arthrospira jenneri</i>	4,2
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	2,2
<i>Geitlerinema amphibium</i>	1,8
<i>Johanseninema constrictum</i>	2,5
<i>Komvophoron minutum</i>	1,5
<i>Oscillatoria limosa</i>	2,3
<i>Oscillatoria princeps</i>	2,9
<i>Phormidium amoneum</i>	0,2
<i>Phormidium animale</i>	1,1
<i>Phormidium autumnale</i>	2,0
<i>Phormidium formosum</i>	2,8
<i>Phormidium chalybeum</i>	3,0
<i>Phormidium tergestinum</i>	1,8
<i>Planktothrix agardhii</i>	1,6
<i>Pseudanabaena catenata</i>	2,8
<i>Pseudanabaena galeata</i>	3,3
<i>Spirulina major</i>	3,0
<i>Chroococcus limneticus</i>	1,4
<i>Merismopedia glauca</i>	1,8
<i>Merismopedia punctata</i>	1,9
<i>Microcystis aeruginosa</i>	1,8
<i>Microcystis wesenbergii</i>	1,8
<i>Snowela litoralis</i>	3,0

Většina druhů, které jsem našla, mají saprobní index v rozmezí 1,6 - 3,3 (Tab. 7), což značí, že to jsou betamezosaprobní až alfamezosaprobní druhy. Vyskytují se tedy ve vodách mírně až středně znečištěných. Výjimkou je druh *Arthrospira jenneri*, který má index saprobity 4,2, měl by se tedy vyskytovat v silně znečištěných polysaprobních vodách. Naopak druhy *Phormidium autumnale*, *Phormidium animale* a *Chroococcus limneticus* preferují vody méně znečištěné. Absolutně nejčastěji nalezeným druhem je *Pseudanabaena catenata*, který má saprobní index 2,8. Tento druh se může vyskytovat v betamezosaprobních až polysaprobních vodách. Skladba nalezených druhů tedy naznačuje, že v Olomouci a okolí převažují vody zatížené organickými látkami na úrovni alfa-betamezosaprobních vod (průměrný saprobní index:  $S_{i-prům}=2,2\pm0,8$ ).

## 6. Diskuze

V práci jsem se zabývala epipelickými sinicemi, které jsou opomíjenou skupinou a je o nich minimum publikací. Epipelon je velmi rozšířené společenstvo, které se vyskytuje na povrchu jemných sedimentů stojatých i tekoucích vod. Nejčastěji jsou zastoupeny rozsivky, sinice, krásivky a krásnoočka. Ve sladkovodních biotopech byla zjištěna řada funkcí epipelických společenstev, jako je například významný příspěvek k hrubé primární produkci (Pouličková 2011, Pouličková et al 2008a). Wetzel (2001) odhaduje, že přínos samotné primární produkce bentických mikroorganismů může dosáhnout až 60% z celkové primární produkce ekosystému. Dále zastávají funkce jako je biostabilizace substrátu, účastní se trofických interakcí a regulují biogeochemický cyklus (Pouličková et al. 2008a). Podrobnější znalosti o roli epipelického společenstva a jeho ekologii přinesli ve své studii například Pouličková et al. (2008a).

Zaměřila jsem se na sběr padesáti sedimentů stojatých vod v Olomouci a jejím okolí. Sediment jsem sbírala v období od května do října 2017, s použitím metody podle Rounda (1953). Na povrchu sedimentů dominují vláknité druhy, čemuž i odpovídá skladba nalezených druhů. Celkem jsem našla 31 druhů sinic, z nichž 22 sinic bylo vláknitých a 9 kokálních. Také mě zajímal typ sbíraného sedimentu a zda se vyskytuje v blízkosti lokality možný zdroj znečištění, jako je kanalizace, pole, zástavba či továrna. Fyzikálně-chemické parametry vody jako je pH, konduktivita či teplota jsem neměřila, jelikož tyto hodnoty jsou v sedimentech stabilnější než ve volné vodě a epipelická společenstva jimi nejsou tolik ovlivňována. Podle studie Hašler & Pouličková (2010) nebyl vliv chemie vody na distribuci epipelických sinic významný, mnohem větší vliv měla kvalita sedimentu. Většina druhů sinic, které jsem našla se běžně vyskytují v České republice. Nejčastěji se vyskytujícím druhem byla *Pseudanabaena catenata*. Je to drobný a hojně rozšířený druh, s tenkými vlákny a buňkami cylindrického tvaru (Acinas et al. 2009). Tento druh nenalezneme jen v České republice, ale je rozšířený téměř po celém světě, jako je například Brazílie (Dos Santos & Calijuri 1998) či Turecko (Sevindik 2010). Časté také byly druhy *Geitlerinema amphibium*, *Johanseninema constrictum* a rod *Phormidium*. Dle výzkumu Hašler & Pouličková (2010), jsou nejběžnější rody epipelických sinic *Geitlerinema*, *Komvophoron*, *Oscillatoria*, *Phormidium* a *Pseudanabaena*. Při porovnání s mými výsledky je zajímavé, že rod *Komvophoron*, jsem našla pouze na několika lokalitách a nepatřil mezi nejčastěji nalezené rody. Konkrétně jsem našla pouze jeden druh a to *Komvophoron minutum*. Hašler et al. (2008) tento druh zaznamenali jako jeden z nejhojnějších. Zaznamenala jsem také velmi hojný druh *Planktothrix agardhii*, což je planktonní sinice a není



tedy typickým epipelickým druhem, nicméně má svou bentickou formu. Výzkumem zabývající se diurnálními změnami ve vertikální migraci populací *Planktothrix agardhii* se zabývali Hašler & Pouličková (2003). Zjistili, že bentická populace tohoto druhu je morfologicky odlišná od populací nacházejících se v blízkosti povrchu vod.

