

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Katedra biologie



Diplomová práce

Bc. Veronika Hedererová

Krásivková flóra bývalé pískovny v Želechovicích

Olomouc 2014

Vedoucí práce: Mgr. Jana Štěpánková, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou práci vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

V Olomouci dne 26.6. 2014

.....

Podpis

Na tomto místě bych v první řadě ráda poděkovala Mgr. Janě Štěpánkové, Ph.D. za odborné vedení práce, poskytování materiálových podkladů a podporující přístup.

Velké poděkování patří též mojí rodině a mému příteli, který mi byl po celou dobu velkou oporou.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá průzkumem krásivkové flóry na bývalé pískovně v Želechovicích. Práce tematicky navazuje na bakalářskou práci Hedererové (2012) „Srovnání řasových společenstev v různých typech stojatých vod v mikroregionu Uničovsko“.

Teoretická část práce je zaměřena na základní poznatky o pískovnách, společenstvech stojatých vod a krásivkách jako zájmové skupině řas. Praktická část je rozdělena na dva celky. První celek zpracovává výsledky mikroskopického pozorování vzorků ze 4 odběrových míst zvolených na zkoumané lokalitě. Výsledky tohoto zkoumání jsou sepsány do podoby přehledného soupisu nalezených taxonů sinic a řas a doplněny stručnými charakteristikami zajímavých nálezů. Nalezeným taxonům krásivek je věnována speciální kapitola, která zkoumá jejich vzácnost a bioindikační význam.

Druhý celek praktické části je zaměřen na zpracování návrhu přírodopisného výukového materiálu pro žáky na ZŠ tematicky orientovaný na sinice a řasy.

Abstract

This thesis deals with the desmid flora exploration on a former sand quarry in Želechovice. The work is thematically linked to the bachelor thesis of Hedererová (2012) "A comparison of algal communities in different types of stagnant water in the microregion Uničov."

The theoretical part focuses on the basic knowledge about sand pits, communities of stagnant water and characteristic of desmids. The practical part is divided into two parts. The first part presents results of microscopic observation of samples taken from four sampling sites selected for the prospect. The results of all discovered species of cyanobacteria and algae are drawn into a transparent list of found taxa and accompanied by brief characteristics of the interesting findings. A special chapter is devoted to desmid taxa recorded during the study and deals with their rarity and bioindication potential. The second part of the practical part is focused on the design of teaching materials for pupils in primary schools thematically oriented to cyanobacteria and algae.

Obsah

1 Úvod a cíle práce	8
2 Charakteristika zkoumaného území	9
2.1 Lokalizace území	9
2.2 Geologie a geomorfologie	10
2.3 Klimatické poměry	10
2.4 Biogeografické poměry - rostlinstvo	11
2.5 Zoologické poměry	13
3 Obecná charakteristika stojatých vod	15
3.1 Životní prostředí stojatých vod	16
4 Pískovny	17
4.1 Pískovny jako prvek v krajině	17
4.1.1 Píščiny	17
4.1.2 Otevřené trávníky	17
4.1.3 Ruderály	18
4.1.4 Mokřadní pískovny	18
4.1.5 Lesy	19
5 Podmínky růstu řas v přírodě	20
5.1 Světlo	20
5.2 Teplota	20
5.3 Minerální a organická výživa	21
5.4 Saprobity a toxicita	22
6 Společenstva stojatých vod	24
6.1 Fytoplankton	24
6.1.1 Sezonní dynamika fytoplanktonu	25
6.2 Fytobentos	25

7 Vlastnosti vody	27
7.1 Teplota vody	27
7.2 Hustota vody	28
7.3 Viskozita vody	28
7.4 Povrchové napětí vody	29
7.5 Světlo	29
7.6 Průhlednost vody	30
7.7 Barva a pach vody	30
7.8 Reakce vody - pH	31
8 Zkoumaná skupina řas - krásivky (Desmidiales)	32
8.1 Morfologie krásivek	32
8.2 Ekologie krásivek	34
8.3 Systematické vymezení krásivek	34
8.4 Krásivky jako bioindikátory prostředí	36
8.5 Stanovení ochranné hodnoty daného biotopu	37
9 Charakteristika zkoumané lokality	39
9.1 Těžba písku	39
9.2 Současný stav bývalé pískovny	39
9.3 Popis odběrových míst	40
10 Metodika práce	43
10.1 Měření vlastností vody	43
10.2 Odběr vzorků	44
10.3 Fixace řas	44
10.4 Laboratorní pozorování řas	45
10.5 Determinace řasové flóry	46
10.6 Pravidla nomenklatury	48
10.7 Použité taxonomické názvosloví	48

