

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky



**Sinice stojatých vod v okolí  
Českého Těšína**

Bakalářská práce

**Petr Widenka**

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Biologie pro vzdělávání maior - Chemie pro vzdělávání minor

Forma studia: prezenční

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

Olomouc 2023

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. RNDr. Petra Hašlera, Ph.D. a jen s použitím zdrojů uvedených v seznamu literatury.

V Olomouci dne .....

.....

Podpis

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval panu doc. RNDr. Petru Hašlerovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, věnovaný čas a ochotnou pomoc se všemi problémy. Dále bych také rád poděkoval Mgr. Elišce Dřímálové a Mgr. Petru Dvořákovi, Ph.D. za cennou pomoc při práci v laboratoři a praktické rady. V neposlední řadě bych také rád poděkoval mým přátelům a rodině za trpělivost a podporu, kterou mi věnovali.

## **Bibliografická identifikace**

Jméno a příjmení autora: Petr Widenka

Název práce: Sinice stojatých vod v okolí Českého Těšína

Typ práce: bakalářská

Pracoviště: Katedra botaniky PřF UP

Vedoucí práce: doc. RNDr. Petr Hašler, Ph.D., Katedra botaniky PřF UP

Rok obhajoby práce: 2023

## **Abstrakt**

Bakalářská práce studuje výskyt sinic ve stojatých vodních plochách v okolí Českého Těšína. Cílem práce je vytvoření literární rešerše na téma biologie a ekologie sinic, zhodnotit rozsah probíraného učiva o sinicích v učebnicích pro základní školy a střední školy, odběr vzorků z lokalit v okolí Českého Těšína, studium sebraných vzorků v laboratoři a jejich kultivace a posouzení možností využití sinic stojatých vod ve výuce a navržení laboratorního cvičení na dané téma.

V první části práce se zabývám obecnými informacemi ohledně sinic, jejich morfologií, taxonomií, ekologií, rozmnožováním, vztahy s ostatními organismy a jejich využitím v různých biotechnologiích.

V další kapitole se zabývám rozbořem učiva týkajícího se sinic ve vybraných učebnicích jak pro základní, tak střední školy. Kapitola dále také nahlíží na obecné postavení sinic v rámcových vzdělávacích plánech. Součástí této kapitoly jsou i mnou teoreticky navržené dvě laboratorní cvičení, které se věnují sinicím. V následující části je rozvedena metodika práce se vzorky, která byla prováděna v algologické laboratoři na katedře botaniky Přírodovědecké fakulty UPOL. Ze 17 vzorkovaných lokalit bylo z přírodních vzorků determinováno 9 rodů sinic, po provedení laboratorní kultivace bylo ve vzorcích nalezeno 8 rodů sinic. Ve vzorcích jednoznačně dominovaly sinice rodu *Leptolyngbya*, *Phormidium* a *Pseudanabaena*.

Klíčová slova: sinice, vzorek, výuka, Český Těšín

Počet stran: 67

Počet příloh: 7

Jazyk: Čeština

## **Bibliographical identificatoin**

Author's first name and surname: Petr Widenka

Title of thesis: Cyanobacteria from the stagnant water bodies in the surroundings of Český Těšín

Type of thesis: Bachelor

Department: Department of Botany PřF UP

Supervisor: doc. RNDr. Petr Hašler, Ph.D., Department of Botany PřF UP

The year of presentation: 2023

## **Abstract**

The bachelor's thesis studies the occurrence of cyanobacteria in stagnant water bodies in the vicinity of Český Těšín. The aim of the thesis is to create a literature search on the topic of biology and ecology of cyanobacteria, to evaluate the scope of cyanobacteria in textbooks for primary and secondary schools, to collect samples from localities in the vicinity of Czech Těšín, to study the collected samples in the laboratory and their cultivation, and to assess the possibilities of using stagnant water cyanobacteria in teaching and to design a laboratory exercise on the given topic.

The first part of the thesis deals with the theory of cyanobacteria, their morphology, taxonomy, ecology, reproduction, relationships with other organisms and their use in various biotechnologies.

In the next chapter, I deal with the analysis of the curriculum related to cyanobacteria in selected textbooks for both primary and secondary schools. The chapter also looks at the general position of cyanobacteria in the Framework Education Plans. This chapter includes two theoretically designed laboratory exercises that are devoted to cyanobacteria. In the following part, the methodology of working with samples, which was carried out in the algological laboratory at the Department of Botany of the Faculty of Science of UPOL, is detailed. From 17 sampled localities, 9 genera of cyanobacteria were determined from natural samples, after laboratory

cultivation, 8 genera were found in the samples. Cyanobacteria of the genera *Leptolyngbya*, *Phormidium* and *Pseudanabaena* clearly dominated the samples.

Keywords: cyanobacteria, sample, teaching, Český Těšín

Number of pages: 67

Number of appendices: 7

Language: Czech

## OBSAH

<b>Úvod a cíl práce</b>	<b>8</b>
<b>1. ZÁKLADNÍ INFORMACE O SINICÍCH</b>	<b>9</b>
1.1 obecná charakteristika	9
1.2 Evoluce, vztah k vyšším rostlinám a biotechnologie	11
<b>2. Sinice: Morfologie, taxonomie, ekologie</b>	<b>13</b>
2.1 Morfologie	13
2.2 Taxonomie	17
2.3 Diverzita a ekologie	23
<b>3. Sinice ve výuce</b>	<b>27</b>
3.1 Sinice ve výuce na základní škole	27
3.2 Sinice ve výuce na střední škole	28
<b>4. Metodika práce</b>	<b>30</b>
4.1 Výběr lokalit	30
4.2 Focení přírodních vzorků	30
4.3 Kultivace v tekutém médiu	30
4.3 Kultivace v agarovém médiu	31
4.4 Přečištění na kultivační desce	31
4.5 Izolace kolonií	31
<b>5. Výsledky</b>	<b>33</b>
5.1 Výsledky ohledání přírodních vzorků	33
5.2 Popisy některých druhů	35
5.3 Výsledky ohledání laboratorních kultivací	35
5.4 Návrhy laboratorních cvičení	37
<b>6. Diskuze</b>	<b>38</b>
6.1 Výsledky	38
6.2 Posouzení obsahu vzdělávání	39
6.3 Problematika praktických cvičení	40
6.4 Využití moderních metod při výuce	41
<b>7. Závěr</b>	<b>43</b>
<b>8. Literatura</b>	<b>44</b>
<b>9. Přílohy</b>	<b>48</b>

## Úvod a cíl práce

Sinice jsou prokaryotní organismy schopné fotosyntézy, které se vyvinuly asi před 2,7 miliardami let. Výskyt sinic je jednoznačně kosmopolitní. Sinice vykazují mimořádnou schopnost adaptace, díky které je můžeme najít i v podmínkách, které jsou pro jiné organismy zcela neobyvatelné. Obecně se jedná o jednoho z největších primárních producentů, významnou složku planktonu a nepopíratelně se také podílely na vytvoření atmosféry tak, jak ji známe dnes.

Tato práce se v úvodu věnuje obecné charakteristice sinic, jejich morfologii, taxonomii, diverzitě a ekologii, habitatům, které obývají, podmínkám jejich výskytu, jejich vztahy s ostatními organismy a jejich využití v různých biotechnologiích.

Dále se v práci věnuji posouzení obsahu vzdělávání jak na středních, tak základních školách, problematice výuky a praktických cvičení. V poslední části popisují metodiku mé práce v laboratoři, odběry vzorků a proces kultivace. Dále jsou součástí práce také 2 návrhy na laboratorní cvičení s využitím sinic. První cvičení je koncipováno tak, že není příliš náročné ani na vybavu, ani na postupy. Ve cvičení druhém se zabývám chromatografickým dělením fotosyntetických barviv.

Cílem mé práce bylo vytvořit literární rešerši z biologie a ekologie sinic, zhodnotit rozsah probíraného učiva o sinicích v učebnicích pro ZŠ a SŠ, odběr vzorků z lokalit okolo Českého Těšína, studium sebraných vzorků a jejich kultivace za laboratorních podmínek a posouzení využití sinic stojatých vod ve výuce a návržení laboratorního cvičení na dané téma.



# 1. ZÁKLADNÍ INFORMACE O SINICÍCH

## 1.1 obecná charakteristika

Sinice jsou fotosyntetizující prokaryotní organismy, jejichž buněčná stěna vykazuje gramnegativní reakci (Maršálek 2005). Od vnějšího prostoru je odděluje buněčná stěna bakteriálního typu. Ta má pro většinu sinic podobné složení a stavbu ze 3-4 vrstev, které jsou tvořeny peptidoglykany, proteiny, lipidy a liposacharidy (Komárek a Anagnostidis 1986).

Na povrchu buněčné stěny sinice často tvoří slizový obal. Tento obal má spoustu názvů jako například slizová pochva, slizový obal, glykokalyx, kapsle nebo případně gel/sliz. Pochva je složena převážně z polysacharidů, ale v některých případech se v ní vyskytují i polypeptidy. V tomto slizovém obalu se u mnoha druhů sinic mohou hromadit pigmenty a maskovat tak skutečnou barvu buněk. Typické žluté zbarvení slizové pochvy sinic je způsobeno pigmenty (scytonemin, gloeocapsin) a považuje se za UV ochranu. Slizové obaly jednotlivých druhů se mohou lišit jak konzistencí, tak strukturou. V žádném případě však nejsou součástí buněčné stěny a nepodílí se na rozmnožování (Castenholz 2015).

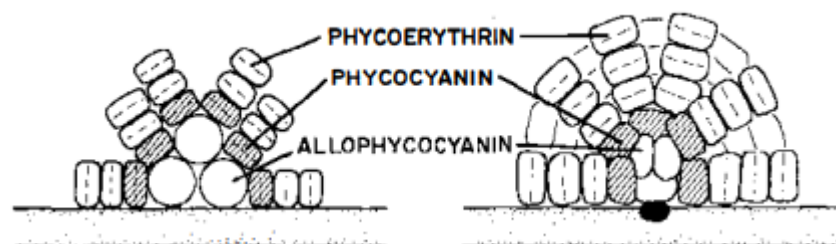
Stejně jako u ostatních prokaryotních organismů, i sinicím chybí schopnost tvořit membránové organely jako například chloroplasty. Uvnitř buňky najdeme uloženou kruhovou molekulu DNA, thylakoidy a další struktury nezbytné k životu, stejně jako u ostatních prokaryot.

Velké množství jak vláknitých sinic, tak jejich rozmnožovacích fragmentů, hormogonií, vykazuje schopnost pohybu. Pohyb jako takový je ovlivněn mnohými faktory jako například světlo, teplota, pH prostředí, viskozita prostředí atd. Mechanismy, pomocí kterých dochází k rozpohybování buněk, jsou různé. Za obecný mechanismus pohybu by se daly považovat svazky kontraktilních bílkovinných vláken, které se nachází v buněčné stěně, a pomocí jejich stahů a uvolnění dochází k rozpohybování buňky (Kalina a Váňa 2005).

Při výzkumu bylo zjištěno, že produkce slizu napomáhá pohybu, ale není jeho primární příčinou. Sinice vykonávají několik různých druhů pohybu. Mezi nejběžnější můžeme zařadit například klouzavý, plíživý, otáčivý, cikcak nebo nepravidelný. Primární příčina není například u klouzavého pohybu objasněna, ale předpokládá se, že by mohla souviset s mikrofibrily, které se u některých druhů vyskytují mezi membránou a slizovým obalem. Je však dokázáno, že jednotlivé typy pohybu buněk jsou geneticky kódované (Komárek a Anagnostidis 1988).

Jak bylo již v samotném začátku zmíněno, sinice jsou organismy, které jsou schopny vytvářet organické látky pomocí fotosyntézy. Ta je, stejně jako u rostlin, zajištěna skrze chlorofyl a další pomocná fotosyntetická barviva. Molekuly barviv se nacházejí v thylakoidech. Na povrchu thylakoidů se vyskytují pro sinice typické útvary - fykobilizomy. Tyto útvary, skládající se z fykoproteinů a fykobylinů, slouží jako primární světlosběrné antény, které zvětšují rozsah absorbovaných vlnových délek světla, čímž napomáhají fotosyntéze ve špatných světelných podmínkách (Gantt 1981). Do skupiny fykobylinů řadíme například fykocyanin a fykoerythrin.

Poměr těchto barviv určuje barvu celé buňky. Fykobilizomy dokáží upravit poměr těchto barviv, tak aby byl ideální pro dané podmínky. Tomuto jevu říkáme chromatická adaptace (Kalina a Váňa 2005).



Obr. 1 Struktura fykobilizomu dle Gantt 1981

## 1.2 Evoluce, vztah k vyšším rostlinám a biotechnologie

Sinice představují starobylý, dobře diverzifikovaný bakteriální kmen s komplexní morfologií a buněčnou diferenciací. Hrají klíčovou roli v potravních řetězcích jako primární producenti. Sinice hrály také hlavní roli v raných biogenních tocích a v evoluci života na zemi. Jedná se totiž o jediné prokaryotické organismy, u kterých se vyvinula fotosyntéza, která generuje kyslík, stejně jako u rostlin. Právě tato jedinečná vlastnost umožnila okysličení atmosféry a tak napomohla diverzifikaci života (Demoulin 2019).

Posledního čtvrt století si lidé mysleli, že se sinice vyvinuly před přibližně 3,5 miliardami let. Tyto odhady byly založené na výzkumech mikrofosílií a po posledních přezkoumáních se zdají být chybné, díky selektivnímu výběru vzorků. Nejnovější odhady poukazují na pravděpodobné stáří 2,7 miliardy let (Lee 2008).

Před přibližně 1,05 miliardami let se rozšířila fotosyntéza s postupným vznikem dalších skupin řas a rostlin a umožnila tak diverzifikaci života. Tento krok byl pravděpodobně způsoben endosymbiozou sinice s jednobuněčným eukaryotem (Demoulin 2019).

Endosymbióza je přes 100 let stará teorie, která vysvětluje značnou podobnost mezi plastidy, mitochondriemi a žijícími prokaryoty. Teorie říká, že mitochondrie a plastidy byly kdysi volně žijící organismy, které byly pohlceny jednobuněčným eukaryotem (Zimorski 2014). V případě mitochondrie je původním organismem proteobakterie. Pro plastid, konkrétněji chloroplast, se jako původní organismus uvádí právě sinice (Martin 2015).

Právě tato teorie vysvětluje semiautonomní stav organel. Původně volně žijící organismy byly pohlceny eukaryotem, které je obalilo další membránou. Tito endosymbionti si tak zachovali například schopnost se množit v buňce dle potřeby.

Sinice jsou schopné symbiotického života s mnohými vyššími i nižšími rostlinami. Symbiotické sinice můžeme najít například u rozsivek, jätrovek, nohosemenných i krytosemenných rostlin, kapradin a hub. V porovnání s dalšími dusík fixujícími

symbionty sinice netvoří žádnou extrémně specifickou asociaci se symbiotickým organizmem, jako například bakterie rodu *Rhizobium*. Sinice se mohou vyskytovat v tomto symbiotickém vztahu nitrobuněčně, mimo buňky hostitele nebo v různých zónách jako například listové dutiny u rodu *Azolla*, slizem naplněných žlázách na bázi listu nebo například v kořenech některých cykasů. (Stewart 1983). Sinice samozřejmě nenajdeme u všech rostlin, ale pouze u velmi omezeného počtu druhů dříve zmíněných zástupců (Stewart 1983).

Další významným využitím sinic do budoucnosti by mohlo být jejich zapojení do nejrůznějších biotechnologií. Mezi nejzajímavější patří například bioaktivní látky mající nejrůznější efekty, jako například antibakteriální nebo antimykotické účinky. Mezi další velmi zajímavé biotechnologické využití sinic patří jejich použití jako alternativní zdroj energie. Sinice jsou využívány k výrobě vodíku, který se následně užívá jako palivo. Výhodou tohoto procesu je, že je poměrně efektivní, udržitelný a je bez emise CO<sub>2</sub> (Abed 2009).

Využití sinic samozřejmě nekončí těmito dvěma zmíněnými technologiemi. Jejich další využití můžeme uplatnit například při výrobě potravinových doplňků, výrobě biohnojiv nebo například výrobě bioplastů (Abed 2009) .

## 2. Sinice: Morfologie, taxonomie, ekologie

### 2.1 Morfologie

Tradičně byly sinice studovány dohromady se zelenými řasami, vzhledem k tomu, že se jedná o významné primární producenty (Komárek a Anagnostidis 1985). Zelené řasy jsou však organismy eukaryotní - tudíž patřící do zcela jiné říše než sinice, a proto se dnes již dohromady nestudují. Obecně se jedná o nejstarší organismy schopné asimilace fotosyntézou.