Lysáková et al. (2007) se jako první v České republice věnovali epipelickým společenstvům. Průzkum probíhal na Střední a Severní Moravě a bylo vzorkováno 16 rybníků. Narozdíl od mého výzkumu, se tato studie zaměřovala především na rozsivky, ve které autoři objevili 130 druhů. Dále byly zastoupeny sinice, zelené řasy, krásnoočka, obrněnky a skrytěnky. Další výzkum zaměřený především na epipelické rozsivky prováděli i Špačková et al. (2009). Popsali zde sezónní změnu v epipelických společenstvech v mezotrofním rybníku Bezedník. Na jaře a na podzim dominovaly rozsivky, v červnu převažovaly krásnoočka a sinice měly své maximum v letním období. Největší druhovou bohatost zaznamenali u rozsivek, kde našli 66 druhů. Ze sinic zde nejčastěji objevovali druh *Komvophoron constrictum*. Díky molekulárním metodám byl tento druh později přejmenován na *Johanseninema constrictum* (Hašler et al. 2014a, Hašler et al. 2014b). V práci jsem se sezónními změnami epipelických společenstev nezabývala. Podle Rounda (1961), který prováděl výzkum v jezerní oblasti (Lake District) v Anglii, lze sezónní maximum očekávat od března do června a naopak sezónní minimum od října do února. Hašler et al. (2008) se také zabývali epipelickými společenstvy. Vzorkovali 45 lokalit na různých místech v České republice a našli zde 39 druhů sinic. Nalezené druhy jsou velmi podobné druhům v mé práci. V jejich studii také převládaly vláknité druhy a nacházeli i větší množství planktonních druhů, jako jsou například rod *Aphanizomenon*, *Microcystis* a *Planktothrix*. Hašler et al. (2008) zaznamenali rozdíly v druhové bohatosti a hojnosti v rámci typu sedimentu. Největší diverzitu nacházeli na smíšeném sedimentu (písčito-bahnitý), naopak menší byla na jednotném sedimentu (bahnitý nebo písčitý), což souhlasí s mými výsledky. Absolutně největší druhovou bohatost jsem objevila na lokalitě se smíšeným sedimentem v rybníku Hliník (obec Majetín), kde jsem našla 13 druhů sinic.

Epipelon je součástí nárostového společenstva tzv. perifytonu (Pouličková 2011). Perifytickými sinicemi se ve své práci zabývala Jahodářová (2012). Zkoumala lokality v CHKO Poodří a v Heřmanickém rybníku. Podobně jako v mé práci nacházela v rybnících běžné druhy epipelických sinic a také převažovaly vláknité druhy nad kokálnými. V rybnících v CHKO Poodří našla například druhy *Pseudanabaena catenata*, *Komvophoron minutum*, *Geitlerinema amphibium*, *Aphanocapsa* sp. a *Oscillatoria limosa*. V Heřmanickém rybníku zaznamenala nejmenší rodovou diverzitu epipelických sinic. Výzkum perifytonu v Lednickém

rybníku Nesyt prováděli Marvan et al. (1973). Z epipelických sinic zde dominovaly druhy *Oscillatoria limosa*, *Oscillatoria brevis* a *Oscillatoria tenuis*. Na kamenech byl hojně zastoupen druh *Phormidium autumnale*, který jsem nacházela na bahnitěm sedimentu. Svědčí to o široké ekologické valenci tohoto druhu. Epifytiční (na rostlinách) zástupci zde byly například rody *Calothrix*, *Cylindrospermum* či *Lyngbya*.

Mnoho epipelických druhů vykazuje širokou ekologickou valenci a najdeme je bez ohledu na trofický stav vody. Na druhou stranu je ale mnoho druhů, které jsou hojnější za specifických environmentálních podmínek (Pouličková et al. 2008a). V mé práci jsem zjišťovala, zda je struktura společenstva ovlivňována typem sedimentu, znečištěním v okolí lokality či geografickou polohou. Hašler et al. (2008) vytvořil čtyři skupiny epipelony, které rozdělil, dle jejich požadavků na kvalitu sedimentů. Do první skupiny patří druhy, které upřednostňovaly smíšený sediment (písčito-bahnitý) a nízkou konduktivitu vody. Ve druhé skupině jsou druhy, které preferují větší množství rozložitelných organických látek a vysokou konduktivitu vody. Druhy s preferencí písčitého sedimentu a spíše v oligodistrofních až distrofních habitatech se nachází ve třetí skupině. Druhy ve čtvrté skupině preferují bahnitý sediment a eutrofní zátěž vody. I v mé práci jsem zaznamenala, že některé druhy více preferují určitý typ sedimentu. Druh *Arthrospira jenniferi* se vyskytoval pouze na bahnitěm sedimentu a písčité sediment upřednostňovaly druhy *Merismopedia punctata*, *Merismopedia glauca* a *Oscillatoria princeps*. Smíšený sediment byl druhově nejbohatší a nacházely se na něm například druhy *Panus spumosus*, *Anabaenopsis milleri*, *Microcystis wesenbergii*, *Pseudanabaena muscicola* a *Geitlerinema amphibium*. Druhy *Johanseninema constrictum* a *Anabaena circinalis* mají širokou ekologickou valenci a našla jsem je na všech typech sedimentů. Druh *Johanseninema constrictum* (syn. *Komvophoron constrictum*), sice podle Komárek & Anagnostidis (2005) preferuje sedimenty bohaté na síru, ale Hašler & Pouličková (2010) poukazují na jeho širokou ekologickou valenci. Na přítomnost možného zdroje znečištění (kanalizace, pole, zástavba, továrna) sinice reagují. Potenciální zdroj znečištění ovlivňuje strukturu sedimentu, čímž je pak ovlivněno druhové složení společenstva. Na obr. 7 můžeme vidět, že lokality, které se nacházely v blízkosti pole měly bahnitý sediment, naopak na lokalitách se smíšeným sedimentem se více nacházela kanalizace a zástavba. Méně znečištěné lokality, měly písčité sediment.