10.8 Hodnocení ekologického významu krásivek	49
10.9 Tvorba multimediálního atlasu sinic a řas	49
10.10 Použitá literatura pro textovou část multimediálního atlasu	50
11 Výsledky a diskuze	51
11.1 Naměřené fyzikálně chemické vlastnosti vody	51
11.2 Kvalitativní hodnocení řasové flóry	52
11.3 Hodnocení ekologických aspektů u krásivek	56
12 Sinice a řasy v učivu přírodopisu	57
12.1 Sinice a řasy v praktické části výuky	57
12.1.1 Zástupci sinic a řas vhodné pro výuku přírodopisu	58
12.2 Návrh multimediálního atlasu sinic a řas	62
12.2.1 Metodická příručka pro práci s multimediálním atlasem	62
12.2.2 Přehled fotografií v multimediálním atlase	63
ZELENIVKY (Chlorophyceae).....	65
12.2.3 Textová část multimediálního atlasu	66
Závěr.....	68
Seznam použité literatury	69
Seznam obrázků.....	73
Seznam příloh.....	75

1 Úvod a cíle práce

Opuštěné těžební prostory bývají útočištěm mnoha rostlin a živočichů. Jejich hlavní význam pro ochranu přírody spočívá v existenci tzv. oligotrofních stanovišť – míst s malým obsahem živin v půdě či vodě. Mezi tato na živiny chudá stanoviště patří také pískovny (Pejša et al. 2012).

K jednomu ze zástupců těchto stanovišť patří také krásivky, které jsou právě charakteristické tím, že obývají čistá a na živiny chudá stanoviště, mezi která patří i zkoumaná lokalita (Hindák 1978, Lenzenweger 1996, Coesel 1998).

Krásivky tvořící více než 5000 druhů patří k nejpozoruhodnějším zástupcům rostlinné říše. V případě krásivek můžeme skutečně hovořit o pravých rostlinách, přestože se většinou jedná o jednobuněčné organismy, mezi nimiž i největší zástupce zahlédneme bez mikroskopu jen stěží jako velmi drobné zelené vločky (Neustupa 2004).

Krásivky patří spolu s ostatními řasami mezi organismy, které jsou součástí fyto-bentosu - fotoautotrofního společenstva v oblasti dna vod, příp. součástí fytoplanktonu – společenstva jednobuněčných fotosyntetizujících organismů žijících ve vodním sloupci přírodních i umělých vodních nádrží všech typů (Hindák 1978). Pro své specifické nároky na prostředí bývají krásivky často využívány jako bioindikátory důležitých charakteristik mokřadních ekosystémů (Šťastný 2008).

Přestože jsou krásivky spolu s ostatními zástupci řas a sinic pod mikroskopem velice atraktivní svým vzhledem, bývají často ve výuce na základní škole neprávem opomíjeny z různých příčin, ať už pro svoji příliš velkou rozmanitost a tím obtížnost v určování, tak pro pouze sezónní dostupnost těchto organismů.

Hlavním cílem této diplomové práce je prozkoumat složení řasových společenstev s bližším zaměřením na krásivkovou flóru na bývalé pískovně v Želechovicích a zjistit, zda-li se skladba řasového společenstva liší od předešlého roku, kdy byla lokalita zkoumána v rámci bakalářské práce.

Dalším očekávaným výstupem této práce je zhotovení multimediálního atlasu sinic a řas, který zpestří a především zjednoduší výuku o sinicích a řasách na základních školách.

2 Charakteristika zkoumaného území

2.1 Lokalizace území

Zkoumaná lokalita se nachází v obci Želechovice v mikroregionu Uničovsko na území severní Moravy v severním výběžku Hornomoravského úvalu (obr. 1). Jeho jádrem je povodí řeky Oskavy v Uničovské tabuli, která je na jihu oddělena řekou Moravou, lužním lesem Doubravou a chráněnou krajinnou rezervací Litovelským Pomoravím. Z ostatních stran je nížina tvořící Želechovice obklopena podhůřím Jeseníků.



Obr. 1 Poloha Želechovic v mikroregionu Uničovsko (Uničov 2014)

2.2 Geologie a geomorfologie

Geologická charakteristika byla převzata z bakalářské práce (Hedererová 2012), která taktéž zkoumá oblast v mikroregionu Uničovsko.