Morfologie je disciplína biologie zabývající se vnější stavbou organismů. Poznatky z tohoto oboru byly kdysi hojně využívány pro tvorbu klasifikačních systémů. Dnešní přístupy ke klasifikaci jsou však odlišné. Starší systémy byly stavěny právě na základě morfologických charakteristik organismů - na základě jejich vzhledu a vzájemné podobnosti. Moderní systémy již využívají nejrůznější analýzy DNA daných organismů. Výsledkem takového postupu jsou systémy, které jsou sice fylogeneticky správné, ale pro normální využití se zdají být oproti systémům starším značně nelogické.

Základem pro morfologii jsou fenotypové projevy organismů, tedy vnější projevy genetické výbavy organismu, které jsou ovlivněny prostředím, konkurencí a mnohými dalšími faktory.

Genotypová charakteristika zahrnuje geny, jejich informaci a přímé produkty jejich exprese, jako například proteiny, enzymy nebo jiné struktury.

Fenotypové a genotypové znaky jsou používány i dnes, v moderních systémech, jako doplňující zdroje informací o příbuznosti jednotlivých skupin (Wilmotte 1994).

Co se samotné morfologie sinic týče, jedná se o organismy, které buď žijí jako samostatné, jednobuněčné organismy, nebo tvoří kolonie, ve kterých se sdružuje více buněk najednou.

Tvary buněk sinic mohou být velmi rozmanité. Běžně můžeme potkat buňky kulovité, oválné, tyčinkovité, vřetenovité nebo nepravidelného tvaru (Komárek a Anagnostidis 1999). Pro všechny jednoduché sinice existuje tendence se polarizovat. Polarizace

buněk je považována za evolučně odvozený znak. U všech organismů, které mají polarizovanou stélku své buňky, existují i další zvláštnosti, jako například různé odlišnosti při rozmnožování (Komárek a Anagnostidis 1999).

Druhou skupinou jsou vláknité sinice. Tvary vláken jsou také velmi rozmanité jako například rovná, ohnutá, ve tvaru šroubu, stočená. Tyto tvary jsou použitelné pro identifikaci jednotlivých rodů nebo druhů. Samozřejmě existuje jistá variabilita v tom, jak vlákna mohou vypadat, jak budou stočená, nebo jak se budou ohýbat. Takovéto změny tvarů jsou ovlivněny vlastnostmi příčných přepážek uvnitř vlákna. Obecně však lze konstatovat, že tvar buňky nebo vlákna samotného je dobrým taxonomickým znakem (Komárek a Anagnostidis 1988).

Dalším, velmi nápomocným znakem pro determinaci jednotlivých druhů je morfologie apikálních buněk, které nabývají nejrůznějších tvarů. Buňky mohou být různě špičaté, zahnuté, zakulacené nebo rozšířené. Tyto tvary jsou využitelné jako taxonomický znak pro determinaci.

Tyto znaky jsou důležité hlavně pro dospělá vlákna sinic. Důležité je také zkoumat tento znak v rozsahu celé populace, vzhledem k možné přirozené variabilitě (Komárek a Anagnostidis 1988).

Dalším pro sinice velmi typickým útvarem je jejich buněčná stěna. Sinice na svém povrchu tvoří bakteriální buněčnou stěnu. Ta má specifické složení, podle kterého lze bakterie obecně dělit Gramovým barvením na grampozitivní a gramnegativní. Pro většinu sinic má podobnou stavbu ze 3-4 vrstev a téměř identické složení (Komárek a Anagnostidis 1986).

U sinic je složena z vrstvy peptidoglykanů, mureinu a vrstvy liposacharidů (Komárek a Anagnostidis 1986).

Při barvení se barevný komplex Lugolova roztoku a krystalové violeti vyplaví alkoholem, a buňky se barví safraninem na červeno. Buněčná stěna sinic je často perforovaná četnými prohlubněmi / póry, které slouží buňce jako místa, skrze které prochází cytoplazmatická membrána a je tak v kontaktu s vnější vrstvou buněčné stěny. Okolo buněčné stěny sinice vytváří slizový obal, který dodatečně chrání buňku (Castenholz 2015).

Mezi další velmi důležité morfologické znaky patří způsoby rozmnožování a tvorba rozmnožovacích fragmentů nebo stádií.

Sinice se rozmnožují hlavně vegetativně, dělením. U sinic ještě nikdy nebyl pozorován pohlavní způsob rozmnožování. Průběh dělení je pro většinu druhů stejný. Plazmalema a vrstvy buněčné stěny se centripetálně zaškrcojí, až dojde k rovnoměrnému nebo nerovnoměrnému rozdělení na 2 buňky.

Rozmnožování dělíme dle jeho orientaci vůči rovinám buňky. Klasickým typem rozmnožování je rovnoměrné dělení. Tímto dělením vznikají dvě dceřiné buňky, které jsou podobné mateřské buňce. Dělení může probíhat ve třech na sebe kolmých rovinách a jeho výsledkem bývají krychlové kolonie (Komárek a Anagnostidis 1999).

Druhým typem rozmnožování je asymetrické dělení. V podstatě se jedná o modifikaci předchozího, pravidelného dělení. Rozdíl spočívá v tom, že se při dělení občas posune rovina, ve které dělení probíhá. Takto ze středu vychýlená rovina má za následek vznik různě velkých buněk (Komárek a Anagnostidis 1999).

Třetím typem je dělení nepravidelné. Při tomto dělení se vše odehrává normálně, akorát roviny, ve kterých se buňka dělí, nejsou orientovány nijak podle os buňky. Takto vzniklé buňky většinou dorostou do původní velikosti, ale méně často pak do původního tvaru. Takto množící se organismy většinou mají kolonie, které jsou nepravidelné. V některých případech se mohou buňky ukládat do řad (Komárek a Anagnostidis 1999).

Mezi poslední dva typy rozmnožování patří množení pomocí exocytů. Jedná se o malé buňky, které vznikají právě při asymetrickém dělení. Exocyty se mohou oddělovat od buněk původních individuálně nebo v řadách. Takovéto buňky se buďto oddělí od mateřské buňky a přichytí se k substrátu, nebo zůstávají přichyceny k vrcholu mateřské buňky (Komárek a Anagnostidis 1999).

Posledním způsobem je dělení pomocí nanocytů a baeocytů. Toto dělení je charakteristické tím, že probíhá několikrát po sobě a mateřská buňka se tak dělí na

větší počet dceřiných. Tento způsob dělení je očividně výsledkem několikanásobné duplikace genetické informace před samotným dělením buňky (Komárek a Anagnostidis 1999).

Obecně se tedy dá říct, že kokální sinice se množí pomocí samostatných buněk, shluky buněk obalených slizovým obalem, nebo například rozpadem kolonií na jednotlivé buňky. Různé charakteristické změny rozmnožování jsou charakteristickými znaky pro jednotlivé druhy (Komárek a Anagnostidis 1999) .

Mezi další významné morfologické struktury patří také hormogonie, akinety, heterocyty a aerotopy.

Heterocyty jsou speciální buňky sloužící k fixaci vzdušného dusíku. Tento v přírodě běžný prvek je limitujícím faktorem pro autotrofní organismy. Proto při jeho nedostatku cyanobakterie tvoří heterocyty. Fixace probíhá díky enzymu nitrogenáza, který můžeme najít například i u bakterií rodu *Rhizobium*, které žijí symbioticky s bobovitými rostlinami. Fixace je energeticky náročná a musí probíhat v anaerobních podmínkách. Proto se v heterocytech nachází také leghemoglobin, který pevně váže kyslík a zajišťuje tak anaerobní prostředí. Výsledkem je amonný iont, který směřuje do metabolismu bílkovin.

Akinety jsou speciální buňky, které slouží sinicím k přetrvání nepříznivého období. Jedná se o formu spory, ve které sinice ukládá velké množství zásob, které následně využívá v případě nepříznivých podmínek. Diferencují se z vegetativní buňky. Dochází k obalení původní buněčné stěny další tlustou stěnou. Toto dodává akinetám zásadní schopnost přetrvávání v nejrůznějších nepříznivých podmínkách, jako například sucho, mrazy a také schopnost dlouhodobě přechovávat zásobní látky. Akinety později mohou sloužit k vegetativnímu rozmnožování (Castenholz 2015).

Hormogonie jsou pohyblivá vlákna spojená slizem, tvořená vláknitými sinicemi. Vzhledem se často liší od vegetativních buněk. Vznikají při vegetativním rozmnožování, nebo pokud jsou organismy vystaveny nějakému stresu ve svém okolí. Řetízky jsou tvořeny 5-15 buňkami, které mají často menší průměr než buňky



vegetativní, nebo se liší jinak od mateřského jedince. Hormogonia jsou také důležitá pro tvorbu symbiotických vztahů mezi sinicemi a rostlinami, které využívají cyanobakterie jako symbiotický zdroj dusíku. Tvorba hormogonií je ovládána skrze hormony, které vylučují rostliny, případně synchronizací s určitými cykly životního prostředí (Herdman a Rippka 1988), (Wikipedie 2022).

Další specifickou nebuněčnou strukturou pro sinice jsou aerotopy. Ty se vyskytují u těch sinic, které tvoří vodní květ. Jak již název napovídá, jedná se o váček naplněný plynem, který nadnáší buňku na vodní hladině a umožňuje jí vznášet se ve vodním sloupci. Jejich stěna je složená z proteinů a je propustná pro všechny ve vodě rozpustné plyny (Walsby 1975).

## 2.2 Taxonomie

Taxonomie je disciplína, která se zabývá obecnou klasifikací organismů. Stejně jako samotná taxonomie, prodělaly vývoj také její klasifikační metody, postupy a systémy. Proto je nutné si taxonomii sinic představit v různých historických kontextech.

Taxonomické klasifikační metody jsou hlavním prvkem rozvoje této disciplíny. První systémy klasifikace, ať už rostlin, zvířat nebo i sinic, byly založeny čistě na jejich morfologii. To znamená na jejich vnější podobnosti, často pouze v jednom znaku. Dalším krokem ve vývoji klasifikačních systémů byly systémy, které stále porovnávaly organismy na základě jejich vzhledové podobnosti, ale nově již v několika kritériích současně. Posledním stupněm klasifikačních systémů jsou takové systémy, které jsou založeny na příbuznosti organismů. Příbuznost jednotlivých druhů se však těžko zkoumá skrze vnější znaky, ty mohou být totiž často zavádějící. Proto se v moderních klasifikačních systémech využívá genových analýz. Tyto metody využívají postupy, které porovnávají genetické informace organismů a hodnotí jejich podobnost, na základě čehož se následně tvoří systémy.

Při pohledu na vývoj systému sinic zjistíme, že se jedná o velmi proměnlivou záležitost. První systémy pochází přibližně z počátku 19. století. Prvním celistvějším systémem dnešního typu byl vypracován v roce 1925 Lotharem Geitlerem. V první verzi rozdělil sinice do 7 skupin, a to konkrétně *Chroococcales*, *Entophysalidales*,

*Pleurocapsales*, *Dermocarpales*, *Siphononematales*, *Nostocales* a *Stigonematales*. O 7 let později byl však přijat systém, který celou oblast sinic dělil na pouze 3 oblasti - *Chroococcales*, *Chamaesiphonales* a *Hormogonales*. Tento systém byl o 10 let později přepracován a jeho rozčlenění bylo změněno na 4 skupiny - *Chroococcales*, *Dermocarpales*, *Pleurocapsales* a *Hormogonales*. V této formě byl systém používán s drobnými modifikacemi přes 20 let (Komárek et al. 2014).

Obrovské změny v klasifikačních systémech přinesl právě rozvoj elektronové mikroskopie, molekulárních a genových analytických metod. Systémy se během let poměrně hodně měnily, uplatňovalo se hodně různých přístupů ke klasifikaci (Komárek et al. 2014).

Jeden z původně používaných systémů pochází z roku 1985. Práce dělí systém na 4 skupiny, a to konkrétně: *Chroococcales*, *Oscillatoriales*, *Nostocales* a *Stigonematales*.

*Chroococcales*, jsou charakterizovány jako jednobuněčné nebo koloniálně žijící organismy, které postrádají schopnost tvořit pravá vlákna. Dělení buněk probíhá v jedné, dvou nebo třech na sebe kolmých rovinách. Tento řád byl tradičně dále dělen na dvě čeledi, a to konkrétně *Chroococcaceae* a *Entophysalidaceae*. Hlavní rozdíl mezi těmito dvěma skupinami potom spočíval v různé morfologii jejich kolonií, kde *Chroococcaceae* tvoří většinou nepravidelné kolonie, kdežto *Entophysalidaceae* tvoří kolonie pravidelné (Komárek a Anagnostidis 1986).

Sinice řádu *Oscillatoriales* již vykazují relativně složitou charakteristiku. Sledujeme u nich četná morfologická kritéria jako např. slizové pochvy, morfologie terminálních buněk, tvary samotných vláken, morfologické variace v přírodě, větvení nebo typy pohybu. Nicméně existují zde rody, u nichž není možné, i přes pečlivé studium morfologických znaků, spolehlivě determinovat taxony na úrovni druhu nebo dokonce spolehlivě odlišit podobné rody mezi sebou, bez použití dalších metod. Tato skrytá variabilita v současné době komplikuje taxonomickou práci. Dalším komplikujícím kritériem je odlišné chování sinic za laboratorních podmínek a v přírodě, kdy se morfologická variabilita může lišit s ohledem na podmínky růstu.

Sinice řádu *Nostocales* by se daly charakterizovat jako vláknité organismy, tvořící hormogonia, obalené výraznou slizovou pochvou. Dělení vždy probíhá pouze v jedné rovině po podélné ose vlákna. Dalším charakteristickým znakem je schopnost tvořit heterocyty a akinety. Významným znakem je absence pravého větvení. V neposlední řadě, některé rody z tohoto řádu disponují schopností se nepravě větvit (Komárek a Anagnostidis 1989). Obecně je tento řád dělený na 4 čeledi a to konkrétně *Scytonemataceae*, *Microchaetaceae*, *Rivulariaceae* a *Nostocaceae*. Tyto čeledi se liší svým větvením, produkcí hormogonií a obecně vzhledem svých vláken (Komárek a Anagnostidis 1989).

Sinice řádu *Stigonematales* jsou charakteristické složitou stavbou vláken, kde se buňky vyskytují v jedné, dvou nebo více řadách vedle sebe. Pro *Stigonematales* je charakteristické dělení buněk probíhající ve více než jedné rovině. Dělení běží v rovinách, které jsou kolmé, podélné a šikmé k podélné ose vlákna. Vlákna jako taková se skládají z trichomů a jejich slizových obalů, které dohromady tvoří jeden celistvý organismus. U sinic této skupiny najdeme pravé větvení. Dalším znakem je hojná přítomnost heterocytů a fragmentace trichomů kvůli rozmnožování.

*Stigonematales* jsou děleny na 4 čeledi, *Chlorogloeopsaceae*, *Capsosiraceae*, *Stigonemataceae* a *Fischerellaceae*. Tyto čeledi se od sebe navzájem liší například v diferenciaci primárních a sekundárních větví, morfologii hlavních a vedlejších větví, způsoby množení a přítomnosti heterocytů (Komárek a Anagnostidis 1990).

Jeden z novějších systémů dělí do 9 řádů, což je výrazné rozšíření oproti původním systémům (Komárek et al. 2014). Tato výrazná změna je podpořena molekulárními metodami, které odhalily poměrně komplikovanou strukturu evolučních vztahů mezi jednotlivými skupinami.

První skupinou jsou *Gleobacterales*. Jedná se o malou skupinu s dvěma druhy. Zajímavostí této skupiny je, že postrádají thylakoidy (Komárek et al. 2014).

*Synechococcales* jsou skupinou, ve které se vyskytují sinice, které žijí jako samostatné buňky, i v koloniích a také vláknité organismy. Společným znakem této skupiny je přítomnost parietálních thylakoidů. Bohužel však v tomto systému tato skupina není řazena jako monofyletická (Komárek et al 2014).

Třetí skupinou jsou *Spirulinales*. Sinice této skupiny jsou charakteristické tvarem svých trichomů, které připomínají šroubovici nebo závit. *Spirulina* jako taková je úžasným příkladem organismu, jehož pozice byla molekulárními metodami zcela změněna v systému. Dlouhou dobu se předpokládalo, že *Spirulina* patří do *Synechococcophycidae*, avšak až po přečtení celého genomu tohoto organismu se zjistilo, že se jedná o úplně samostatnou skupinu (Komárek et al. 2014).