Olomouc a okolí jsem si rozdělila na čtyři kvadranty (Obr. 1) a podle výsledků usuzuji, že geografická poloha nemá na strukturu společenstva zásadní vliv. Ve všech kvadrantech se vyskytovala podobná struktura druhů. V Olomouci a okolí je tedy velmi podobná struktura

epipelického společenstva, což je pravděpodobně způsobeno i tím, že stojaté vody zde mají srovnatelné podmínky a jsou většinou mírně až středně zatíženy organickými látkami. Můžeme vidět (Obr. 7), že většina písčitých lokalit je v kvadrantu 1, v kvadrantu 3 byly lokality spíše s bahnitým sedimentem a v kvadrantech 2, 4 byly sedimenty jak bahnité tak smíšené. Epipelické sladkovodní druhy nenajdeme jen v mírném podnebném pásu, jsou rozšířené po celém světě, což může nasvědčovat o snadných mechanismech rozptýlení či nedostatečně vymezených hranicích druhů (Pouličková et al. 2008a). Endemické druhy byly pozorovány i v antarktické oblasti či v jezeru Bajkal (Van de Vijver et al. 2003, Mann 1999).

V rybnících jsou epipelická společenstva většinou dobře vyvinutá a jejich rozvoj je hlavně ovlivněn dostupným světlem a stupněm trofie. Rybníky jsou v České republice nejčastějším typem stojaté vody a jsou většinou zatíženy organickými látkami, jelikož se díky lidské činnosti do nich dostávají splachy z orných půd či nečistoty z komunálních odpadních vod (Pouličková 2011). Jednou z nejrozšířenějších metod hodnocení kvality vod u nás je saprobní index. Saprobity nám ukazuje stupeň znečištění vod organickými látkami (Adámek et al. 2010). Dle Rounda (1957) jsou dvě základní skupiny jezer podle množství organických látek. Jezera rozdělil na základě výzkumu v Anglii v jezerní oblasti (Lake District). V první skupině jsou jezera s nadměrnou produkcí, vyšším podílem sinic a sediment je s vyšším podílem organické hmoty. Naopak v druhé skupině jsou jezera s nízkou produkcí, dno je skalnaté a podíl organických látek je nízký. V České republice toto členění také můžeme najít, ale je zde problém, že produktivita je ovlivňována antropogenní činností (Pouličková et al. 2008b). Sládeček (1973) a Sládeček & Sládečková (1996) sestavili seznam indikátorů saprobity, podle kterého jsem hodnotila nalezené druhy (Tab.7). Skladba nalezených druhů v Olomouci a okolí naznačuje, že se zde vyskytují druhy, které obývají vody mírně až středně znečištěné (průměrný saprobní index:  $S_{i-prům} = 2,2 \pm 0,8$ ). Kvalitu vody v jezerech Šumarice a Bubanj v Srbsku, studovali pomocí saprobního indexu i Ranković et al. (2006). Narozdíl od mé práce, zde ale využili k hodnocení stavu vody fytoplankton. V jezeře Bubanj byl průměrný index saprobity 1,9 a v jezeře Šumavice 1,7, což ukazuje, že jezera jsou betamezosaprobní. Kurteshi et al. (2013) zkoumali znečištění řeky Bílý drin v Kosovu. Využili zde k posouzení saprobity společenstva planktonních, epilitických, epipelických i epifytických řas, sinic a krásnooček. Našli 126 druhů, z nichž 38 byli bioindikátoři. Dominovaly oligosaprobní a betamezosaprobní druhy. Epipelon se zatím nejeví jako vhodné společenstvo pro bioindikaci. Je to hlavně proto, že ekologické požadavky mnoha epipelických druhů nejsou ještě dostatečně prozkoumány (Schönfelder et al. 2002, King et al. 2006). V evropských zemích je snaha o

návrat k posuzování stavu vod pomocí perifytonu. Jako nejvíce vhodné se jeví rozsivky a to z několika důvodů. Jsou to dobře prozkoumané organismy, jsou známy jejich ekologické limity a lze je v mikroskopu snadno počítat. Také sběr a uchování rozsivek je jednoduchý (Adámek et al. 2010). Velmi vhodným bioindikátorem se jeví epilitické rozsivky (společenstva na kamenitých substrátech), což dokazuje i velké množství studií (Ásc et al. 2006, Goma 2004., Gürbüz & Kivrak 2002, Round 1993, Solak et al. 2007, Tokatli & Dayioglu 2011). Jsou, ale vhodné spíše k bioindikaci v tocích, ve stojatých vodách může být problém nedostatek kamenů (Round 1991).