Provincie: Západní Karpaty

Soustava: Vněkarpatské sníženiny

Podsoustava: Západní Vněkarpatské sníženiny

Celek: Hornomoravský úval

Podcelek: Středomoravská niva

Podcelek: Uničovská plošina

Zkoumanou lokalitu tvoří geomorfologická oblast Západní vněkarpatské sníženiny, která je součástí provincie Západních Karpat. Reliéf byl zformován procesy alpínského vrásnění, a to hlavně od svrchní křídý do terciéru (Chlupáč 2011).

Od svrchního pliocénu až do spodních čtvrtohor se v Hornomoravském úvalu tvořila jezera s odtokem přes část Středomoravských Karpat v oblasti Napajedelské brány (Hruban 2012). Vlivem tektonických pohybů docházelo mezi pliocénem a pleistocénem ke zmenšování sedimentační pánve a v důsledku těchto pohybů byl vytvořen terasový systém (Hruban 2012).

Hornomoravský úval je široká protáhlá sníženina o celkové rozloze 1315 m², střední výšce 225,8 m a středním sklonu 0°54'. Tvoří ji čtyři geomorfologické podcelky:

Prostějovská pahorkatina, Středomoravská niva, Holešovská plošina a Uničovská plošina, která zahrnuje oblast mikroregionu Uničovsko (Hruban 2012, Demek & Mackovčín 2006).

Území Želechovic je tvořeno širokou příkopovou propadlinou vyplněnou převážně neogenními a kvartérními sedimenty, šterky, písky, jíly, sprašemi a povodňovými hlínami. Vyskytují se zde převážně úrodné hnědozemě s přechodem do černozemí a nivních půd a v menší míře se zde vyskytují také glejové a oglejené půdy (Zamazal 2011).

2.3 Klimatické poměry

„Klima je výslednicí dlouhodobého působení radiačních poměrů, všeobecné cirkulace atmosféry, vlastností podkladu (nadmořská výška, tvar terénu, jeho sklon a orientace, schopnost pohlcovat a odrážet záření) a lidských zásahů“ (Květoň et al. 2011, s. 3).

Jednou z nejpoužívanějších klasifikací klimatických poměrů je klasifikace Quitta z roku 1975. Quitt (1975) řadí oblast Hornomoravského úvalu do teplé klimatické oblasti T2 (viz tab. 1). Tato oblast je charakterizována dlouhým, teplým a suchým létem, mírně teplou až velmi suchou zimou s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky a velmi krátkými přechodnými obdobími s teplým až mírně teplým jarem a podzimem.

Tab. 1: Jednotlivé charakteristiky teplé klimatické oblasti T2 (Quitt 1975)

Klimatická oblast - charakteristiky	T2
Počet letních dnů	50 - 60
Počet dnů s průměrnou teplotou 10°C a více	160 - 170
Počet mrazových dnů	100 - 110
Počet ledových dnů	30 – 40
Průměrná teplota v lednu (°C)	(-2) - (-3)
Průměrná teplota v červenci (°C)	18 – 19
Průměrná teplota v dubnu (°C)	8 – 9
Průměrná teplota v říjnu (°C)	7 – 9
Průměrný počet dnů se srážkami 1mm a více	90 - 100
Srážkový úhrn ve vegetačním období (mm)	350 - 400
Srážkový úhrn v zimním období (mm)	200 - 300
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	40 - 50
Počet dnů zamračených	120 - 140
Počet dnů jasných	40 - 50

2.4 Biogeografické poměry - rostlinstvo

Z biogeografického hlediska území Želechovic přináleží do hercynské podprovincie střeoevropských listnatých lesů. Prolínají se zde druhy teplomilné a horské. Oblast leží ve 2. vegetačním stupni (Zamazal 2007). Souvislý výskyt druhého vegetačního stupně je vázán na teplou klimatickou oblast T2 s délkou vegetačního období 165 dní (Culek et al. 1996).

Krajina druhého vegetačního stupně, nazývaného bukodubový, je součástí pravěké ekumeny se všemi důsledky pro vývoj bioty. V tomto stupni převládá polní krajina s typickými

obilovinami (pšenice, kukuřice) a řepou cukrovkou. Orná půda zaujímá 61,8 % plochy, travní porosty 4,4% a 14,3% lesy (Culek et al. 1996).