Čtvrtou skupinou jsou *Chroococcales*. Tato skupina je oproti starým systémům značně redukována. Ve starších publikacích sem totiž byly řazeny více méně veškeré kokální sinice. V tomto řádu se však stále nachází velké množství zástupců, ke kterým se velmi obtížně obstarávají použitelná data a tak je nutné se dále věnovat výzkumu tohoto řádu (Komárek et al. 2014).

Pátým řádem v tomto systému jsou *Pleurocapsales*. Jedná se o pravděpodobně monofyletickou vývojovou větev. Problém však nastává u této skupiny v obtížnosti jejich izolace do čistých kultur. Při absenci čistých kultur organismů je potom téměř nemožné získat použitelná data pro genové analýzy (Komárek et al. 2014).

Šestým řádem v tomto systému jsou *Oscillatoriales*. Tento řád obsahuje převážně vláknité organismy se složitější morfologií buněk a komplikovanější stavbou, ale také kokální sinice, které se zdají být jakousi přechodnou kategorií mezi *Chroococcales* a *Oscillatoriales* (Komárek et al. 2014).

Sedmou skupinou tohoto systému jsou *Chroococciidiopsidales*. Tito zástupci se vyznačují svou schopností přebývat v extrémních podmínkách. Ve starších systémech byly také řazeny do skupiny *Pleurocapsales*, až na základě genových analýz se ukázalo, že by podobně jako v případě rodu *Spirulina* měly dostat samostatnou skupinu (Komárek et al. 2014).

Posledním řádem v tomto systému jsou *Nostocales*. Tato skupina obsahuje velké množství velmi diverzifikovaných převážně vláknitých organismů. Pro tento řád je typická tvorba akinet a heterocytů (Komárek et al. 2014).

Prudká změna v klasifikaci sinic nastala během pouhých devíti let. V systému, který navrhli Strunecký a kolektiv (Strunecký et al. 2023) je vidět propastný rozdíl mezi počty řádů sinic, oproti systému vydanému v roce 2014.

V tomto nejnovějším systému již najdeme 20 řádů sinic. Takovýto nárůst je způsoben tím, že autoři systému z roku 2014 vypustili revizi polyfyletických taxonů, které byly v novém systému zrevidovány (Strunecký et al. 2023). Revizí polyfyletických taxonů vznikly dva nové řády sinic, a to konkrétně *Gloeomargaritales* (Moreira et al. 2017) a *Thermostichales* (Komárek et al. 2020). Rozvoj systému je velmi závislý na rozvoji molekulárních metod. Právě i v tomto případě je možné přesnější přezkoumání právě z důvodu stále rostoucích možností využívání genových metod.

Při detailnějším pohledu na nový systém zjistíme, že v této práci byly popsány organismy sesterské sinicím. Jedná se o nefotosyntetizující bakterie *Vampiriovibrionia*. Bakterie tvoří malé, tyčinkovité zahnuté nebo kokální buňky o velikosti přibližně 1  $\mu\text{m}$ . Nejzajímavější je to, že tyto bakterie postrádají geny, které jsou nutné pro fotosyntézu (Strunecký et al. 2023).

Dalším novým řádem jsou *Thermostichales*. Jedná se o relativně malý řád organismů, které silně profitují ve velmi teplých podmínkách, jejich horní hranice teploty se může dostat až k 70 °C (Strunecký et al. 2023).

*Aegeococcales* jsou dalším nově vytvořeným řádem. Jedná se o malou monofyletickou skupinu, tvořící výhradně tyčinkovité tvary buněk. Mezi další takto nově vytvořené řády patří například i *Pseudoanabaenales*. Takovýto řád byl vyčleněn převážně kvůli nejasnostem v taxonomii podobných vláknitých organismů. Vyčlenění *Pseudoanabaenales* by tedy mělo předejít zbytečným chybám v taxonomii příbuzných organismů (Strunecký et al. 2023).

Další dva nové rády jsou *Gloeomargaritales* a *Acaryochloridales*. *Gloeomargaritales* jsou organismy tvořící tyčinkovité buňky, obsahující parietální thylakoidy a anorganické inkluze pozorovatelné v cytoplazmě. Organismy byly popsány v pramenech s alkalickým pH. Druhým novým řádem jsou potom *Acaryochloridales*.

Sinice jsou jednobuněčné, s průměrem buňky okolo 3  $\mu\text{m}$ . I v tomto případě se zde vyskytuje parietální uspořádání thylakoidů (Strunecký et al. 2023).

Další nově popsanou skupinou jsou *Prochlorotrichales*. Jedná se o řád, který obsahuje výhradně vláknité planktonní organismy, které umí syntetizovat chlorofyl-b. Vlákna těchto organismů jsou nepohyblivá a obsahují aerotopy, které jim umožňují se vznášet ve vodním sloupci (Strunecký et al. 2023).

*Nodosilineales* je řád obsahující také převážně vláknité organismy, jejichž vlákna jsou široká do 2  $\mu\text{m}$ . Stejně jako některé ostatní řády, i sinice řazené sem obsahují parietálně uspořádané thylakoidy (Strunecký et al. 2023).

Mezi další nově popsané řády patří také *Oculatellales*, *Leptolyngbyales*, *Geitlernematales*, *Desertifiliales*, *Microcoleaceae*, *Aerosakkonemataceae*, *Coleofascicolales*, *Gomontiellales* a *Chroococciopsidales* (Strunecký et al. 2023). Všechny tyto řády byly vyčleněny z předchozích na základě právě genových metod. Výzkum fylogeneze sinic jistě není ještě u konce. U spousty druhů je velmi obtížné sehnat použitelná data, ať už z důvodu jejich obtížné kultivace, nebo obtížně laboratorní zpracovatelnosti.

Při pohledu na všechny 3 popsané systémy a jejich porovnání jako celku, je zcela patrné, že i přes to, že mezi nimi není žádná extrémně velká časová propast, jejich struktura je úplně odlišná. Samozřejmý rozdíl mezi nejstarším systémem a zbylými dvěma systémy je jasný. Systém z roku 1985 je stále založen na morfologii organismů - tedy na jejich vzhledu, kdežto systémy z roku 2014 a 2023 jsou postaveny okolo molekulárních a genových metod. To pouze potvrzuje fakt toho, že tempo vývoje výzkumných metod je nezměrné, a systém, který považujeme dnes za správný, může být za 10 let považován za extrémně zastaralý.

Jistotou však zůstává, že kladogram sinic nezůstane stejný, tak jak ho známe teď. Do budoucna se dá předpokládat další rozvoj výzkumných metod, který bude postupně přinášet další a další poznatky o organismech a jejich vzájemní příbuznosti.

## 2.3 Diverzita a ekologie

Jak je známo, sinice jsou organismy kosmopolitně rozšířené. Mají obrovskou schopnost se adaptovat na nejrůznější prostředí a stresy, a přežít tak i v podmínkách, ve kterých to žádné jiné nám známé organismy nedokáží. Tato vlastnost se sinicím přisuzuje právě díky jejich extrémně dlouhému vývoji. Vybrat typický habitus, který sinice obývají, je velmi těžké, vzhledem k tomu, že jsme schopni je nalézt od polárních pustin v Antarktidě, přes běžné vodní a terestriální niky až po termální prameny s velmi vysokou teplotou (Gaysina 2019).

Mezi zásadní schopnosti, které velmi podporují diverzitu sinic v celém světě, patří určitě schopnost fotosyntetizovat, fixovat vzdušný dusík nebo například schopnost se vznášet ve vodním sloupci. Právě díky tomuto se umí sinice přizpůsobit na tolik různých ať už příznivých nebo nepříznivých prostředí a podmínek (Gaysina 2019).

Jedním z největších habitatů, které sinice obývají, jsou moře a oceány. Sinice žijící v těchto prostředích lze rozdělit do 2 základních skupin a to konkrétně na planktonní sinice, které se volně vznášejí ve vodním sloupci a bentické zástupce, které žijí přisedle u dna (Fogg et al. 1973). Planktonní sinice využívají aerotopů k vznášení. Stejně jako na sladkovodních plochách, i zde mohou při vhodných podmínkách (dostatek světla a živin) tvořit vodní květy (Sellner 1997). V případě bentických organismů se velmi často jedná o vláknité sinice, které se pohybují klouzavým pohybem (Hoiczky 2000). Skupiny těchto organismů často tvoří husté porosty kobercového charakteru, které se tvoří právě na různých sedimentech a dalších vhodných podložích (Stal 1995).

Mezi další dobře známé habitaty, ve kterých se sinicím daří, jsou sladké vody. Stejně jako v moři, i ve sladkých vodách můžeme spatřit hned několik typů strategií, co se týče způsobu přežívání (Mur et al. 1999). Stejně jako v mořích a oceánech, i zde najdeme planktonní formu života. Autotrofní pikoplanktony pak představují hlavní primární producenty jak v oceánu, tak ve sladkých vodách (Callieri 2002). Pikoplankton sestává primárně ze sinic, jejichž buňky nepřesahují velikost 3  $\mu\text{m}$  (Ivanikova et al. 2007). Do sinicového pikoplanktonu pak řadíme sinice, které jsou jednobuněčné a samostatně žijící nebo sinice tvořící mikrokolonie. Jednobuněčné

druhy preferují velká oligotrofní jezera, kdežto druhy tvořící mikrokolonie preferují teplejší, mělké a na živiny bohatší vody (Callieri 2010).

I v případě bentických druhů se opět stejně jako v mořích tvoří kobercům podobné porosty (Mur et al. 1999). Relativní novinkou však je, že pokud se jedná o stojaté vodní plochy, nárosty ze dna po jisté době vystoupají na hladinu (Komárek 2003). V těchto bentických ekosystémech se také vyskytují sinice, které produkují toxické látky (Gaysina 2019).

Dalším habitatem, který je běžně obýván sinicemi, je suchozemské půdní prostředí. Sinice, které žijí v půdě, jsou ovlivněny jinou sadou faktorů než sinice žijící ve vodním prostředí. Mezi hlavní patří vlhkost a teplota půdy, textura/ zrnitost, pH, koncentrace solí (Gollerbach a Shtina 1969), živin a v neposlední řadě také biotické interakce (Metting 1981). Při výzkumu bylo zjištěno, že diverzita sinic v půdě je razantně ovlivněna podmínkami mikroprostředí. Při výzkumu na jižním Uralu bylo zjištěno, že právě vlhkost a heterogenita prostředí jsou pro sinice hlavní faktory, které ovlivňují jejich distribuci v prostředí (Gaysina et al. 2018).

Ve velmi suchých oblastech jako jsou pouště Atakama a Sahara, jsou krusty tvořené převážně sinicemi, kdežto v oblastech ne tak aridních, převládají lišejníky (Gollerbach a Shtina 1969). Krustou je myšlena vrstva substrátu, který je schopen držet vodu, který je následně držen pohromadě pomocí sinic, hub, lišejníků a mechů (Johansen 1993).

Rozdílně se sinice chovají v temperátním klimatu, kde je dominantním krajinným typem les a travnatá louka. Výzkumy bylo zjištěno, že sinice se v lesních půdách vyskytují velmi zřídka. Když už se v lese sinice vyskytují, jejich diverzita velmi značně závisí na typu lesa. Pro porovnání, při výzkumu v Ardenských lesích v Belgii, byly nalezeny 2 druhy (Hoffman et al. 2007), při výzkumech na jižním Uralu v oblasti boreálních lesů bylo nalezeno 39 druhů a v oblasti lesostepi 24 druhů (Gaysina et al. 2018). Z těchto čísel poměrně jasně vyplývá, že složení vegetace lesa má velký vliv na výskyt sinic v jeho půdách.



Na rozdíl od spousty jiných organismů, jsou sinice schopny velmi efektivně přežívat v prostředích, která by se dala označit jako silně stresová nebo pro jiné organismy absolutně neobyvatelná.

Do této kategorie by se jistě dal zařadit vulkanický popel. Po výbuchu sopky Krakatoa v roce 1883 byl prováděn výzkum, který zjistil, že v tomto substrátu převládají vláknité sinice (Treub 1888). Toto není ojedinělý případ výskytu sinic na takovýchto substrátech. V roce 1973 došlo k explozi vulkánu Tyatya na Kamčatce. Dle provedených analýz byl vyvržený substrát sterilní, a zároveň netoxický pro sinice (Kuzyakina 1983). O 7 let později, našli výzkumníci 4 druhy sinic u výduchu horkých par o teplotě 50-70 °C (Shtina et al. 1992).

Obecně se tedy dá říct, že sinice najdeme v celém průřezu habitatů na všech kontinentech světa. Co se jejich podmínek výskytu týče, je pro sinice stejně jako pro jiné fotoautotrofní organismy důležitý obsah dusíku a fosforu v prostředí. Tyto dvě látky jsou takzvanými limitujícími faktory. V moment, kdy je dosaženo optimálních teplotních a světelných podmínek, sinice jsou limitovány v podstatě pouze těmito dvěma faktory (Berg 2015). Na jakékoliv jiné nedostatečné podmínky se sinice dokáží adaptovat.

Obsah fosforu a dusíku ve vodách silně souvisí s pojmem eutrofizace, při kterém jsou vody obohacovány o živiny, hlavně o dusík a fosfor, které jsou limitní faktory pro existování spousty organismů. Eutrofizace velmi razantně souvisí s lidskou činností.

Značným antropogenním zdrojem fosforu jsou fosfátové prací prostředky a fosforečnanová hnojiva. Vypouštěním odpadních vod obohacených právě o tyto fosfáty nebo vymýváním z polí hnojených fosforečnanovými hnojivy následně dochází ke zmíněné eutrofizaci (IRZ 2021).

To samé platí i pro dusík. Dusík je stejně jako fosfor nedílnou součástí všech živých organismů. Mezi hlavní antropogenní zdroje patří ve velké míře dusíkatá hnojiva, která jsou hojně používaná zemědělci ve všech koutech světa. Vymývání těchto látek z půdy při deštích pak vede, stejně jako v případě fosforečnanových hnojiv, k jejich splavování do vodních toků a eutrofizaci vod.

Tyto eutrofizované vody v kombinaci s příznivými světelnými a tepelnými podmínkami pak nabízí naprosto ideální místo pro radikální přemnožení sinic, které následně způsobují vodní květy.

### 3. Sinice ve výuce

Sinice jsou neodmyslitelnou součástí výuky. Jejich místo ve vzdělávání je pevně zařazeno v sekci prokaryotních organismů. Probírají se většinou s celkem bakterií jako relativně doplňková informace.

Při pohledu do rámcového vzdělávacího plánu pro gymnázia je patrné, že sinice nejsou v samotném programu ani zmíněny, pouze zařazeny pod větší skupinu prokaryotních organismů. Při nahlédnutí do rámcového vzdělávacího plánu pro přírodovědná lycea, ve kterém na rozdíl od jiných plánů středních odborných škol, byly sinice vyčleněny a byly zavedeny pojmy týkající se jejich symbiózy s houbami a rozdílů v anatomii mezi sinicemi a bakteriemi. Otázkou zůstává, zda je potřeba v běžném všeobecném vzdělávání zasazovat sinice jako samostatnou oblast vzdělávacích programů.

Další kapitolou jsou samozřejmě základní školy. Zde je charakter vzdělávání logicky úplně odlišný. Žáci základních škol si zde budují obecné základy pro budoucí vzdělávání. Při zkoumání vzdělávacího plánu jsem opět na sinice vůbec nenarazil, což je zde pochopitelné. V plánu pro základní školy se, stejně jako v tom pro školy střední, vyskytují pouze základy o prokaryotních organismech, pod které se velmi stručně zahrnuly i sinice. Pro žáky základní školy je velmi důležité, aby se naučili úplné základy a připravili se tak na budoucí vzdělávání.

#### 3.1 Sinice ve výuce na základní škole

Na základních školách je situace samozřejmě odlišná od situace na školách středních. Žáci na základních školách nemají tak velké znalosti a ani zkušenosti, o které by se dalo ve výuce opřít, a proto je jasné, že výuka zde bude probíhat ve velmi malém rozsahu. Pro žáky je zde nutné, aby nejdříve vybudovali dostatečně silný základ k pochopení přírody, na kterém budou moci později stavět v budoucím studiu.

Kapitola o sinicích v učebnici Hravý přírodopis nakladatele Taktik pro 6. třídu obsahuje pro žáky více než dostatečný přehled nezbytných znalostí.

Kapitola je samozřejmě velmi zjednodušená a obsahuje skutečně pouze základní informace o sinicích, způsobu rozmnožování a jejich habitatech. Dále je doplněna o zajímavosti, jako například vodní květ a několik zástupců s fotografiemi. V kapitole nechybí ani zmínka o stromatolitech a teorii vzniku chloroplastů a mitochondrií.