## 7. Závěr

Hlavní náplní této diplomové práce byl sběr padesáti vzorků sedimentů na mnou vybraných lokalitách v Olomouci a jejím okolí. Sediment stojatých vod jsem sbírala v období od května do října 2017. Cílem práce bylo vyhodnotit strukturu epipelického společenstva a zjistit vztah mezi strukturou společenstev sinic, sedimentem, geografickou polohou a lokálních zdrojů znečištění. Determinované sinice jsou běžnou součástí epipelonu v České republice. V epipelických společenstvech převládají vláknité, pohyblivé druhy sinic. Nejčastěji jsem nacházela rody *Johanseninema*, *Geitlerinema*, *Pseudanabaena* a *Phormidium*. Často jsem nacházela i planktonní druhy, zejména zástupce rodu *Microcystis* či *Planktothrix*. Z výsledků lze usoudit, že zdroj znečištění ovlivňuje strukturu sedimentu, čímž je pak ovlivněna struktura společenstva. Typ sedimentu je pro sinice tedy důležitý, některé druhy přímo upřednostňují určitý typ sedimentu. Největší druhovou bohatost jsem zaznamenala na smíšeném sedimentu (bahnito-písčítý).

I přesto, že epipelické sinice jsou nezbytnou součástí sedimentů, je o nich celkem málo informací. Ovlivňují dynamiku proudění i tvorbu struktury sedimentu a zajišťují důležité ekosystémové funkce, jako je regulace biogeochemického cyklu, biostabilizace substrátu či primární produkce. Jsou tedy důležitou součástí ekosystémů stojatých vod a každý výzkum zabývající se těmito druhy je velkým přínosem.

## Seznam použité literatury

- Acinas, S. G., Haverkamp, T. H., Huisman, J., Stal, L. J. (2009). Phenotypic and genetic diversification of *Pseudanabaena* spp.(cyanobacteria). *The ISME journal*, 3(1), 31.
- Ács, E., Szabó, K., Kiss, Á. K., Tóth, B., Zárny, G. Y., Kiss, K. T. (2006). Investigation of epilithic algae on the River Danube from Germany to Hungary and the effect of a very dry year on the algae of the River Danube. *Large Rivers*, 389-417.
- Adámek, Z., Helešic, J., Maršálek, B., Rulík, M. (2010). Aplikovaná hydrobiologie. 350 pp., Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany.
- Adams, D. G., Duggan, P. S. (2008). Cyanobacteria–bryophyte symbioses. *Journal of Experimental Botany*, 59(5), 1047-1058.
- Anagnostidis, K., Komárek, J. (1988). Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3-Oscillatoriales. *Archiv für Hydrobiologie/Algological Studies 50-53*, 327-472.
- Babula, P. (2009). Archebakterie, bakterie, houby, protista. 139 pp., Farmaceutická fakulta, Brno.
- Bahl, J., Lau, M. C., Smith, G. J., Vijaykrishna, D., Cary, S. C., Lacap, D. C., Lee, C. K., Papke, R. T., Warren-Rhodes, K.A., Wong, F.K.Y., McKay, C. P., Pointing, S.B. (2011). Ancient origins determine global biogeography of hot and cold desert cyanobacteria. *Nature communications*, 2, 163.
- Baker, J. A., Entsch, B., McKay, D. B. (2003). The cyanobiont in an *Azolla* fern is neither *Anabaena* nor *Nostoc*. *FEMS microbiology letters*, 229(1), 43-47.
- Baker, S., Griffiths, C., Nicklin, J. (2011). Microbiology. 352 pp., Garland science, New York, London.
- Berelson, W. M., Corsetti, F. A., Pepe-Ranney, C., Hammond, D. E., Beaumont, W., Spear, J. R. (2011). Hot spring siliceous stromatolites from Yellowstone National Park: assessing growth rate and laminae formation. *Geobiology*, 9(5), 411-424.
- Comte, K., Šabacká, M., Carré-Mlouka, A., Elster, J., Komárek, J. (2007). Relationships between the Arctic and the Antarctic cyanobacteria; three *Phormidium*-like strains evaluated by a polyphasic approach. *FEMS microbiology ecology*, 59(2), 366-376.

- Copeland, J. J. (1936). Yellowstone thermal myxophyceae. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 36(1), 4-223.
- Czerwik-Marcinkowska, J., Uher, B. (2011). Cyanophytes on limestone rocks in the Szopczanski Gorge (Pieniny Mountains)—their ecomorphology and ultrastructure. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 80(3).
- Davis, B. M. (1897). The vegetation of the hot springs of Yellowstone Park. *Science*, 6(135), 145-157.
- Dos Santos, A. C. A., Calijuri, M. C. (1998). Survival strategies of some species of the phytoplankton community in the Barra Bonita Reservoir (São Paulo, Brazil). *Hydrobiologia*, 367(1-3), 139-151.
- Dvořák, P., Pouličková, A., Hašler, P., Belli, M., Casamatta, D. A., Papini, A. (2015a). Species concepts and speciation factors in cyanobacteria, with connection to the problems of diversity and classification. *Biodiversity and Conservation*, 24(4), 739-757.
- Gomà, J. (2004). Water quality evaluation in Catalonian Mediterranean rivers using epilithic diatoms as bioindicators. *Vie Milieu*, 54, 81-90.
- Gupta, S., Agrawal, S. C. (2006). Motility in *Oscillatoria salina* as affected by different factors. *Folia microbiologica*, 51(6), 565-571.
- Gürbüz, H., Kivrak, E. (2002). Use of epilithic diatoms to evaluate water quality in the Karasu River of Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 23(3), 239-246.
- Hallenbeck, P. C. (2017). Modern Topics in the Phototrophic Prokaryotes: Environmental and Applied Aspects. 491 pp., Springer, Cham.
- Harel, Y., Ohad, I., Kaplan, A. (2004). Activation of photosynthesis and resistance to photoinhibition in cyanobacteria within biological desert crust. *Plant Physiology*, 136(2), 3070-3079.
- Hašler, P., Dvořák, P., Johansen, J. R., Kitner, M., Ondřej, V., Pouličková, A. (2012). Morphological and molecular study of epipellic filamentous genera *Phormidium*, *Microcoleus* and *Geitlerinema* (Oscillatoriales, Cyanophyta/Cyanobacteria). *Fottea*, 12(2), 341-356.
- Hašler, P., Dvořák, P., Pouličková, A. (2014a). A new genus of filamentous epipellic cyanobacteria, *Johansenia*. *Preslia*, 86, 81-94.