V oblasti Želechovic jsou nejvíce zastoupeny pozemky obdělávané jako role a oratelné louky, zatímco lesy pouze jako malé remízky. Z dřevin převažují listnáče, a to především podél vodních toků. Zamazal (2007) uvádí následující zastoupení rostlinstva (resp. dřevin):

<i>Acer negundo</i> L.	javor jasanolistý
<i>Acer platanoides</i> L.	javor mléč
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	javor klen
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	jírovec maďal
<i>Alnus glutinosa</i> L.	olše lepkavá
<i>Alnus incana</i> L.	olše šedivá
<i>Betula pendula</i> Roth	bříza bělokorá
<i>Corylus maxima</i> L.	líška největší
<i>Crataegus x macrocarpa</i> Hegetschw.	hloh velkoplodý
<i>Fagus sylvatica</i> L.	buk lesní
<i>Frangula alnus</i> Mill.	krušina olšová
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	jasan ztepilý
<i>Juniperus communis</i> L.	jalovec obecný
<i>Loranthus europaeus</i> Jacq.	ochmet evropský
<i>Lonicera caprifolium</i> L.	zimolez kozí list
<i>Magnolia soulangeana</i> Soul.- Bod.	šácholan soulangeův
<i>Parthenocissus quinquefolia</i> L.	loubinec pětistý
<i>Philadelphus coronarius</i> L.	pustoryl věncový
<i>Picea pungens</i> Engelm.	smrk pichlavý
<i>Picea sitchensis</i> (Bong.) Carrière	smrk sitka
<i>Pinus sylvestris</i> L.	borovice lesní
<i>Populus nigra</i> L.	topol černý
<i>Populus tremula</i> L.	topol osika
<i>Prunus spinosa</i> L.	slivoň trnka
<i>Pyracantha coccinea</i> Roem.	hlohyně šarlatová
<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.	dub zimní
<i>Quercus robur</i> L.	dub letní
<i>Robinia pseudacacia</i> L.	trnovník akát

<i>Rosa canina</i> L.	růže šípková
<i>Rubus caesius</i> L.	ostružiník ježiník
<i>Rubus fruticosus</i> L.	ostružiník křovitý
<i>Rubus idaeus</i> L.	ostružiník maliník
<i>Salix alba</i> L.	vrba bílá
<i>Salix fragilis</i> L.	vrba křehká
<i>Sambucus nigra</i> L.	bez černý
<i>Syringa vulgaris</i> L.	šeřík obecný
<i>Thuja occidentalis</i> L.	zerav západní
<i>Tilia americana</i> L.	lípa americká
<i>Tilia cordata</i> Mill.	lípa srdčitá
<i>Tilia tomentosa</i> Moench	lípa stříbrná

2.5 Zoologické poměry

Charakteristika zoologických poměrů ve zkoumaném území byla převzata z předcházející bakalářské práce (Hedererová 2012).

Pro celý region je velmi významný výskyt hmyzu. Vodní prostředí poskytuje domov larvám jepic (Ephemeroptera), vážek (Odonata), pošvatek (Plecoptera) a chrostíků (Trichoptera), v jejich okolí je možné sledovat dospělé motýlice lesklé (*Calopteryx splendens*) nebo šídla červeného (*Aeschna isosceles*) (Hedererová 2012, Střední Morava 2012).

V lesích můžeme najít velmi početné kolonie hnízd lesních mravenců, pro xerothermní stanoviště jsou zase typickými zástupci kozlíček hnědý (*Dorcadion fulvum*) a chrobák ozbrojený (*Odontaeus armiger*) (Hedererová 2012, Střední Morava 2012). Nejpočetnější skupinu však tvoří motýli. Vyskytují se zde mnohé druhy chráněné celoevropskou soustavou Natura 2000, jako například přástevník kostivalový (*Callimorpha quadripunctaria*), okáč voňavkový (*Brintesia circe*) a modrásek vikvicový (*Polyommatus coridon*) (Hedererová 2012, Střední Morava 2012).

Kromě členovců se v mikroregionu se hojně vyskytují i obratlovci, na zkoumané lokalitě především zástupci rybí fauny, ze kterých je třeba zmínit kapra obecného (*Cyprinus carpio*), a sumce velkého (*Silurus glanis*), jednoho z našich největších vodních dravců.