V tomto rozsahu jsou informace skutečně dostačující. Jak jsem zmínil již výše, pro žáky základní školy je nejdůležitější vybudovat pevné základy. Kapitola jako taková je velmi hezky zpracovaná, doplněná o pěkné fotky a dělená na přehledné části.

Praktická výuka v tomto případě by se pravděpodobně realizovala poměrně složitě, vzhledem k tomu, že žáci základních škol nemají příliš mnoho zkušeností s mikroskopováním a tak by bylo složité uskutečnit například pozorovací cvičení, vzhledem k přístrojové náročnosti přípravy čistých vzorků. Dalším faktem zůstává, že spousta základních škol není ani vybavená potřebnou mikroskopickou technikou, která by byla pro takové cvičení třeba.

### 3.2 Sinice ve výuce na střední škole

Výuka biologie i znalosti studentů jsou na střední škole samozřejmě úplně jinde. Studenti již mají kompletní základní vzdělání a pedagogové se tak mohou opírat o jejich předešlé zkušenosti a vědomosti ze základních škol. Z mé relativně čerstvé zkušenosti bych řekl, že by se mohla rozšířit. Při přezkoumání učebnice biologie, kterou jsem používal při studiu na gymnáziu, jsem zjistil, že sinicím je zde věnováno obsahově asi polovina A5 stránky. V tomto textu je pěkně shrnutá základní podstata sinic jako takových. Ale si myslím, že drobným obsahovým rozšířením by mohlo být předáno žákům více zajímavých informací.

Co se obsahové struktury týče, v učebnici Biologie pro gymnázia (Jelínek a Zicháček 2008), kapitola sinic je logicky zařazená do celku prokaryota. V úvodní kapitole prokaryota jsou nejdříve popsána obecná fakta o této skupině, jako například, že netvoří funkční orgány, následuje popis buňky a její struktury. Další kapitolou jsou bakterie obecně, stejně jako v předešlé kapitole se i zde pohybujeme od obecných informací k těm konkrétnějším. Ke konci kapitoly se vyskytuje přehled nejrůznějších tvarů buněk, s přehlednou ilustrací.

Po této kapitole jsou zařazeny samotné sinice, které jsou sice shrnuty velmi stručně, zato však velmi výstižně. Kapitola začíná opět obecným popisem skutečností a faktů, které se vyskytují v buňkách sinic. Ve zkratce jsou popsány barviva obsažená v sinicích, na které navazuje odstavec o tvarech buněk sinic, jejich rozmnožování a zvláštnosti - jako například akinety a hormogonia. Celá kapitola je zakončena několika zajímavostmi.

## 4. Metodika práce

Mezi metody mé práce patřil sběr vzorků na lokalitách, jejich focení v přírodní formě, kultivace na tekutých živných mediích, kultivace na agarových mediích, přečištění na kultivační desce a izolace do čistých kultur, focení kultivovaných vzorků.

### 4.1 Výběr lokalit

Při výběru lokalit jsme se po poradě s vedoucím práce dohodli, že budu vzorkovat nárosty na větších i menších vodních plochách, které by měly obsahovat velké množství jak vodní vegetace, tak vegetace napadané nebo odumřelé, která leží ve vodě.

Tato kritéria splňovalo 17 lokalit (Příloha 1), ze kterých jsem nakonec odebíral vzorky jak vody pro planktonní sinice, tak vzorky nárostů na vodní vegetaci nebo kmenech. Obvykle se jedná o středně velké nebo malé jezírka/ rybníky. Odběry vzorku byly prováděny od vstupu k vodní ploše. V případě vodních ploch, ke kterým byl obtížný přístup, byl odběr proveden tam, kde to bylo možné. Specifický postup pro výběr samotného místa k odběru nebyl žádný. Odběr byl prováděn pipetou - odsátí vody a nárostů z povrchu, nebo oškrab skalpelem z povrchu vegetace. Vzorky byly uchovávány ve sterilních zkumavkách.

### 4.2 Focení přírodních vzorků

Při focení vzorků jsem používal mikroskop Zeiss PrimoStar s kamerou spojenou s PC. Focení probíhalo skrze imerzní objektiv se 100X zvětšením (Příloha 2). Fotil jsem vzorky v klasickém vodním preparátu. Při focení jsem nepoužíval žádné barvicí techniky.

### 4.3 Kultivace v tekutém médiu

Přírodní vzorky bylo nutné umístit do tekutého živného média-Z (Staub 1961). V tomto mediu mají sinice všechny potřebné mikro a makro prvky a tak mohou růst jako nikde jinde. Při práci s médiem je nutné dbát na sterilitu pracovního prostředí, proto se veškerá práce provádí v laminárním boxu. Médium se nalije do sterilní Petriho misky a následně se sterilní pipetou přenesou přírodní vzorek přímo do

média. Miska se následně zavře, zatáhne se parafilmovou fólií, která zamezí zbytečnému vypařování vody z média a umístí se do fytotronu na přibližně 2 týdny. Po uplynutí této doby můžeme pozorovat první nárůsty sinic.

### 4.3 Kultivace v agarovém médiu

Příprava agarového média spočívá v tom, že do tekutého média-Z přidáme agarový prášek (1,5%) a následně jej rozvaříme v autoklávu. Horký roztok pak nalejeme do sterilní Petriho misky a necháme vychladnout.

Při přípravě vzorku pro kultivaci, jsem z vzorků z tekutého média pomocí mikrobiologického očka přenesl část tekuté kultury na agar, provedl roztěr tak, aby narostené kolonie byly od sebe vzdálené dostatečně na to, aby je bylo možné izolovat. Misky jsem zavřel, zatáhl parafilmem a umístil do fytotronu. První nárůsty byly pozorovatelné po přibližně 10-12 dnech.

### 4.4 Přečištění na kultivační desce

Při této metodě jsem opět využil tekutého živného média o obvyklém složení, které jsem popsal na začátku této kapitoly. Tentokrát ovšem bylo médium přeneseno do kultivační desky, která má 24 kultivačních jamek. Následně jsem pod binokulární lupou prohlédl agarové vzorky a fixem ze spodu na miskou označil kolonie, které chci izolovat.

Další krok spočíval ve vyseknutí válečku agaru pomocí sterilní pipety a jeho přenesení do jamky s médiem na kultivační desce. Z každé agarové kultury byly v průměru odebrány 4 kolonie. Desky se stejně jako misky zavřou, zatáhnou parafilmem a umístí do fytotronu. Při kultivaci na deskách je velmi důležité sledovat hladinu živného roztoku, protože relativně rychle vysychají i přes to, že jsou zatažené v parafilmu.

### 4.5 Izolace kolonií

Posledním krokem v přípravě kultur je jejich izolace. Při tomto postupu jsem pod klasickým mikroskopem kontroloval obsah kultivační jamky a v případě, že byl obsah čistý, a neobsahoval žádné patogení organismy jako plísně, jsem obsah této jamky

přenesl do zkumavky s tekutým živným médiem. Takto připravené kultury je důležité nechat opět rozrůst a následně je nafotit. Pro výzkum je velmi důležité totiž porovnat diverzitu organismů v přírodním prostředí a prostředí laboratorním.



## 5. Výsledky

### 5.1 Výsledky ohledání přírodních vzorků

Výzkum prováděný v rámci této práce se dělí na dvě části, a to konkrétně ohledání a práce s přírodními vzorky a jejich následná kultivace v laboratorních podmínkách.

Co se samotných vzorků týče, bylo ovzorkováno 17 lokalit, v časovém rozmezí od září 2022 do listopadu 2022. Lokality byly typově menší i větší plochy stojatých vod, s větším množstvím jak vodní vegetace, tak napadaných větví a stromů.

Po ohledání přírodních vzorků jsem objevil 9 rodů sinic. Jejich seznam i výskyt je přehledně uveden v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1 - Výskyt sinic na jednotlivých lokalitách

Druh sinice	Číslo lokality																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Phormidium Sp.	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leptolyngbya Sp.	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-
Leptolyngbya Boryana	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Microcoleus autumnalis	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desertifylum Sp.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pseudanabaena Catenata	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oscillatoria Janus	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyanogranis Ferruginea	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Eucapsis Sp.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Anagnostidinema Sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
Pseudanabaena Sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+
Anagnostidinema Amphibium	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-

+ - sinice je přítomná ve vzorku z dané lokality  
 - - sinice nebyla ve vzorku z lokality nalezena

čísla lokalit:

1. Souhrnný vzorek rybníky Český Těšín
2. Jeden z rybníků - separátní vzorek
3. Jezírko v Parku A. Sikory
4. Jezírko u hřbitova
5. Zadní rybník ČT
6. Kaliště
7. Jezírko u kaliště
8. Obora Chotěbuz

9. Jezírko Frýdecká
10. Rybník Kanada
11. Přehrada ČT horní část
12. Přehrada ČT schody
13. Rybník Tovární
14. Rybníky Karviná - Šafář - vstup
15. Rybníky Karviná - Panic
16. Rybníky Karviná - Šafář - bažina
17. Rybníky Karviná - Sirotek

Mezi druhy s nejčastějším výskytem na mnou vzorkovaných lokalitách patří sinice rodu *Phormidium*, *Pseudanabaena* a *Leptolyngbya*. Na lokalitách se samozřejmě

vyskytovalo i spousta dalších sinicových i nesinicových organismů. Fotografie nejčastěji zastoupených organismů jsou umístěny v přílohách (Příloha 3). Relativně velkým překvapením pro mě byly téměř všudypřítomné sirné bakterie rodu *Beggiatoa*.

## 5.2 Popisy některých druhů

*Phormidium Sp.* Sinice patřící do Řádu *Oscillatoriales*, tvořící vláknité útvary. Pro sinice tohoto Rodu je typický drkalkovitý - klouzavý pohyb. Morfologie těchto sinic se liší primárně v různých tvarech koncových buněk.

*Leptolyngbya Sp.* je sinice, kterou řadíme do řádu *Pseudanabaenales*. Jedná se o skupinu organismů, která tvoří tenká a relativně krátká vlákna, bez heterocytů nebo akinet. Bunky tvořící vlákna jsou většinou soudečkového tvaru. Do tohoto řádu řadíme také sinice *Leptolyngbya Boryana*, *Pseudanabaena Catenata* a *Pseudanabaena Sp* (Strunecký et al. 2023).

Rod *Eucapsis* jsou sinice, které řadíme do řádu *Chroococcales*. Jedná se o sinici tvořící malé kokální nepravidelně řazené buňky, které tvoří malé shlukovité kolonie, které mohou obsahovat až 120 buněk (Komárek et al. 2016). Tento rod sinic je celosvětově rozšířený, ať už jako planktonní forma nebo forma perifytická (Strunecký et al. 2023).

Poslední zajímavým organismem vyskytujícím se ve vzorkovaných lokalitách je sinice *Cyanogranis Ferruginea*. Jedná se o organismus z řádu *Synechococcaceae*, který tvoří malé, protáhlé buňky, které žijí v aglomeracích primárně jako bentické druhy (Komárek et al. 2020).

## 5.3 Výsledky ohledání laboratorních kultivací

Laboratorní kultivace vzorků byla prováděna za účelem vyizolovat ze vzorku čistou kulturu organismů. Všechny vzorky prošly identickým postupem, popsáním v kapitole 4 - metodika práce.

Při ohledání vzorků, které prošly laboratorní kultivací, jsem překvapivě objevil sinice i ve vzorcích z lokalit, které v přírodním zastoupení neobsahovaly žádné sinicové organismy.

Samozřejmě druhová diverzita v kultivovaném vzorku a vzorku přírodním je odlišná. V izolovaných vzorcích jednoznačně dominovala sinice rodu *Leptolyngbya*. Otázkou však zůstává, do jaké míry se mi povedlo izolovat sinice z agarových vzorků do kultivačních médií. Seznam druhů sinic a jejich výskyt na jednotlivých lokalitách je v tabulce č. 2

Tabulka č. 2 - Výskyt sinic v izolovaných vzorcích.

Druh sinice	číslo lokality									
	1	2	3	8	10	11	12	14	16	17
Lyngbya Sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Leptolyngbya Sp.	+	-	+	-	+	-	+	+	-	+
Kamptonema Sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Pseudanabaena Sp.	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-
Microcystis Sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Geitlerinema Sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Phormidium SP.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Aphanocapsa Sp.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-

- - sinice nebyla ve vzorku z lokality nalezena

+ - sinice byla ve vzorku z lokality nalezena

čísla lokalit:

1. Souhrnný vzorek rybníky Český Těšín
2. Jeden z rybníků - separátní vzorek
3. Jezírko v Parku A. Sikory
8. Obora Chotěbuz
10. Rybník Kanada
11. Přehrada ČT horní část
12. Přehrada ČT schody
14. Rybníky Karviná - Šafář - vstup
16. Rybníky Karviná - Šafář - bažina
17. Rybníky Karviná - Sirotek

Jak je vidět, v tabulce se nevyskytují všechny lokality, které byly v první části výzkumu vzorkovány. Vzorky z lokalit, které nejsou uvedeny v tabulce, buďto byly plné řas, obsahovaly plíseň nebo nenarostly v médiu vůbec, popřípadě byly jinak znehodnocené.

#### 5.4 Návrhy laboratorních cvičení

Jedním z cílů mé práce bylo vytvořit návrh laboratorního cvičení, při kterém by žáci využili sinice. Připravil jsem dva návrhy. V prvním cvičení se jedná o základy biologické kresby a procvičení morfologie bakteriální buňky (Příloha 4). Žáci si nasbírají vzorky z okolí bydliště a v hodině si je prohlédnou pod mikroskopem, procvičí pak následně kresbu i práci s mikroskopem. Při sběru, mají žáci za úkol zdokumentovat lokalitu a některé údaje jako GPS souřadnice a nadmořskou výšku zapsat do pracovního listu.

Druhé cvičení je náročnější na vybavení (Příloha 5). Jedná se o práci, ve které studenti uplatní své znalosti z chemie a praktické zkušenosti z chemické laboratoře. V tomto cvičení mají za úkol provést chromatografii sinicových barviv. Z připravené kultury provedou extrakci do rozpouštědla, které následně nanesou na TLC desku a nechají proběhnout chromatografické rozdělení. Jako nejideálnější organismus pro toto použití se mi jeví sinice rodu *Leptolyngbya*. Tento organismus se nacházel ve velkém množství přírodních vzorků, přičemž v kultivovaných vzorcích hojně narůstal. V tomto cvičení si studenti více procvičí práci v laboratoři, práci s nádobím a zopakují si principy jednotlivých metod.

Návody pro obě cvičení jsou koncipovány tak, že je na začátek zařazena teorie, kterou si žáci nastudují před hodinou, na začátku proběhne krátké ověření znalostí buď testem, nebo zkoušením a následně se přejde k práci.

Výstupem obou cvičení mohou být protokoly, případně pracovní listy (Příloha 6 a 7).

## 6. Diskuze

### 6.1 Výsledky

V této práci jsem se zabýval sinicemi stojatých vod v okolí Českého Těšína. Vzorkované lokality byly stojaté vodní plochy. Metodika odběru byla u všech lokalit velmi podobná - odběr vody a následný oškrab vodní vegetace a odsátí sedimentu z podkladu. V technice odběru byly drobné rozdíly mezi jednotlivými lokalitami. Tyto rozdíly byly primárně způsobené přístupností místa, ze kterého byl odběr prováděn.

V mých vzorcích se vyskytlo 9 rodů sinic, ze kterých bylo 7 vláknitých a zbylé 2 byly kokální. Některé sinice nalezené v těchto vzorcích primárně obývají bentické habitaty. Sinice rodu *Oscillatoria* jsou převážně planktonní.

Obecně se dá říct, že sinice tvoří velkou část fytoplanktonu v rybnících (Sevrin-Reyssac 1990). Při studiích výskytu sinic v českých rybnících (Hašler et al. 2008) byly nalezeny některé druhy, které korespondují s mými nálezy. Jedná se konkrétně o *Pseudanabaena*, *Oscillatoria* a *Phormidium*. V mém případě však byla nejčastější sinice rodu *Leptolyngbya*. Tento druh sinice je typický svým velmi širokým rozšířením v ekologicky velmi různých habitatech. *Leptolyngbya* může být nalezena od moří, přes rybníky, rýžová pole, bažiny až po pouště polární nebo horké (Li et al. 2020)

V další studii provedené v rybnících v Maroku v roce 2002 byly nalezené sinice *Pseuanabaena* a *Oscillatoria*, které se vyskytovaly i v mých vzorcích. Pozoruhodný je velký klimatický rozdíl, který je mezi jednotlivými lokalitami (Oudra et al. 2002).

Další studie z roku 1995 má korespondující výsledky v oblasti nalezených organismů v rybnících, kdy jako jeden z nejčastějších organismů byla nalezena sinice *Oscillatoria* (Paerl 1995).