Hašler, P., Dvořák, P., Pouličková, A. (2014b). *Johanseninema*, a corrected name for a recently described genus of filamentous epipellic cyanobacteria. *Preslia*, 86(3), 293-294.

Hašler, P., Pouličková, A. (2003). Diurnal changes in vertical distribution and morphology of a natural population of *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagnostidis et Komárek (Cyanobacteria). *Hydrobiologia*, 506(1-3), 195-201.

Hašler, P., Pouličková, A. (2010). Diversity, taxonomy and autecology of autochthonous epipellic cyanobacteria of the genus *Komvophoron* (Borziaceae, Oscillatoriales): a study on populations from the Czech Republic and British Isles. *Biologia*, 65(1), 7-16.

Hašler, P., Štěpánková, J., Špačková, J., Neustupa, J., Kitner, M., Hekera, P., Veselá, J., Burian, J., Pouličková, A. (2008). Epipellic cyanobacteria and algae: a case study from Czech ponds. *Fottea*, 8(2), 133-146.

Hauer, T. (2007). Rock-inhabiting cyanoprokaryota from South Bohemia (Czech Republic). *Nova Hedwigia*, 85(3-4), 379-392.

Hindák, F. (1978). Sladkovodné riasy. 400 pp., Slovenské pedagogické nakladateľstvo, Bratislava.

Hitzfeld, B. C., Höger, S. J., Dietrich, D. R. (2000). Cyanobacterial toxins: removal during drinking water treatment, and human risk assessment. *Environmental health perspectives*, 108(1), 113.

Hoek, van den Ch., Mann, D.G., Jahns, H.M. (1996). Algae: an introduction to phycology. 623 pp., Cambridge University Press, Cambridge.

Ishida, T., Watanabe, M. M., Sugiyama, J., Yokota, A. (2001). Evidence for polyphyletic origin of the members of the orders of Oscillatoriales and Pleurocapsales as determined by 16S rDNA analysis. *FEMS Microbiology Letters*, 201(1), 79-82.

Izaguirre, G., Jungblut, A.D., Neilan, B.A. (2007). Benthic cyanobacteria (*Oscillatoriaceae*) that produce microcystin-LR, isolated from four reservoirs in southern California. *Water research*, 41(2), 492-498.

Jahodářová, E. (2012). Ekologie a taxonomie perifytických sinic. 69 pp, Bakalářská práce, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.



- Jakubowska, N., Szelaż-Wasielewska, E. (2015). Toxic picoplanktonic cyanobacteria. *Marine drugs*, 13(3), 1497-1518.
- Janson, S., Wouters, J., Bergman, B., Carpenter, E. J. (1999). Host specificity in the *Richelia*-diatom symbiosis revealed by *hetR* gene sequence analysis. *Environmental microbiology*, 1(5), 431-438.
- Kalina, T., Váňa, J. (2005). Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. 606 pp., Karolinu, Praha.
- Kesarwani, S., Tandon, R., Tiwari, G. L. (2015). The genus *Oscillatoria* Vaucher (Cyanoprokaryota) from India. *Phykos*, 45(1), 18-29.
- King, L., Clarke, G., Bennion, H., Kelly, M., Yallop, M. (2006). Recommendations for sampling littoral diatoms in lakes for ecological status assessments. *Journal of Applied Phycology*, 18(1), 15-25.
- Klaban, V. (2011). Ekologie mikroorganismů: ilustrovaný lexikon biologie, ekologie a patogenity mikroorganismů. 549 pp., Galén, Praha.
- Kling, H. J., Watson, S. (2003). A new planktic species of *Pseudanabaena* (Cyanoprokaryota, Oscillatoriales) from North American large lakes. *Hydrobiologia*, 502(1-3), 383-388.
- Kočí, V., Burkhard, J., Maršálek, B. (2000) Eutrofizace na přelomu tisíciletí. *Eutrofizace 2000*, 3-13.
- Komárek, J., Anagnostidis, K. (1998). Cyano-prokaryota 1. Teil Chroococcales. – In: Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H., Mollenhauer, D. (eds): Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1: 1–548, Gustav Fischer, Jena – Stuttgart – Lübeck – Ulm.
- Komárek, J., Anagnostidis, K. (2005). Cyano-prokaryota 2. Teil Oscillatoriales. – In: Büdel, B., Gärtner, G., Krienitz, L., Schagerl, M. (eds): Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2: 1–759, Elsevier, München.
- Komárek, J., Kaštovský, J., Mareš, J., Johansen, J. R. (2014). Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. *Preslia*, 86(4), 295-335.