Celá oblast je také významná pro hnízdění ptáků. V blízkosti mokřadů můžeme spatřit hnízdit čápa bílého (*Ciconia ciconia*) a labutě (*Cignus* sp.), které jsou vidět téměř celý rok v oblasti bývalé pískovny v Želechovicích (Hedererová 2012).

V zemědělské krajině, převládající v celém regionu, najdeme mnoho druhů hlodavců, z nejrozšířenějších zástupců je to hraboš polní (*Microtus arvalis*) či myš domácí (*Mus musculus*) (Hedererová 2012).

3 Obecná charakteristika stojatých vod

Přestože bakalářská práce Hedererové (2012), obsahuje také kapitolu zabývající se obecnou charakteristikou stojatých vod, považuji zařazení této kapitoly za nezbytné, protože zkoumaná lokalita (zaplavená pískovna) patří právě mezi tento typ vod.

Hlavním rysem pro stojaté vody je neexistence trvalého jednosměrného proudění vody. Voda se může pohybovat i ve stojatých vodách, ale nikdy se nejedná o stálý jednosměrný pohyb. Proudění vody je v tomto případě většinou způsobeno konvekčním prouděním nebo působením větru (Sukop 2006, Slavík et al. 2007).

Jak uvádí Sukop (2006), stojaté vody bývají také označovány jako lentické. Povrchové vrstvy jsou uváděny do pohybu nejčastěji působením větru. Na závětrné straně dochází k elevaci (převyšování hladiny) a na návětrné straně naopak k depresi (ke snížení hladiny). Zatímco v mělkých vodních nádržích může vlnění vody způsobit pohyb celého vodního sloupce, v hlubokých nádržích se ve větších hloubkách už vlnění hladiny neprojevuje. Dalším pohybem hladiny je kývavý pohyb, ke kterému většinou dochází po ukončení působení vnějšího podnětu, větru. Hladina se tímto pohybem snaží dostat do původní polohy. Periodické pohyby označujeme jako seiche. *„Seiche jsou v podstatě stojaté vlny s velkou vlnovou délkou, při kterém se hladina pohybuje nahoru a dolů. Délka trvání vlnění se může pohybovat od několika minut až po desítky hodin“* (Sukop 2006, s. 69).

Z hlediska koloběhu látek jsou stojaté vody uzavřeným ekosystémem a látky zde vytvořené nejsou odnášeny od místa svého vzniku, s výjimkou odnosu způsobeného výletem dospělců vodního hmyzu, vypouštěním rybníků nebo vysekáváním rostlin (Sukop 2006, Slavík et al. 2007).

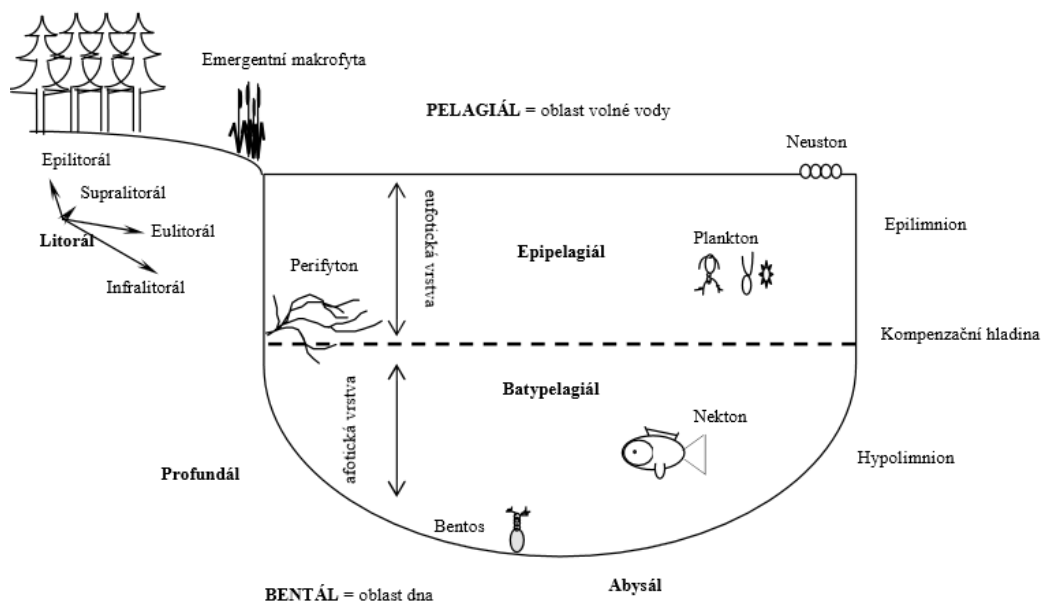
Podle Sukopa (2006) dělíme stojaté vody na několik základních typů a těmi jsou jezera, rybníky, údolní nádrže, rašeliniště, tůň, saliny, zatopené lomy a pískoviště aj. Zejména různé typy drobných vod, jako jsou například jezírka, mrtvá ramena řek, periodické vody nebo zatopená pískoviště, mezi něž patří i zkoumaná lokalita, poskytují vhodné prostředí pro růst bentosových řas (Hindák 1978). Jámy vzniklé těžbou naplavených říčních písků a štěrkopísků, do kterých zespodu prosakuje podpovrchová voda nebo infiltrovaná voda z blízkého toku, nemají přímý přítok povrchové vody a mají tak v porovnání s ostatními nádržemi podstatně čistější a na živiny chudší vodu (Hindák 1978, Pejša et al. 2012). Přísun živin splachováním z okolní polnohospodářsky obráběné půdy nebo z podloží však podmiňuje i eutrofizační proces, jehož projevem je rozvoj planktonních a bentosových řas (Hindák 1978).