Dalším faktem je to, že v 11 ze 17 odebraných vzorků se vyskytovaly sirmé bakterie rodu *Beggiatoa*. Tento velmi rozšířený výskyt vede k předpokladu, že při odběru vzorků mohlo dojít ke kontaminaci vlivem nedokonale čistého odběrového náčiní.

Při ohledání kultivovaných vzorků, jsem našel 8 rodů sinic. Opět byla většina z nich vláknitých, až na 2 a to konkrétně *Aphanocapsa* a *Microcystis*. Když nahlédneme do studií, zjistíme, že i rody sinic, které se vyskytovaly v kultivovaných vzorcích jsou běžné pro rybníky. Kromě druhů zmíněných v předchozí části, se zde vyskytla i *Geitlerinema*, která se také běžně vyskytuje v českých rybnících. I v případě kokálních sinic rodu *Aphanocapsa* a *Microcystis* můžeme říci, že jsou běžnou součástí planktonních organismů v českých rybnících (Hašler et al. 2008). I studie prováděná v Maroku zjistila běžný výskyt sinice *Microcystis* (Oudra et al. 2002). I pro případ rodu *Lyngbya* lze konstatovat, že se jedná o rod, který se vyskytuje i v rybnících (Schrader 1993).

U srovnání druhové rozmanitosti a četnosti výskytu druhů vidíme, že jak v kultivovaných vzorcích, tak ve vzorcích přírodních se suverénně nejčastěji vyskytuje sinice rodu *Leptolyngbya*. Druhové zastoupení v jednotlivých částech výzkumu se drobně liší. Novinkou oproti přírodním vzorkům byly rody *Lyngbya*, *Kamptonema*, *Microcystis*, *Geitlerinema* a *Aphanocapsa*. Další práce a studium těchto izolovaných vzorků bude předmětem diplomové práce.

## 6.2 Posouzení obsahu vzdělávání

Při posuzování obsahu vzdělávání jsem došel v závěru, že kapitoly jsou jak ve RVP, tak v obou knihách zakotveny dostatečně. Je potřeba si skutečně uvědomit, že základní škola by měla dát svým žákům všeobecný přehled o světě kolem nich. Rozšíření výuky pouze jedné kapitoly by mohlo mít potom nepříznivý vliv na celkový výkon, který žáci podávají. Pro žáky je mnohem důležitější, aby si nově nabyté vědomosti propojili do celků, než aby se zbytečně zahltili nadměrným množstvím informací. Jako jediné doplnění použitelné ve výuce bych navrhl použití obrázků, jako prezentaci morfologických zajímavostí přímo ve výuce.

Co se teoretického rozšíření výuky týče, zde bych neměnil penzum vědomostí věnované této kapitole. Pro žáky je mnohem důležitější, aby si nově nabyté vědomosti propojili do celků, než aby se zbytečně zahltili nadměrným množstvím informací.

Zavedení praktických cvičení pro žáky základních škol by bylo dle mého názoru také relativně problematické. Žáci totiž nemají dostatek praktických zkušeností s prací s mikroskopovací technikou, a tak by bylo relativně náročné takové cvičení zvládnout v běžné vyučovací hodině. Navíc velká spousta základních škol dodnes nedisponuje potřebným vybavením, které je potřebné k uskutečnění takového pozorování.

Případ středních škol je odlišný. Osobně si myslím, že obsahově je kapitola relativně dostačující. Sinice jsou organismy, které se probírají v celku prokaryotických organismů, popřípadě jsou ve výuce někdy ještě zmíněny ve spojitosti s řasami. Jako malý nedostatek této kapitoly však považuju například to, že autoři nezmínili přítomnost fykobilizomů, které jsou pro sinice charakteristické a pro studenty dobře představitelné.

Rozšíření teoretické výuky je z mého pohledu nereálné, ať už z důvodů, které jsem popsal dříve, ale také z důvodů toho, že pro výuku je nesmírně důležité, aby byla atraktivní. Pokud by se rozšíření provedlo špatně, dodala by se do výuky pouze suchá teorie, která by pak studenty nudila a mohla by vést ke zvýšené nepozornosti.

Otázkou samozřejmě zůstává, zda je něco takového potřebné. Sinice jsou samozřejmě velmi důležitou složkou živé přírody, ale co se místa ve výuce týká, jejich větší zařazení zde je značně problematické. Výuka biologie na středních školách je značně nabitá a rozšíření některé z oblastí výuky by mohlo vést k přetěžování studentů. Z mého pohledu by bylo zajímavější zařadit nějakou formu praktické výuky se zaměřením na sinice a to například pozorování morfologie buněk pod mikroskopem, u kterého by si studenti procvičili nejen práci s mikroskopem, ale také biologickou kresbu.

### 6.3 Problematika praktických cvičení

V předchozím textu navrhuji zařazení více praktik do výuky. S tímto návrhem se však pojí i jistá omezení. Mikroskopování sinic a řas obvykle vyžaduje přístup k nějakému zdroji těchto organismů. Tento problém by se samozřejmě dal vyřešit držetím organismů v kultuře živného média, ale tento postup již vyžaduje řadu znalostí, jako například nároky organismů na světlo, teplo a vlhkost. Pokud bychom chtěli



zachovat sterilitu takovéto kultury, práce s ní a každé její otevření by zahrnovalo použití laminárního boxu. Toto je opět značně problematické po stránce technického vybavení.

Dalším problémem mikroskopovacích cvičení jsou znalosti některých studentů. Z vlastní zkušenosti mohu říct, že rozdíly v praktických dovednostech studentů v laboratoři jsou více než propastné. Řada studentů se dostane k mikroskopu nebo obecně k praktické výuce v laboratoři poprvé až na střední škole. Z těchto nerovnoměrných dovedností pak vyplývají problémy pro vyučujícího, vzhledem k tomu, že se pak musí jedné části třídy věnovat mnohem více, než druhé.

Z hlediska didaktiky si myslím, že by mohlo být zajímavé zapojit do výuky alternativní využití řas a sinic do moderních biotechnologií, například na produkci vodíku jako alternativního paliva. Dále si myslím, že je vhodné vést výklad tak, aby bylo vše propojeno do celku a studenti tak získali celistvý obraz o světě prokaryot, nikoliv jen útržkovité informace, které se nespojují do funkčních komplexů.

Při výuce není důležité pouze předat žákům množství informací jako takové, mnohem důležitější je, aby žáci získané informace spojili do použitelných celků - tedy rozvíjeli různé klíčové kompetence. Dosažení kompetentnosti vzdělávaných jedinců je velký, složitý a přesto nezbytný úkol. Pouhým suchým předáním informací jedince nepřipravíme důkladně na budoucí život, popřípadě další studium. Samozřejmě, že je nutné rozvíjet jiné klíčové kompetence pro teoretickou výuku a pro výuku praktickou. Myslím si však, že by bylo zcela ideální, kdyby se povedlo výuku realizovat tak, že by teoretická část napomáhala rozvoji části praktické a naopak.

## 6.4 Využití moderních metod při výuce

Co se týká využití různých metod pro výuku, myslím si, že je dobré vytvářet pestré kombinace. Používáním různých technik výuky vyučující dokáže pro studenty vytvořit atraktivnější hodinu, ve které bude více žáků dávat pozor, než kdyby použil pouze například frontální výklad. Jedna z relativně kontroverzních, avšak široce využívaných pomůcek ve školství, i jinde, je program Microsoft Powerpoint. Samozřejmě, stejně jako všechno má své příznivce i odpůrce. Například Konrad

Liessmann ve své knize *Teorie nevzdělanosti* kritizuje přehnané využití Powerpointu a s tím spojenou tendenci věci příliš zjednodušovat (Liessmann 2008).

Z mého pohledu je však nutné kritiku provádět s rozmyslem. Powerpoint jako takový není nic jiného než nástroj, a kritizovat ho mi tedy připadá zbytečné. Problém nevychází ze samotného nástroje, ale z jeho chybného využívání. Použití Powerpointu ve výuce má jistě své místo, ale je třeba jej využívat skutečně tak, jak byl zamýšlen - k doplnění výkladu. Použití této multimediální aplikace tak, že je do ní vloženo nepřehledné množství textu, který následně studenti pouze otrocky opisují, je samozřejmě kritizováno oprávněně. V takovém případě se nejedná o chybu samotného nástroje, ale člověka, který jej chybně použil.

Obecně by se dalo říct, že moderní technologie nacházejí ve výuce čím dál tím větší uplatnění. Stejně jako v předchozím případě, i zde se najdou kritici. Moderní technologie však ve výuce poskytují široké, a zatím relativně neprobádané území plné nových možností. V kombinaci s ostatními technikami vedení hodin je možné pak tvořit zábavné, atraktivní a skutečně naučné hodiny. Samozřejmě i zde, je přehnané využití takových technologií kontraproduktivní.

Jak píše Čapek ve své knize *Líný učitel*: “Velká spousta pedagogů tvrdí, že mladší generace jsou hrozné, ale ony ve skutečnosti nejsou. Jsou pouze jiné. Úkol vyučujících je pak kromě učení jednoznačně i udržet krok s moderními technologiemi.” (Čapek 2018). A ty potom strategicky zařadit do výuky. Učitel, který krok s technologiemi není schopen udržet, pak obtížně stačí studentům, pro které jsou takové technologie běžné v každodenním životě.

## 7. Závěr

Předmětem mé bakalářské práce bylo studium sinic stojatých vod v okolí Českého Těšína. Při odběru vzorků jsem se snažil aplikovat stejný postup pro všechny lokality. V období od září 2022 do listopadu 2022 bylo vzorkováno celkem 17 lokalit, na kterých jsem dohromady našel čtrnáct rodů sinic. V přírodních vzorcích jsem našel devět různých rodů, ze kterých sedm bylo vláknitých a zbývající dva kokální. Po kultivaci jsem ve vzorcích determinoval osm rodů, ze kterých bylo šest vláknitých a dva kokální. Přírodní a kultivované vzorky obsahovaly tři shodné rody sinic. Oproti přírodním vzorkům jsem v kultivovaných našel pět dalších rodů. Mezi nejběžnější rody, které jsem našel, patří *Leptolyngbya*, *Pseudanabaena* a *Phormidium*. Zastoupení jednotlivých rodů na lokalitách je odlišné, vzhledem k tomu, že životní podmínky sinic se na jednotlivých lokalitách více či méně liší. V práci se vzorky i nadále pokračují, jejich další studium bude předmětem diplomové práce.

Součástí mé bakalářské práce byl i teoretický návrh dvou praktických cvičení. V prvním návrhu, který byl pojat jako jednodušší, je úkolem žáků nasbírat vzorky, vytvořit preparát a nalezené organismy nakreslit. Toto cvičení navazuje na teoretické znalosti z hodin biologie a slouží jako opakování nabytých vědomostí a jejich provázání s praxí. V druhém návrhu, který jsem záměrně koncipoval jako obtížnější, mají studenti za úkol provést extrakci a chromatografii fotosyntetických barviv získaných ze vzorků sinic. Studenti tak mají možnost se přesvědčit, že sinice obsahují více barviv a zároveň si vyzkoušet chemické extrakční a dělicí metody. Záměrem tohoto cvičení bylo studentům ukázat, že chemie a biologie jsou v úzkém spojení a celkově se nejedná pouze o suchou teorii a memorování.

## 8. Literatura

ABED, Raeid MM; DOBRETISOV, S.; SUDESH, K. Applications of cyanobacteria in biotechnology. *Journal of applied microbiology*, 2009, 106.1: 1-12.

ANAGNOSTIDIS, Konstantinos a Jiří KOMÁREK. Modern approach to the classification system of cyanophytes: 1 - introduction. *Archiv FÜR HYDROBIOLOGIE: Algological studies*. Stuttgart: Schweizerbart Science, 1985, (71), 291-302. ISSN 0003-9136.

ANAGNOSTIDIS, Konstantinos a Jiří KOMÁREK. Modern approach to the classification system of cyanophytes: 2 - Chroococcales. *Archiv FÜR HYDROBIOLOGIE: Algological studies*. Stuttgart: Schweizerbart Science, 1986, (73), 157-226. ISSN 0003-9136.

ANAGNOSTIDIS, Konstantinos a Jiří KOMÁREK. Modern approach to the classification system of cyanophytes: 3 - Oscillatoriales. *Archiv FÜR HYDROBIOLOGIE: Algological studies*. Stuttgart: Schweizerbart Science, 1988, (80), 327-472. ISSN 0003-9136.

ANAGNOSTIDIS, Konstantinos a Jiří KOMÁREK. Modern approach to the classification system of cyanophytes: 4 - Nostocales. *Archiv FÜR HYDROBIOLOGIE: Algological studies*. Stuttgart: Schweizerbart Science, 1989, (82), 247-345. ISSN 0003-9136.

ANAGNOSTIDIS, Konstantinos a Jiří KOMÁREK. Modern approach to the classification system of cyanophytes: 5 - Stigonematales. *Archiv FÜR HYDROBIOLOGIE: Algological studies*. Stuttgart: Schweizerbart Science, 1990, (859), 1-73. ISSN 0003-9136

BERG, Mine; SUTULA, Martha. Factors affecting the growth of cyanobacteria with special emphasis on the Sacramento-San Joaquin Delta. Southern California Coastal Water Research Project Technical Report, 2015, 869: 100.

CALLIERI, Cristiana; STOCKNER, John G. Freshwater autotrophic picoplankton: a review. *Journal of Limnology*, 2002, 61.1: 1-14.

CALLIERI, Cristiana. Single cells and microcolonies of freshwater picocyanobacteria: a common ecology. *Journal of Limnology*, 2010, 69.2: 257.

CASTENHOLZ, Richard W. General characteristics of the cyanobacteria. *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria*, 2015, 1-23.

ČAPEK, Robert. *Líný učitel*. Praha: Raabe, [2018]. *Dobrá škola*. ISBN 978-80-7496-387-2.

DEMOULIN, Catherine F., et al. Cyanobacteria evolution: Insight from the fossil record. *Free Radical Biology and Medicine*, 2019, 140: 206-223.

FOGG, G. E., et al. *The blue-green algae* Academic Press. London, New York, 1973, 459.

GANTT, E. Phycobilisomes. *Annual Review of Plant Physiology*, 1981, 32.1: 327-347.

GAYSINA, Lira A., et al. Biodiversity of terrestrial cyanobacteria of the South Ural region. *Cryptogamie, Algologie*, 2018, 39.2: 167-198.

- GAYSINA, Lira A.; SARAF, Aniket; SINGH, Prashant. Cyanobacteria in diverse habitats. In: Cyanobacteria. Academic Press, 2019. p. 1-28.
- GOLLERBAKH, M. M.; SHTINA, E. A. Soil algae. SOVIET SOIL SCIENCE-USSR, 1970, 2.5: 636-+.
- HAŠLER, Petr, et al. Epipellic cyanobacteria and algae: a case study from Czech ponds. Fottea, 2008, 8.2: 133-146.
- HAUSENBLAS, Ondřej, SLEJŠKOVÁ, Lucie, ed. Klíčové kompetence na gymnáziu. V Praze: Výzkumný ústav pedagogický, c2008. ISBN 978-80-87000-20-5.
- HERDMAN, Michael; RIPPKA, Rosmarie. [22] Cellular differentiation: Hormogonia and baeocytes. In: Methods in enzymology. Academic Press, 1988. p. 232-242.
- HOFFMANN, Lucien; ECTOR, Luc; KOSTIKOV, Igor. Algal flora from limed and unlimed forest soils in the Ardenne (Belgium). Systematics and geography of plants, 2007, 77.1: 15-90.
- HOICZYK, E. Gliding motility in cyanobacteria: observations and possible explanations. Archives of microbiology, 2000, 174: 11-17.
- Hormogonium. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Hormogonium>
- Integrovaný registr znečišťování: Celkový fosfor [online]. 2021 [cit. 2023-03-26]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/latky-v-irz/celkovy-fosfor>,
- IVANIKOVA, Natalia V., et al. Lake Superior supports novel clusters of cyanobacterial picoplankton. Applied and environmental microbiology, 2007, 73.12: 4055-4065.
- JELÍNEK, Jan; ZICHÁČEK, Vladimír; DVORSKÝ, Pavel. Biologie pro gymnázia:(teoretická a praktická část). Nakladatelství Olomouc, 2000
- JOHANSEN, Jeffrey R. Cryptogamic crusts of semiarid and arid lands of North America. Journal of phycology, 1993, 29.2: 140-147.
- KALINA, Tomáš; VÁŇA, Jiří. Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. Karolinum, 2005.
- KOMÁREK, Jiří, et al. Phylogeny and taxonomy of Synechococcus-like cyanobacteria. Fottea, 2020, 20.2: 171-191.
- KOMÁREK, Jiří, et al. Süßwasserflora von Mitteleuropa. G. Fischer, 1999.
- KOMÁREK, Jiří, et al. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. Preslia, 2014, 86.4: 295-335.
- KOMÁREK, Jiří; HINDÁK, František; JEZBEROVA, Jitka. Review of the cyanobacterial genus Eucapsis. Nova Hedwigia, 2016, 441-456.
- KOMÁREK, Jiří. Coccoid and colonial cyanobacteria. In: Freshwater algae of North America. Academic press, 2003. p. 59-116.