Komárek, O., Komárek, J. (1999). Diversity of freshwater and terrestrial habitats and their oxyphototroph microflora in the Arctowski Station region, South Shetlands Islands. *Pol Polar Res*, 20(3), 259-282.

Kopp, R., Sukop, I. (2012). Planktonní společenstva Lednických rybníků ve vegetační sezóně roku 2008 a 2009. *Příroda*, 30, 47–62.

Krajská správa ČSÚ v Olomouci – Charakteristika okresu Olomouc [online]. [cit. 2018-02-28], Dostupné z: [https://www.czso.cz/documents/11276/17839886/okres\\_Olomouc.pdf/24d8fda0-00c0-439c-b539-6aa6adceab4b?version=1.1](https://www.czso.cz/documents/11276/17839886/okres_Olomouc.pdf/24d8fda0-00c0-439c-b539-6aa6adceab4b?version=1.1)

Kumar, H. D., Jha, M., Kumar, A. (1986). Stimulation of nitrate reductase activity by blue light in a thermophilic cyanobacterium, *Oscillatoria princeps*. *British Phycological Journal*, 21(2), 165-169.

Kurteshi, K., Vehapi, I., Vllasaku, I. (2013). Determination of pollution in river Drini Bardhë during summer season 2010 through the algal bioindicators. *New knowledge Journal of Science*, 2(1), 56-60.

Kyselková, I., Maršálek, B. (2000). Use of *Daphnia pulex*, *Artemia salina* and *Tubifex tubifex* for cyanobacterial microcystins toxicity detection. *Biologia*, 55, 637-643.

Loza, V., Perona, E., Carmona, J., Mateo, P. (2013). Phenotypic and genotypic characteristics of Phormidium-like cyanobacteria inhabiting microbial mats are correlated with the trophic status of running waters. *European journal of phycology*, 48(2), 235-252.

Lysáková, M., Kitner, M., Poulíčková, A. (2007). The epipellic algae at fishponds of Central and Northern Moravia (the Czech Republic). *Fottea*, 7(1), 69-75.

Mann, D. G. (1999). The species concept in diatoms. *Phycologia*, 38(6), 437-495.

Martins, M. D., Rigonato, J., Taboga, S. R., Branco, L. H. Z. (2016). Proposal of *Ancyllothrix* gen. nov., a new genus of *Phormidiaceae* (Cyanobacteria, Oscillatoriales) based on a polyphasic approach. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 66(6), 2396-2405.

- Marvan, P., Ettl, H., Komárek, J. (1973). Littoral algal vegetation of the Nesyt fishpond. *Studia ČSAV*, 15, 63-66.
- Mez, K., Hanselmann, K., Preisig, H.R. (1998). Environmental conditions in high mountain lakes containing toxic benthic cyanobacteria. *Hydrobiologia*, 368(1), 1-15.
- Namsaraev, Z., Mano, M. J., Fernandez, R., Wilmotte, A. (2010). Biogeography of terrestrial cyanobacteria from Antarctic ice-free areas. *Annals of Glaciology*, 51(56), 171-177.
- Němec, M., Matoulková, D. (2015). *Základy obecné mikrobiologie*. 255 pp., Masarykova univerzita, Brno.
- Noffke, N., Gerdes, G., Klenke, T. (2002). Benthic cyanobacteria and their influence on the sedimentary dynamics of peritidal depositional systems (siliciclastic, evaporitic salty, and evaporitic carbonatic). *Earth-Science Reviews*, 62(1-2), 163-176.
- Nowicka-Krawczyk, P. B., Żelazna-Wieczorek, J. (2013). Cyanobacteria microflora in a limestone spring (Troniny spring, Central Poland). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 82(3), 219.
- O'neil, J. M., Davis, T. W., Burford, M. A., Gobler, C. J. (2012). The rise of harmful cyanobacteria blooms: the potential roles of eutrophication and climate change. *Harmful algae*, 14, 313-334.
- Paerl, H.W. (1988). Nuisance phytoplankton blooms in coastal, estuarine, and inland waters. *Limnology and Oceanography*, 33, 823-847.
- Paerl, H. W., Paul, V. J. (2012). Climate change: links to global expansion of harmful cyanobacteria. *Water research*, 46(5), 1349-1363.
- Palinska, K. A., Marquardt, J. (2007). Genotypic and phenotypic analysis of strains assigned to the widespread cyanobacterial morphospecies *Phormidium autumnale* (Oscillatoriales). *Archives of microbiology*, 189(4), 325-335.
- Pantle, R., Buck, H. (1955). Die biologische überwachung der gewässer und die darstellung der ergebnisse. *Gas und Wasserfach*, 96, 11-17.
- Paulsrud, P., Lindblad, P. (1998). Sequence Variation of the tRNA<sup>Leu</sup>Intron as a Marker for Genetic Diversity and Specificity of Symbiotic Cyanobacteria in Some Lichens. *Applied and environmental microbiology*, 64(1), 310-315.