Kuzyakina, T.I., 1983. Microbiological studies of volcanic ash, collected during volcano eruption (Mikrobiologicheskiye issledovaniya peplov, obobrannykh vo vremya izverzheniya vulkanov.). Vulkanologiya i seismologiya 2, 92

LEE, Robert Edward. Phycology. Cambridge university press, 2008.

LI, Yueying, et al. The chemistry, biochemistry and pharmacology of marine natural products from *Leptolyngbya*, a chemically endowed genus of Cyanobacteria. Marine drugs, 2020, 18.10: 508.

LISSMANN, Konrad Paul. Teorie nevzdělanosti: omyly společnosti vědění. Praha: Academia, 2008. XXI. století. ISBN 978-80-200-1677-5.

Mapy.cz [online]. [cit. 2023-07-25]. Dostupné z:

<https://mapy.cz/zakladni?vlastni-body&dim=64bfdc0f811c67d5ef3dfa85&x=18.6082421&y=49.7831790&z=11>

MARŠÁLEK, Blahoslav. Co jsou cyanobakterie/sinice?. Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny, 2005.

MARTIN, William F.; GARG, Sriram; ZIMORSKI, Verena. Endosymbiotic theories for eukaryote origin. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2015, 370.1678: 20140330.

METTING, Blaine. The systematics and ecology of soil algae. The Botanical Review, 1981, 47: 195-312.

MOREIRA, David, et al. Description of *Gloeomargarita lithophora* gen. nov., sp. nov., a thylakoid-bearing basal-branching cyanobacterium with intracellular carbonates, and proposal for *Gloeomargaritales* ord. nov. International journal of systematic and evolutionary microbiology, 2017, 67.3: 653.

MUR, R.; SKULBERG, Olav M.; UTKILEN, Hans. CYANOBACTERIA IN THE ENVIRONMENT. 1999.

OUDDA, B., et al. Detection and quantification of microcystins from cyanobacteria strains isolated from reservoirs and ponds in Morocco. Environmental Toxicology: An International Journal, 2002, 17.1: 32-39.

PAERL, Hans W.; TUCKER, Craig S. Ecology of blue-green algae in aquaculture ponds. Journal of the World Aquaculture Society, 1995, 26.2: 109-131.

SELLNER, Kevin G. Physiology, ecology, and toxic properties of marine cyanobacteria blooms. Limnology and oceanography, 1997, 42.5part2: 1089-1104.

SEVRIN-REYSSAC, J.; PLETIKOSIC, M. Cyanobacteria in fish ponds. Aquaculture, 1990, 88.1: 1-20.

SHTINA, E. A.; ANDREYEVA, V. M.; KUZYAKINA, T. I. Algae settlement of volcanic substrates. Bot. Zhurnal, 1992, 8: 33-42.

SCHRADER, Kevin K.; BLEVINS, Willard T. Geosmin-producing species of *Streptomyces* and *Lyngbya* from aquaculture ponds. Canadian Journal of Microbiology, 1993, 39.9: 834-840.

STAL, Lucas J. Physiological ecology of cyanobacteria in microbial mats and other communities. *New Phytologist*, 1995, 131.1: 1-32.

STAUB, Robert. Ernährungsphysiologisch-autökologische Untersuchungen an der planktischen Blaualge *Oscillatoria rubescens* DC. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie*, 1961, 23: 82-198.

STEWART, W. D. P.; ROWELL, P.; RAI, A. N. Cyanobacteria-eukaryotic plant symbioses. In: *Annales de l'Institut Pasteur/Microbiologie*. Elsevier Masson, 1983. p. 205-228.

STRUNECKÝ, Otakar; IVANOVA, Anna Pavlovna; MAREŠ, Jan. An updated classification of cyanobacterial orders and families based on phylogenomic and polyphasic analysis. *Journal of Phycology*, 2023, 59.1: 12-51.

TREUB, Melchior. Notice sur la nouvelle flore de Krakatau. *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg*, 1888, 7: 213-223.

WALSBY, A. E. Gas vesicles. *Annual review of plant physiology*, 1975, 26.1: 427-439.

WILMOTTE, Annick. Molecular evolution and taxonomy of the cyanobacteria. In: *The molecular biology of cyanobacteria*. Dordrecht: Springer Netherlands, 1994. p. 1-25.

ZIMORSKI, Verena, et al. Endosymbiotic theory for organelle origins. *Current opinion in microbiology*, 2014, 22: 38-48.

ŽÍDKOVÁ, Hana, Kateřina KNŮROVÁ, Petra KAREŠOVÁ, et al. *Hravý přírodopis 6: pro 6. ročník ZŠ a víceletá gymnázia*. Ilustroval Roland HAVRAN. Praha: Taktik, 2017. ISBN 978-80-7563-069-8.

## 9. Přílohy

### **Seznam příloh**

Příloha 1 - mapa odběrových míst + fotografie některých lokalit

Příloha 2 - Ohledání a práce se vzorky v laboratoři

Příloha 3 - Fotografie sinic nalezených ve vzorcích

Příloha 4 - Návrh praktického cvičení 1

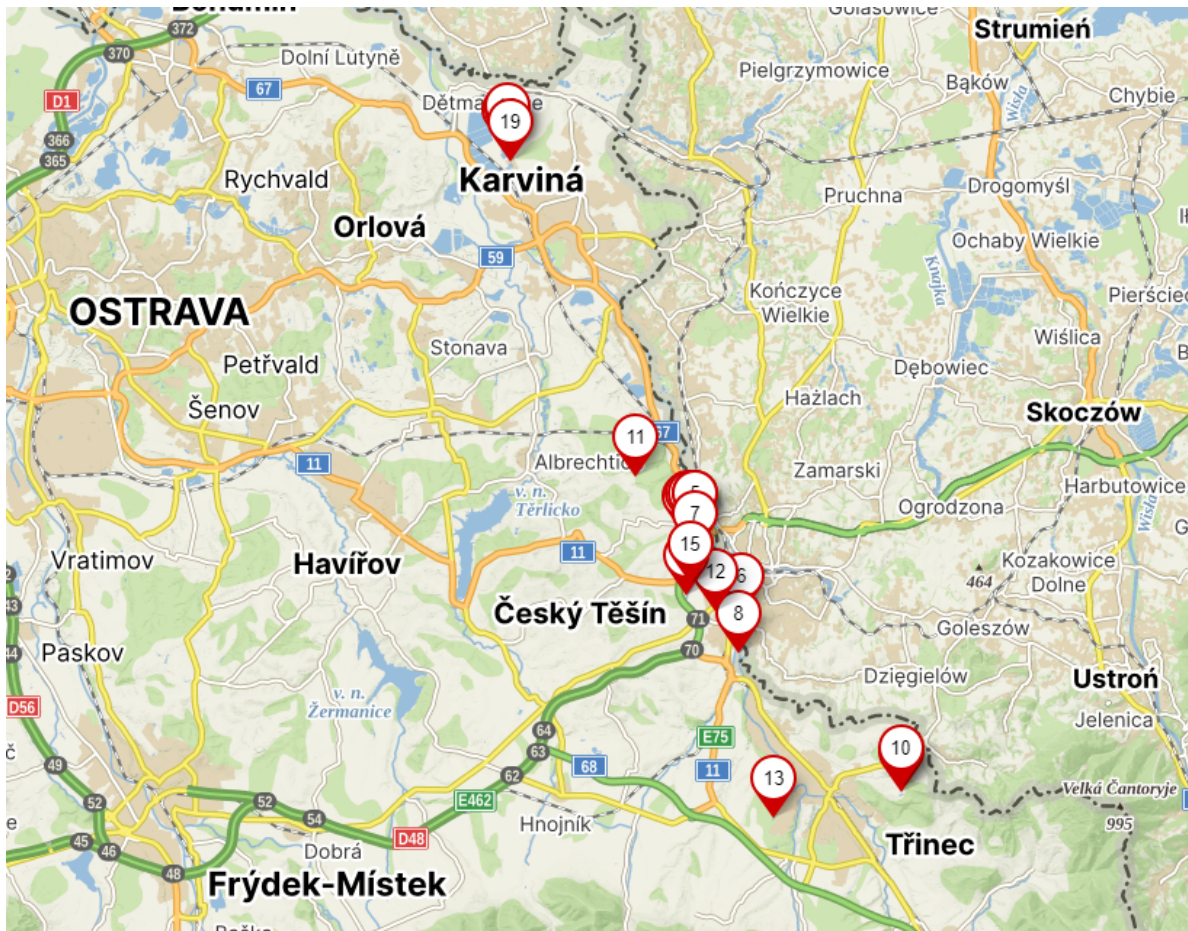
Příloha 5 - Návrh praktického cvičení 2

Příloha 6 - Návrh pracovního listu ke cvičení 1 + autorské řešení

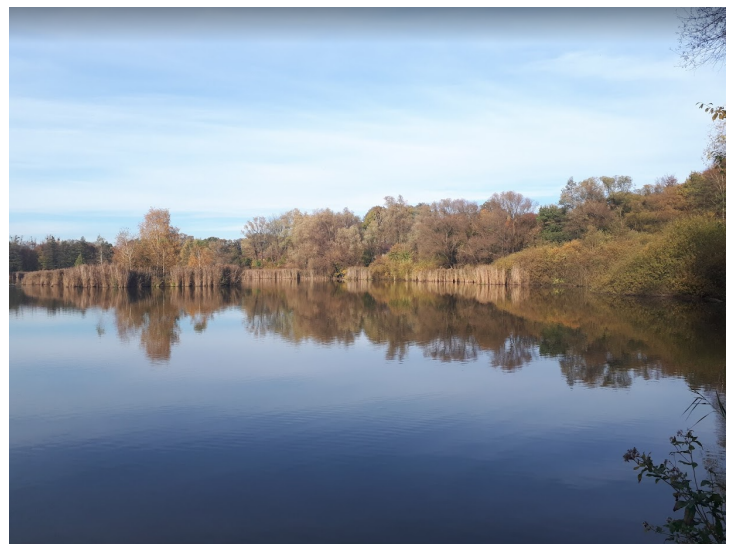
Příloha 7 - Návrh pracovního listu ke cvičení 2 + autorské řešení



## Příloha 1 - Mapa odběrových míst + fotografie některých lokalit



Obr. 1 Odběrové lokality (Mapy.cz)



Obr. 2 lokalita č. 17 Rybník Sirotek (Petr Widenka 2022)

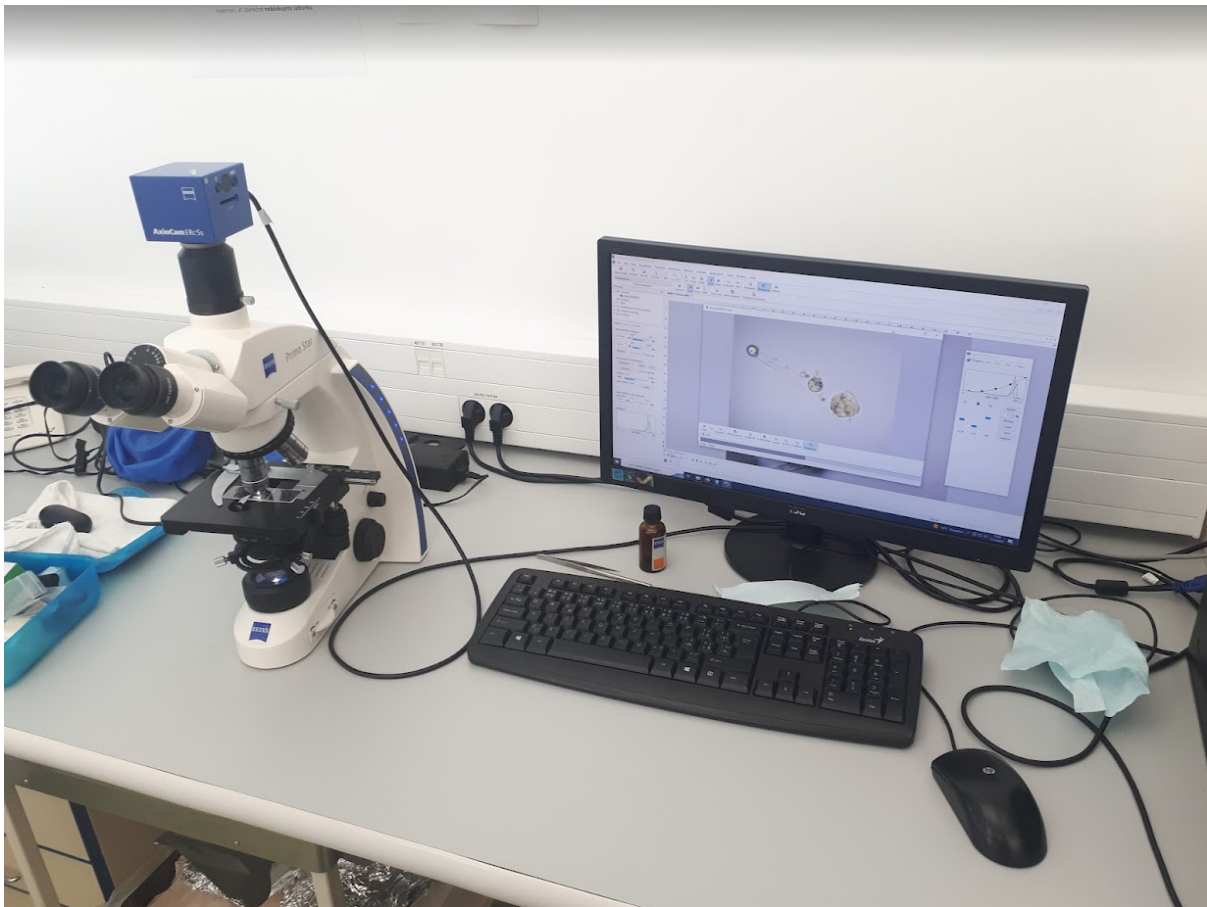


*Obr. 3 Lokalita č. 5 Zadní rybník ČT(Petr Widenka 2022)*



*Obr. 4 Lokalita č.6 Kaliště (Petr Widenka 2022)*

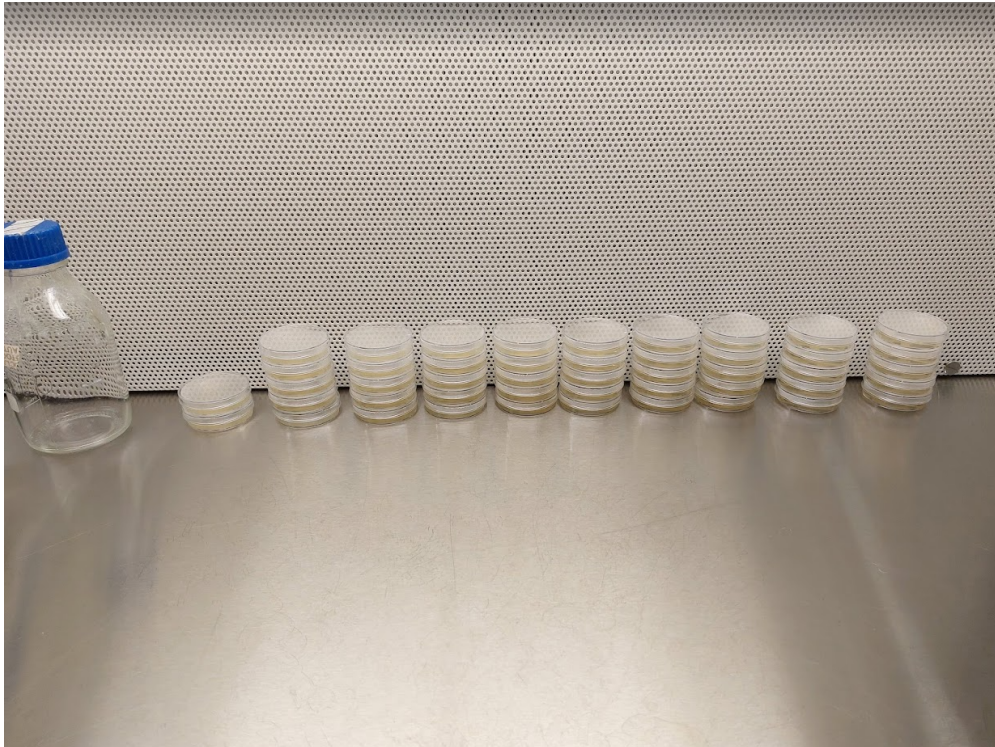
## Příloha 2 - Ohledání a práce se vzorky v laboratoři



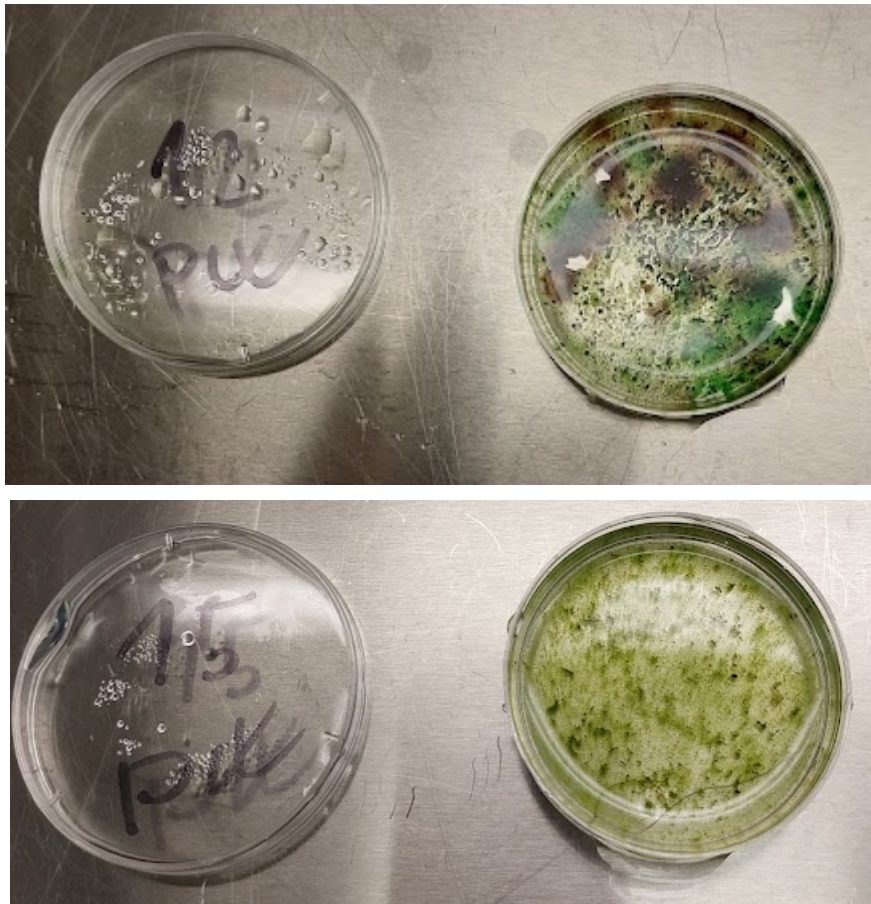
Obr.1 Aparatura využitá k fotografování sinic (Petr Widenka 2022)



Obr. 2 Imerzní objektiv se 100x zvětšením (Petr Widenka 2022)

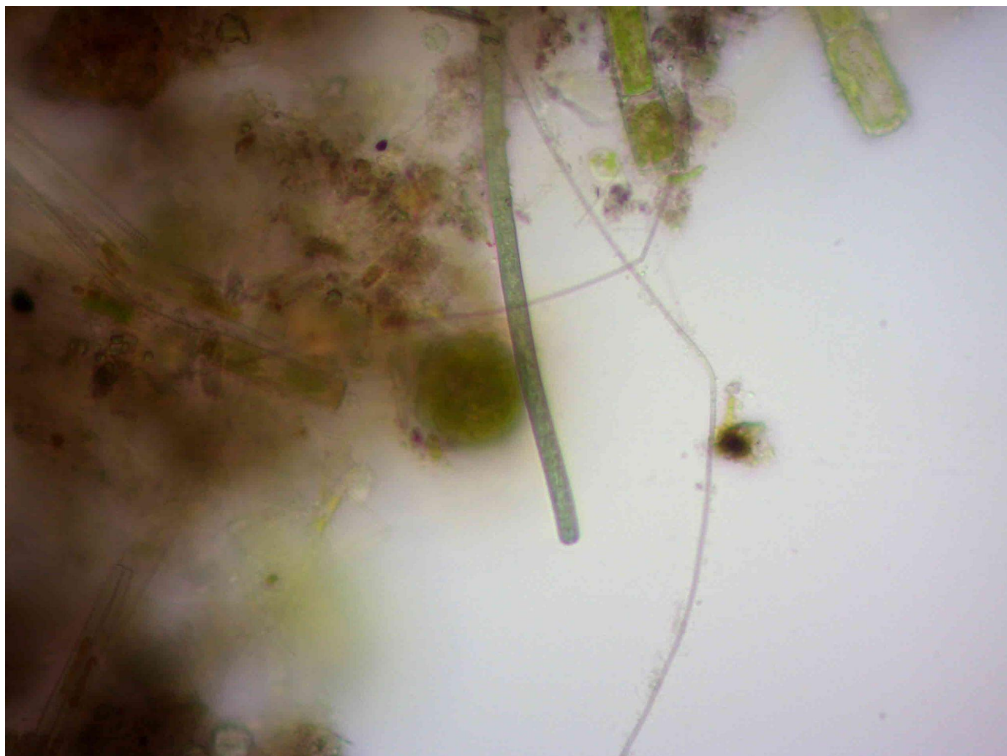


*Obr. 3 Příprava agarových médií pro kultivaci (Petr Widenka 2022)*

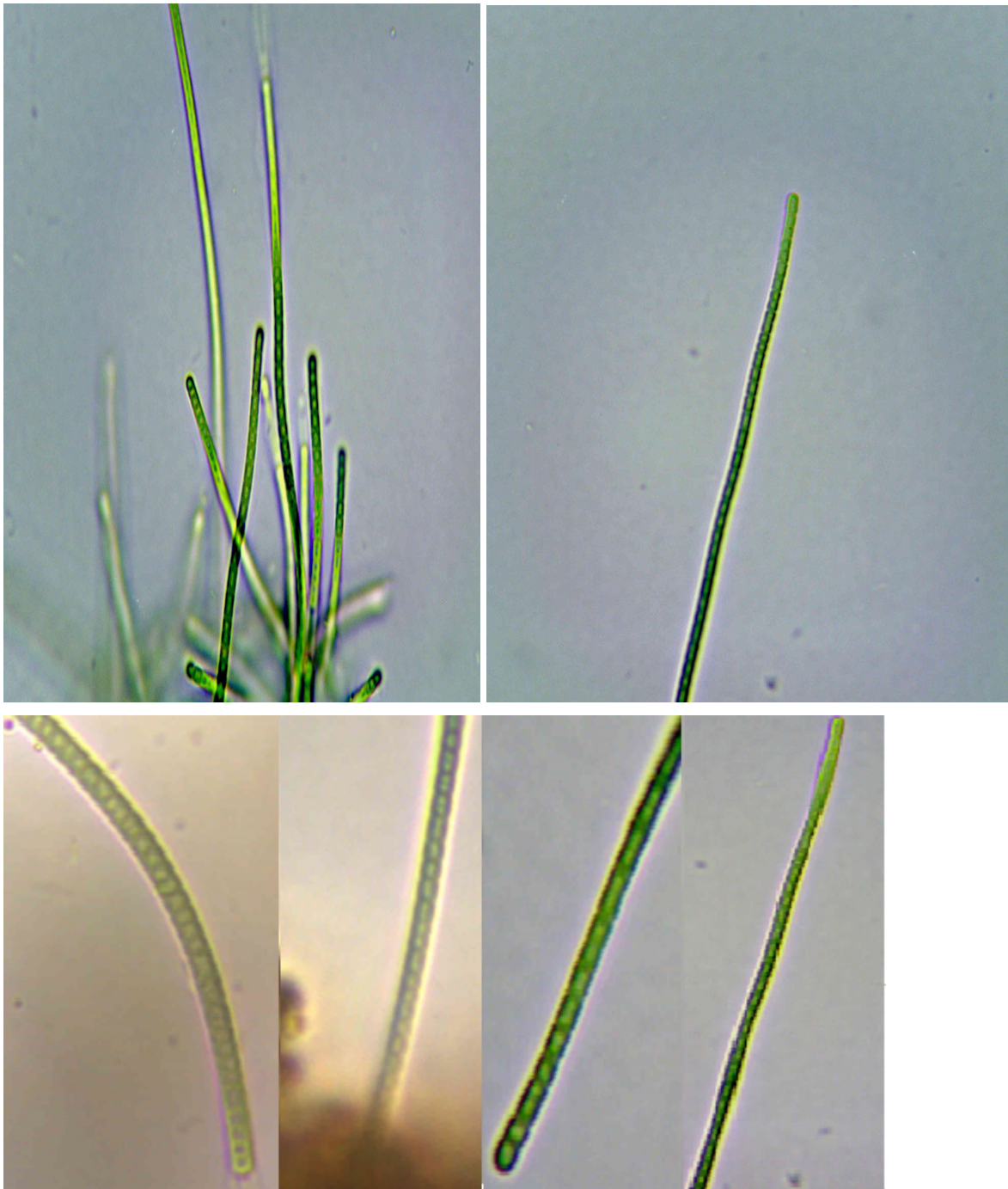


*Obr. 4 Vzorok v tekutém Z-mediu (Petr Widenka 2022)*

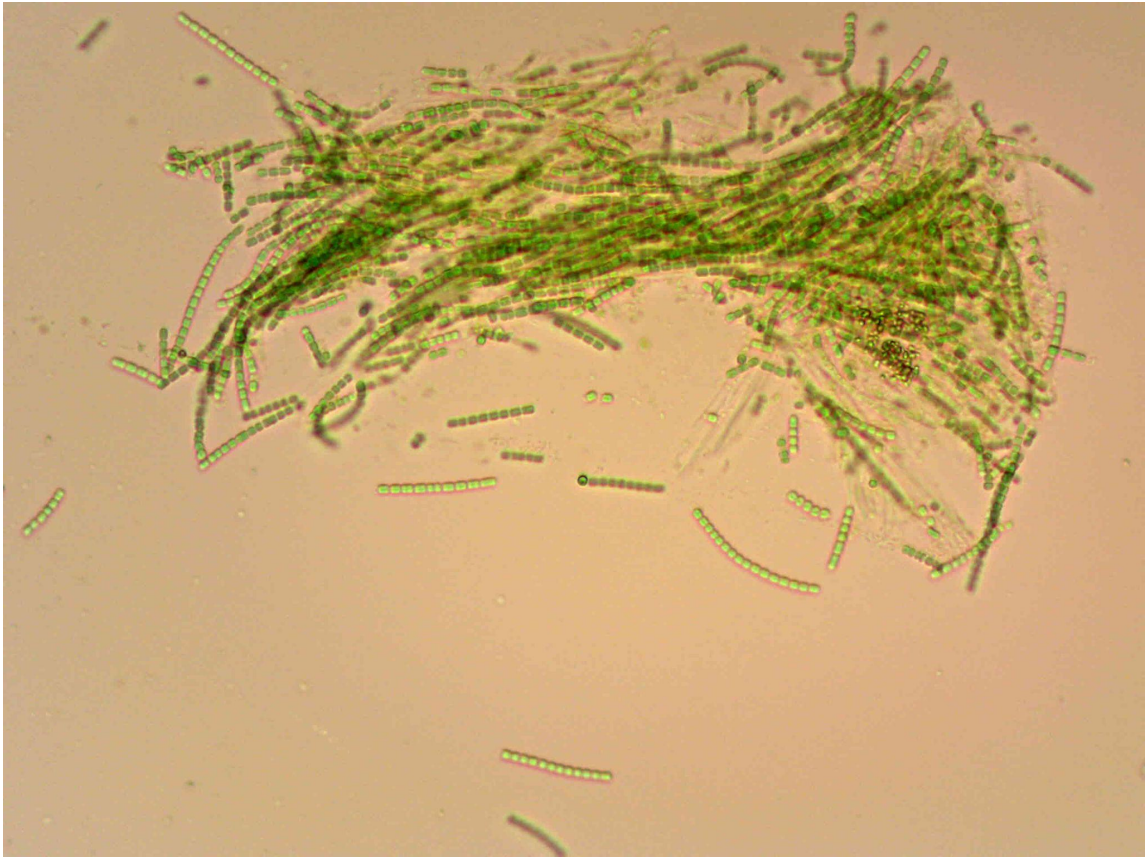
**Příloha 3** - Fotografie některých sinic



*Obr.1 Phormidium Sp. (Petr Widenka 2022)*



Obrázková tabule 1- *Leptolyngbya* Sp. (Petr Widenka 2022/2023)



Obr. 2 *Pseudanabaena* Sp. (Petr Widenka 2023)

#### **Příloha 4 - Návrh laboratorních cvičení 1**

### **NÁVRH LABORATORNÍHO CVIČENÍ - SBĚR A MORFOLOGIE SINIC**

**Předmět:** Biologie

**Tématický celek:** Prokaryota

**Časová náročnost:** 90 min (2 vyučovací hodiny)

**Ročník:** 1. ročník čtyřletého gymnázia.

#### **Výukové cíle:**

**kognitivní:** uvědomění si rozdílu mezi prokaryoty a eukaryoty, uvědomění si poznatků morfologie a spojení informací s pozorováním, opakování teorie o morfologii buněk

**Psychomotorické:** Praktické pozorování morfologie sinic a řas, procvičení práce s mikroskopem, přípravy preparátu a osvojení si bezpečné práce se sklem, zakreslení pozorovaných objektů do protokolu

#### **Průběh hodiny:**

- Žáci si na cvičení přinesou jimi nasbírané vzorky. Vyučující ověří teoretické znalosti žáků krátkým testem/ dotazováním.
- S vyučujícím zopakují základy práce s mikroskopem, jeho základní části a funkce. Žáci si připraví mikroskopy a potřebné nástroje.
- Vyučující předvede, jak připravit vhodný preparát, jak umístit preparát do mikroskopu a jak zaostřit na pozorované objekty.
- Žáci pozorují objekty pod mikroskopem, vyučující vysvětlí žákům náležitosti biologické kresby
- Žáci během hodiny vedou podrobný zápis o svém postupu práce
- Žáci nakreslí 3-5 objektů ze svého vzorku
- Po skončení hodiny žáci vypracují protokol, kde popíší systém práce, odběrovou lokalitu, doplní o fotografii a nakreslené objekty.

#### **Kompetence:**

Tímto praktickým cvičením žáci rozvíjí následné kompetence:

Kompetence k učení

- plánování a organizování pracovní činnosti - žák sám plánuje kdy provede přípravu na cvičení - odběr vzorku



kompetence k řešení problémů

- rozpozná problém, objasní podstatu, rozčlení ho na části -žák sám dokáže najít vhodnou odběrovou lokalitu dle zadaného popisu
- dokáže při řešení problému uplatnit vhodné metody a dříve získané znalosti

kompetence pracovní

- žák pracuje podle návodu, dodržuje systematický postup
- žák zaznamenává svůj postup tak, aby své poznámky mohl později využít pro zpracování protokolu
- úsporná práce - nepoužívá nadměrné množství materiálů
- dodržování pravidel bezpečné práce (Hausenblas 2008).

**Úvod:** Sinice jsou prokaryotní organismy typické bakteriální stavby. Jedná se o bakterie, které žijí v široké škále habitatů a to od nehostinných arktických pustin, přes vlhké a dobře osvětlené místa, až po zchladlé sopečné vyvěřeliny. Sinice můžeme skutečně najít téměř všude, ale nejlépe se jim daří na dobře osvětlených, dostatečně teplých stanovištích. Právě na takovém stanovišti se pro sinice stávají **limitujícím faktorem** pouze obsahy dusíku a fosforu v prostředí. Na takovém stanovišti pak sinice rostou v podstatě neomezeně.

Sinice jsou pro veřejnost známé díky vodním květům. **Vodní květ** jsou přemnožené sinice, které plavou na hladině. Problematika vodních květů není nikterak složitá. Sinice na vodní hladině se přemnoží a organismy si začnou navzájem konkurovat co se zdrojů a prostoru pro život týče. Aby se konkurujících organismů v okolí zbavily, některé sinice začnou vylučovat do svého okolí toxiny, které mohou následně ublížit i lidem, kteří se v zasažených lokalitách koupou.