- Poprach, K. (1996). Hnízdní biologie a změny početnosti sovy pálené (*Tyto alba*) v okrese Olomouc. *Buteo*, 8, 39-80.
- Potužák, J., Duras, J. (2012). Živinné bilance rybníků a jejich vliv na látkové toky v povodí. *16. Konference ČLS A SLS*, 130-133.
- Pouličková, A., Dvořák, P., Hašler, P. (2015). Průvodce mikrosvětlem sinic a řas. 46 pp., Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.
- Pouličková, A., Hašler, P., Lysáková, M., Spears, B. (2008a). The ecology of freshwater epipellic algae: an update. *Phycologia*, 47(5), 437-450.
- Pouličková, A., Jurčák, J. (2001). Malý obrazový atlas našich sinic a řas. 79 pp., Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.
- Pouličková, A., Neustupa, J., Špačková, J., Škaloud, P. (2008b). Distribution of epipellic diatoms in artificial fishponds along environmental and spatial gradients. *Hydrobiologia*, 624(1), 81-90.
- Pouličková, A. (2011). Základy ekologie sinic a řas. 91 pp., Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.
- Prát, S. (1929). Studie o biolithogenesi. 187 pp., Nákladem České akademie věd a umění, Praha.
- Quiblier, C., Wood, S., Villeneuve, A., Humbert, J.F. (2013). A review of current knowledge on toxic benthic freshwater cyanobacteria – ecology, toxin production and risk management. *Water research*, 47(15), 5464-5479.
- Ranković, B., Simić, S., Bogdanović, D. (2006). Phytoplankton as indicator of water quality of lakes Bujanj and Šumarice during autumn. *Kragujevac journal of science*, 28, 107-114.
- Reynolds, C. S. (1984). The ecology of freshwater phytoplankton. 387 pp., Cambridge University Press, Cambridge.
- Round, F.E. (1953). An investigation of two benthic algal communities in Malham Tarn, Yorkshire. *Journal of ecology*, 41, 174-197.
- Round, F. E. (1957). Studies on Bottom-Living Algae in Some Lakes of the English Lake District: Part III. The Distribution on the Sediments of Algal Groups Other than the Bacillariophyceae. *The Journal of Ecology*, 649-664.

- Round, F. E. (1961). Studies on bottom-living algae in some lakes of the English lake district. *The Journal of Ecology*, 245-254.
- Round, F. E. (1972). Patterns of seasonal succession of freshwater epipellic algae. *British Phycological Journal*, 7(2), 213-220.
- Round, F. E. (1991). Use of diatoms for monitoring rivers. – In: WHitton, B. A., Rott, E., Friedrich, G. (eds): Use of algae for monitoring rivers, Düsseldorf, 25–33.
- Round, F. E. (1993). A Review of Methods for the Use of Epilithic Diatoms for Detecting and Monitoring Changes in River Water Quality. 65 pp., Methods for Examination of Waters and Associated Materials, HM Stationery Office, London.
- Saad, A., Atia, A. (2014). Review on freshwater blue-green algae (Cyanobacteria): occurrence, classification and toxicology. *Biosci. Biotechnol. Res. Asia*, 11, 1319-1325.
- Sevindik, T. O. (2010). Phytoplankton Composition of Çaygören Reservoir, Balıkesir-Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10(3).
- Schönfelder, I., Gelbrecht, J., Schönfelder, J., Steinberg, C. E. (2002). Relationships between littoral diatoms and their chemical environment in northeastern German lakes and rivers. *Journal of Phycology*, 38(1), 66-89.
- Sládeček, V. (1973). System of water quality from the biological point of view. Archiv für hydrobiologie, Beiheft, *Ergebnisse der Limnologie*, 7, 1-128.
- Sládeček, V., Sládečková, A. (1996). Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod, 1. díl: Destruenti a producenti. 350 pp, Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Praha.
- Smith, V. H., Tilman, G. D., Nekola, J. C. (1999) Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental pollution*, 100(1-3), 179-196.
- Solak, C. N., Fehér, G., Barlas, M., Pabugccu, K. (2007). Use of epilithic diatoms to evaluate water quality of Akgay Stream (Büyük-Menderes River) in Mugla/Turkey. *Large Rivers*, 327-338.
- Stevenson, R. J., Bothwell, M. L., Lowe, R. L., Thorp, J. H. (1996). Algal ecology: Freshwater benthic ecosystem. 753 pp., Academic press, San diego.

- Stewart W.D.P. (1975). Nitrogen fixation by free-living micro-organisms. 471 pp., Cambridge University Press, Cambridge.
- Strunecký, O., Komárek, J., Johansen, J., Lukešová, A., Elster, J. (2013). Molecular and morphological criteria for revision of the genus *Microcoleus* (Oscillatoriales, Cyanobacteria). *Journal of phycology*, 49(6), 1167-1180.
- Špačková, J., Hašler, P., Štěpánková, J., Poulíčková, A. (2009). Seasonal succession of epipellic algae: a case study on a mesotrophic pond in a temperate climate. *Fottea*, 9(1), 121-133.
- Tandeau de Marsac, N., Houmard, J. (1993). Adaptation of cyanobacteria to environmental stimuli: new steps towards molecular mechanisms. *FEMS Microbiology Letters*, 104(1-2), 119-189.
- Thacker, R. W., Starnes, S. (2003). Host specificity of the symbiotic cyanobacterium *Oscillatoria spongelliae* in marine sponges, *Dysidea* spp. *Marine Biology*, 142(4), 643-648.
- Tokatli, C., Dayıoğlu, H. (2011). Use of epilithic diatoms to evaluate water quality of Murat Stream (Sakarya River Basin, Kütahya): different saprobity levels and pH status. *Journal of Applied Biological Sciences*, 5(2), 55-60.
- Tripathi, S. N., Chung, I. K., Lee, J. A. (2007). Diversity and characteristics of terrestrial cyanobacteria near gimhae city, Korea. *Journal of Plant Biology*, 50(1), 50-59.
- Van de Vijver, B., Gremmen, N. J., Beyens, L. (2005). The genus *Stauroneis* (Bacillariophyceae) in the Antarctic region. *Journal of Biogeography*, 32(10), 1791-1798.
- Weed, W. H. (1889a). Formation of Travertine and Siliceous Sinter by the Vegetation of Hot Springs. US Government Printing Office, 619-676.
- Weed, W. H. (1889b). The vegetation of hot springs. *The American Naturalist*, 23(269), 394-400.
- Weed, W. H. (1889c). The diatom marshes and diatom beds of the Yellowstone National Park. *Botanical Gazette*, 14(5), 117-120.
- Weed, W. H. (1891). The geological work of mosses and algae. *American geologist*, 7, 48-55.
- Wetzel, R.G. (2001). Limnology, 3rd edition. 1006 pp., Academic Press, San Diego.