Morfologie je biologická disciplína zabývající se vnější stavbou - vzhledem organismů. Na základě poznatků právě této disciplíny byly dlouhou dobu stavěny klasifikační systémy, které jsou však dnes již přežitkem. Moderní klasifikační systémy stojí na molekulárních a genových analýzách. Morfologií buňky však rozumíme její stavbu a to zejména její tvar.

Mezi základní tvary bakterií řadíme kokální, tedy kulovité buňky a buňky tyčinkovité. Bakterie kokální pak můžeme dále dělit podle počtu kulovitých buněk, který

organismus tvoří v jednom celku na diplokoky, streptokoky, stafylokoky a nebo sarciny. Tyčinkovité bakterie pak dělíme podle jejich zakřivení na vibria, které má tvar “vanilkového rohlíčku”, spirily a spirochety. Samozřejmě toto je pouze několik málo vybraných příkladů tvarů, reálný počet je mnohem vyšší. Bakterie se dají nadále klasifikovat podle přítomnosti bičíku a jejich uspořádání (Jelínek a Zicháček 2013).

Pro účely tohoto cvičení je na místě si říct něco málo o biologické kresbě. Biologická kresba není kresbou výtvarnou. Jejím úkolem není zachytit vše do posledního detailu, barvitě a vystínovaně. Úkolem biologické kresby je správně proporčně a výstižně zachytit realitu pozorovaného objektu. Do biologické kresby se zaznamenávají pouze podstatné detaily, důležitá je také velikostní proporce. Biologická kresba se nikdy nevybarvuje. Pro kresbu jako takovou je nejvhodnější tužka č.3, protože se nerozmazává. Biologické obrázky by měly být dostatečně velké, tak, aby na nich byly viditelné podstatné znaky a měly by být doplněné o výstižný popis.

### **Vybavení:**

Pro vzorkování: uzavíratelná zkumavka, kapesní nůž, plastová pipeta

Pro pozorování: mikroskop, podložní a krycí sklo

### **Postup::**

- 1) Studenti se vybaví zkumavkou/ lékovkou/ zavíratelnou nádobou, plastovou pipetou, nebo kapesním nožkem a v terénu odeberou vzorek vody přibližně 40 ml. Vhodné je provést odsátí usazenin z povrchu popřípadě oškrab z ponořené vodní vegetace.
- 2) Vzorkovaná lokalita by měla obsahovat velké množství vodní vegetace, nebo napadaných větví a stromů, která budou tvořit substrát pro organismy.
- 3) V hodině Biologie se vzorky prohlédnou pod mikroskopem ve formě klasického preparátu. Žáci pak vyberou 3-5 organismů, které našli ve svém vzorku a pokusí se je nakreslit a popsat jejich morfologii.
- 4) V případě, že by se žákům ve svém vzorku nepodařilo najít nic, je možné použít vzorek od spolužáků, popřípadě vyučujícího, pokud bude mít nějaký k dispozici.

**Výstup:** Výstupem z této hodiny by měl být protokol, ve kterém by žáci popsali ve zkratce vzorkovanou lokalitu doplněnou o fotografii, popis postupu odběru, popis postupu práce při přípravě preparátu a obrázky, které studenti nakreslí v hodině.

**Závěr:** V závěru hodiny vyučující opakuje s žáky morfologii bakteriálních buněk, ideálně na příkladech, které žáci objevili ve svých vzorcích. Na místě je případné doplnění výkladu o příklady, které žáci nenašli ve svých vzorcích. Ideální je zapojit obrázkovou prezentaci.

**Zdroje:**

JELÍNEK, Jan a Vladimír ZICHÁČEK. *Biologie pro gymnázia: (teoretická a praktická část)*. 10. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2013. ISBN 978-80-7182-333-9.

Příloha 5 - Návrh laboratorního cvičení 2

## **NÁVRH LABORATORNÍHO CVIČENÍ - EXTRAKCE FOTOSYNTETICKÝCH BARVIV**

**Předmět:** Biologie/chemie

**Tématický celek:** Prokaryota /fotosyntéza

**Časová náročnost:** 90 minut (2 vyučovací hodiny)

**Ročník:** 1. ročník čtyřletého gymnázia.

### **Výukové cíle:**

**Kognitivní:** Pochopení komplexnosti fotosyntetických barviv a systému fotosyntézy teoretické opakování fungování fotosyntézy, pochopení fungování dělicích a extrakčních postupů v chemii.

**Psychomotorické:** Osvojení principů bezpečné práce se sklem a chemikáliemi  
Osvojení principů dělicích a extrakčních metod,

### **Průběh hodiny:**

- Na začátku hodiny je studentům podán výklad o dělicích a extrakčních metodách, které budou používány ve cvičení, vysvětlení jejich principu
- Žáci si připraví pomůcky a pracují podle návodu ve skupinách po 2-3 lidech
- Během hodiny žáci pečlivě zaznamenávají svůj pracovní postup, doplní fotodokumentací.
- Po ukončení hodiny žáci vypracují protokol/ pracovní list, ve kterém zdokumentují svou práci, popíší principy použitých metod a doplní o fotografie

### **Kompetence:**

Tímto praktickým cvičením žáci rozvíjejí následující kompetence:

kompetenci k učení

- plánuje pracovní postup

kompetence k řešení problémů

- uplatní při řešení problému vhodné metody a dříve získané informace, vědomosti a dovednosti

kompetenci komunikativní

- efektivně komunikuje se spolužáky ve skupině, domlouvají se na dílčích úkolech a práci pro jednotlivé členy skupiny

- s porozuměním se učí používat odborné termíny

kompetenci pracovní

- plánuje práci do jednotlivých kroků, odhadne potřebný čas, navrhne vhodné postupy a dělení práce
- práce podle návodu, dodržení postupu
- pracuje úsporně, neplýtvá materiálem
- dodržuje bezpečnostní pravidla

**Úvod:** Fotosyntetická barviva jsou velké organické molekuly různých struktur, které jsou využívány různými organismy k přeměně světelné energie vyzářené sluncem na energii použitelnou pro organismus. Při pohledu na nejznámější fotosyntetické barvivo - chlorofyl spatříme tzv. porfyrinový/ tetrapyrrolový kruh, který obklopuje centrální iont hořčíku s oxidačním číslem +2. Chlorofyl řadíme do skupiny právě tetrapyrrolových barviv, kam patří například i hemoglobin. Tyto dvě barviva se v zásadě liší centrálním iontem. Při fotosyntéze se však nevyužívá pouze chlorofyl. Organismy obsahují velké množství různých podpůrných barviv, které při procesu fotosyntézy slouží k lepšímu sběru světla z okolí a tak napomáhají celkové efektivitě tohoto procesu.

Chromatografie je chemický dělicí postup, který se využívá k rozdělení látek na základě jejich různé afinity k mobilní a stacionární fázi. Chromatografických postupů máme mnoho, a při každém postupu se liší použité látky pro mobilní a stacionární fázi. Obecně se však dá říct, že stacionární fází bývá nějaká porézní látka, popřípadě iontoměnič, který se nehýbe a je jím naplněna nějaká kolona. Mobilní fáze potom bývá směs různých rozpouštědel v určitém poměru.

Mezi laboratorně běžně používané postupy patří například kapalinová a plynová chromatografie. Při plynové chromatografii je vzorek převeden na plyn a ten se pohybuje kolonou. Jedním z nejběžněji používaných chromatografických postupů je však chromatografie na tenké vrstvě a papírová chromatografie. Papírová chromatografie, jak už název napovídá, používá jako stacionární fázi papír, skrze který vzlíná rozpouštědlo a to unáší složky vzorku směrem vzhůru. Druhým zmíněným typem je chromatografie na tenké vrstvě, jinak také TLC chromatografie. Jedná se o postup, kdy se jako stacionární fáze používá silufolová deska pokrytá

tenkou vrstvou porézního materiálu jako silikagel nebo křída. Po této desce stejně jako po papíru v předchozím případě vzlíná rozpouštědlo, které unáší vzorky.

Pro vyhodnocení chromatografie, ať už papírové nebo silufolové, se používá veličina zvaná retenční faktor. Jedná se o bezrozměrnou veličinu, která se značí  $R_f$ . Jedná se v podstatě o poměr uražených vzdáleností. Pro její výpočet slouží vzorec  $R_f = a/b$ , kde  $a$  je vzdálenost, kterou urazilo čelo skvrny vzorku od startu,  $b$  je vzdálenost, kterou urazilo čelo vzlínajícího rozpouštědla. Tento poměr se pak využívá například při vyhodnocování neznámých vzorků při porovnání se vzorkem známým.

**Vybavení:** Tužka, pravítko, nůžky, plastová pipeta, dělicí nálevka, kádinky, vyvíjecí nádoba s víkem, odměrný válec, pipeta, TLC deska, skleněná tyčinka, stojan s kruhem, skleněné kapiláry

#### **Postup:**

- 1) Odebereme 5 ml roztoku kultury sinic a přidáme pár kapek 2% roztoku Tritonu - X 100.
- 2) Roztok promícháme a necháme 10 minut působit.
- 3) Po uplynutí času zahájíme extrakci. Do válce si odměříme 5 ml acetonu a roztoky smícháme v dělicí nálevce.
- 4) Se vzniklou směsí 5 minut třepeme a šetřkáme tak, abychom promísili roztoky a provedli extrakci. Během protřepávání každou minutu otočíme nálevku uzavřenou zátkou dnem vzhůru a upustíme vzniklý tlak.
- 5) Po protřepání necháme roztok 2 minuty ustálit a následně odpustíme vodnou složku do kádinky a acetonový extrakt do kádinky druhé.
- 6) Připravíme TLC desku, na kterou nakreslíme tužkou 1 cm od spodního okraje čáru.
- 7) Kapilárou nanese se vedle sebe v dostatečné vzdálenosti od sebe 4 kapky tak, aby se nepřekrývaly.
- 8) Kapky nanášíme v 10 vrstvách na 1 místo, tak, že roztok mezi tím vždy zaschne.
- 9) Připravíme si mobilní směs smícháním benzínu, isopropanolu a vody v poměru 100 : 10 : 0,25

- 10) Označené TLC desky umístíme do vyvíjecí nádoby s připravenou mobilní fází a počkáme, než mobilní fáze dojde svým čelem téměř před konec desky.
- 11) Po vytažení desky ji necháme oschnout a následně provedeme vyhodnocení barevných skvrn.

**Závěr:** Pokud se vše podaří tak jak má, budeme pozorovat roztažené skvrny jednotlivých fotosyntetických barviv po TLC desce. Pokud to přístrojové vybavení dovolí, je možné desku rozstříhat podle barevných pruhů, a provést extrakci barviv z desky do acetonu, a následně měřit jeho absorpční maxima při specifických vlnových délkách.

**Výstup:** Výstupem tohoto cvičení by měl být protokol, ve kterém studenti krátce popíší postup práce, princip chromatografie a doplní, jaké barvy viděli, a která barviva by to mohla být. Studenti dále do protokolu/ pracovního listu zapíší tabulku, do které vynesou vzdálenosti uražené čelem rozpouštědla a jednotlivými skvrnami a vypočítají příslušné  $R_f$  faktory. Vše může být doplněno fotografií TLC desky.

Zdroje: Návod do cvičení z fyziologie rostlin - Fotosyntetická barviva

## Příloha 6 - Návrh pracovního listu ke cvičení 1 + autorské řešení

Jméno:

Třída:

### PRACOVNÍ LIST - MORFOLOGIE

- Přípravná část

1. Popište vzorkovanou lokalitu, její blízké okolí (co roste na břehu, jestli se nachází v lese, nebo na louce, případně zda se jedná o velký rybník, nebo malé jezírko...)

Popis ideální vzorové lokality: Středně velké jezírko nacházející se na okraji středně hustě zalesněné oblasti. V jezírku se nachází velké množství vodní vegetace (Rákosy, Orobince), Na břehu rostou stromy a keře, některé se částečně naklánějí nad vodní hladinu. V jezírku se také nachází několik spadlých stromů a velké množství spadlých větví.

2. Pomocí mobilního telefonu zjistěte GPS souřadnice odběrové lokality a její nadmořskou výšku. Data запиšte.

GPS:

Nadmořská výška:

3. Lokalitu a odběrové místo vyfotťte. Fotografie vložte zde.

4. Ve zkratce popište postup odběru vzorku.

Vzor: Do sterilní uzavíratelné zkumavky jsem plastovou pipetou nabral asi 20 ml vody, poté jsem provedl odsátí sedimentu z betonového vstupu do jezírka. Odběr jsem zakončil oškrabem ze 3 rostlin rákosu, které byly v dosahu od betonového vstupu.



Vzorek odeberte maximálně 5 dní před cvičením. Nádobu, ve které vzorek přechováváte, nechte stát otevřenou v místnosti s dostatkem světla.

- Školní část

1. Kolikrát zvětšený obraz budu pozorovat, když použiju 10x zvětšující okulár a 40x zvětšující objektiv?

400x

2. Popište postup přípravy mikroskopického preparátu.

Vzor: Na podložní sklo umístím zhruba doprostřed středně velkou kapku vzorku. Při nabírání vzorku se snažím vyhnout odsátí nečistot, které by překážely v preparátu. Poté pomocí preparační jehly pomalu přiklopím krycí sklo tak, aby pod ním nezůstaly žádné bublinky. Takto připravený preparát mohu umístit do mikroskopu

3. Popište hlavní rozdíly mezi prokaryotními a eukaryotními organismy. Do které skupiny řadíme sinice?

Prokaryotní organismy nemají jádro, genetická informace je uskladněná v jedné kruhové molekule DNA, buňka je menší a nenajdeme v ní membránové organely.

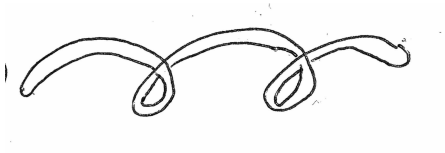
Eukaryotní organismy mají jádro i membránové organely, genetické informace je uskladněná v chromozomech uložených v jádře, buňky jsou obecně větší než buňky prokaryot.

Sinice řadíme mezi prokaryota.

4. Zakreslete modelový příklad Streptokoku a spirily.



Streptokok



Spirila

5. Co je to Spirocheta?

Spirocheta je pojmenování tvaru bakteriální buňky. Spirochety jsou spirálovitě stočené.

6. Jakými útvary se sinice odlišují od jiných fotosyntetizujících organismů?

Fykobilizomy

7. Z vašeho preparátu vyberte 4 organismy, které jste pozorovali a zakreslete je, obrázky doplňte o popis a zvětšení, při kterém jste je pozorovali

## Příloha 7 - Návrh pracovního listu ke cvičení 2 + autorské řešení

### PRACOVNÍ LIST - EXTRAKCE BARVIV

Jméno:

Třída:

1. Jaká znáte pomocná fotosyntetická barviva, jaké je strukturní složení chlorofylu?

Karotenoidy, fykocyaniny, fykoerythrin

2. Ve zkratce vysvětlete princip chromatografického dělení, jaké různé typy chromatografie znáte?

Chromatografické dělení vzorku spočívá v rozdílných afinitách dělené látky k jednotlivým částem kolony. Vzorek je unášen mobilní fází skrze fázi stacionární. Na základě různých interakcí mezi stacionární fází a vzorkem dochází ke zpomalení průchodu dělené látky.

Různé chromatografie: Papírová, TLC, Plynová, Kapalinová, gelová, kapilární...

3. Která veličina se používá k vyhodnocení chromatografie.

K vyhodnocení chromatografie se využívá Retenční faktor  $R_f$ .

4. Ve zkratce popište postup práce při přípravě chromatografického dělení.

Připravený vyextrahovaný vzorek kapilárou nanesu v několika vrstvách na 4 různé body na TLC desce 1 cm od okraje. Připravím mobilní fázi smícháním požadovaných chemikálií ve správném poměru. Mobilní fázi přeliju do vyvíjecí kádě a tu zakryju víkem. Vložím připravenou, suchou, označenou TLC desku, pod úhlem  $45^\circ$  a počkám, než čelo rozpouštědla dosáhne konce.

5. Jaké barvy jste pozorovali na TLC desce, zkuste odhadnout, jaké barvivo by mohlo způsobovat jednotlivé zbarvení. (Doplňte fotografii TLC desky)

Na desce by měly být pozorovány skvrny zelené - chlorofyl, žluté - Karotenoidy, fialovomodré - fykocyaniny.

6. Vypočítej  $R_f$  faktory pro jednotlivé skvrny, naměřené hodnoty zaznač do tabulky. (vzdálenost uražená čelem rozpouštědla, vzdálenost uražená čelem jednotlivých skvrn,  $R_f$  faktor)

Výpočet závisí na naměřených hodnotách.