Whitton, B.A., Potts M. (2000). *The Ecology of Cyanobacteria: Their Diversity in Time and Space*. 669 pp., Kluwer Academic Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow.

Yu, G., Zhu, M., Chen, Y., Pan, Q., Chai, W., Li, R. (2015). Polyphasic characterization of four species of *Pseudanabaena* (Oscillatoriales, Cyanobacteria) from China and insights into polyphyletic divergence within the *Pseudanabaena* genus. *Phytotaxa*, 192(1), 1-12.

## **Seznam příloh**

Příloha 1. Černovír - vojenský rybník1

Příloha 2. Černovír - vojenský rybník2

Příloha 3. Černovír - vojenský rybník3

Příloha 4. Černovír - vojenský rybník4

Příloha 5. Černovír - zahrádky1

Příloha 6. Černovír - zahrádky2

Příloha 7. Černovír - zahrádky3

Příloha 8. Poděbrady

Příloha 9. Horka nad Moravou1

Příloha 10. Horka nad Moravou2

Příloha 11. Sluňákov1

Příloha 12. Sluňákov2

Příloha 13. Skrbeň

Příloha 14. Ohrady

Příloha 15. Náklo

Příloha 16. Neředín

Příloha 17. Vojnice

Příloha 18. Chomoutovské jezero

Příloha 19. Břuchotín

Příloha 20. Velká Bystřice1

Příloha 21. Velká Bystřice2

Příloha 22. Velká Bystřice3

Příloha 23. Lošov



Příloha 24. Hlušovice  
Příloha 25. Bělkovice1  
Příloha 26. Bělkovice2  
Příloha 27. Štarnov1  
Příloha 28. Štarnov2  
Příloha 29. Hamrys  
Příloha 30. Žabák  
Příloha 31. Močidlo  
Příloha 32. Kaluhy  
Příloha 33. Charváty  
Příloha 34. Ústín  
Příloha 35. Rataje  
Příloha 36. Nedvězí  
Příloha 37. Slatinice  
Příloha 38. Holice1  
Příloha 39. Holice2  
Příloha 40. Nemilany1  
Příloha 41. Nemilany2  
Příloha 42. Grygov  
Příloha 43. Majetín - Hliník  
Příloha 44. Vsisko  
Příloha 45. Svěsedlice1  
Příloha 46. Svěsedlice2  
Příloha 47. Svěsedlice3

Příloha 48. Doloplazy1

Příloha 49. Doloplazy2

Příloha 50. Holice3



Příloha 1. Černovír - vojenský rybník1



Příloha 2. Černovír - vojenský rybník2



Příloha 3. Černovír - vojenský rybník3



Příloha 4. Černovír - vojenský rybník4



Příloha 5. Černovír - zahrádky1



Příloha 6. Černovír - zahrádky2



Příloha 7. Černovír – zahrádky3



Příloha 8. Poděbrady



Příloha 9. Horka nad Moravou1



Příloha 10. Horka nad Moravou2



Příloha 11. Sluňákov1



Příloha 12. Sluňákov2





Příloha 13. Skrbeň



Příloha 14. Ohrady



Příloha 15. Náklo



Příloha 16. Neředín



Příloha 17. Vojnice



Příloha 18. Chomoutovské jezero



Příloha 19. Břuchotín



Příloha 20. Velká Bystřice1



Příloha 21. Velká Bystřice2



Příloha 22. Velká Bystřice3



Příloha 23. Lošov



Příloha 24. Hlušovice



Příloha 25. Bělkovice 1



Příloha 26. Bělkovice 2



Příloha 27. Štarnov1



Příloha 28. Štarnov2





Příloha 29. Hamrys



Příloha 30. Žabák



Příloha 31. Močidlo



Příloha 32. Kaluhy



Příloha 33. Charvátý



Příloha 34. Ústín



Příloha 35. Rataje



Příloha 36. Nedvězí



Příloha 37. Slatinice



Příloha 38. Holice1



Příloha 39. Holice2



Příloha 40. Nemilany1



Příloha 41. Nemilany2



Příloha 42. Grygov



Příloha 43. Majetín – Hliník



Příloha 44. Vsisko





Příloha 45. Svěsedlice1



Příloha 46. Svěsedlice2



Příloha 47. Svěsedlice3



Příloha 48. Doloplazyl



Příloha 49. Doloplazy2



Příloha 50. Holice3