3.1 Životní prostředí stojatých vod

Životní prostředí stojatých vod je možné rozdělit na oblast dna nazývanou bentál a na volnou vodu, pelagiál (Sukop 2006, Rajchard et al. 2002).

Bentál představuje celý areál dna, jež zasahuje do dvou oblastí – litorálu a profundálu (Lellák and Kubíček 1996). Mělká oblast poblíž břehů, ve které světlo prochází až na sedimenty dna, se nazývá litorál a dominují zde především makrofyta (tj. větší vodní rostliny). Vyčlenění litorálu je specifické podle typu vodního ekosystému. Například v hlubokých jezerech bývá jako litorál označována oblast, kam až roste submerzní vegetace, v mělkých rybnících se jako litorál označuje oblast vynořené pobřežní vegetace. Obecně můžeme říci, že se název litorál používá pro pobřeží do hloubky cca 6m. Druhá vrstva, pásmo zvané profundál, je neosvětleným pásmem bentálu (Rajchard et al. 2002). Bentál tvoří sedimenty dna, na jejichž povrchu se nachází množství organismů. Aktivitou těchto organismů může být horní vrstva organicky bohatých sedimentů až do hloubky 2-5 cm promísena (Rajchard et al. 2002).

Pelagiál, oblast volného dna je obýván planktonem a nektonem. Fytoplankton je tvořen především zástupci chrysomonád (*Chrysophyceae*), skrytěnek (*Cryptophyceae*), obrněnek (*Dinophyceae*), zelených bičíkovců (*Chlorophyceae*) a sinic (*Cyanophyceae*). Mrtvý fytoplankton slouží i jako substrát pro další organismy (Ambrožová 2003).



Obr. 2 Hlavní biotopy stojatých vod a jejich společenstva (Ambrožová 2003)

4 Pískovny

Pískovna je povrchový lom, který je určený pro těžbu přírodního písku nebo v častějších případech šterkopísku. Ve většině případů se jedná o mělkou povrchovou jámu, jež vzniká postupným odstraněním povrchové půdní vrstvy těžební činností člověka. Svým charakterem řadíme zatopené pískovny mezi stojaté vody (Sukop 2006).

Pískovny bývají zatopeny buď vodou přivedenou z blízkého okolí, nebo prosakující podzemní vodou do vytěženého prostoru (Sukop 2006).

4.1 Pískovny jako prvek v krajině

4.1.1 Píščiny

Opuštěné těžební prostory tvoří významný prvek v krajině a poskytují stanoviště řadě rostlin a živočichů, často i vzácných a ohrožených. Nejdůležitější oligotrofní stanoviště, která najdeme v opuštěných pískovnách, tvoří píščiny, které vznikají těsně po skončení těžby. Holý písek je ihned po skončení těžby osídlován rostlinami. Nejprve zde vznikají společenstva rostlin vyžadující málo živin a nesnášející konkurenci. Většina těchto rostlin z mnohých míst naší přírody již vymizela a pískovny tak pro ně tvoří náhradní stanoviště. Mezi zástupce těchto rostlin patří například bělolist nejmenší (*Filago minima*) nebo nahoprudka písečná (*Teedsalina nudicaulis*). Mezi druhy neohrožené pak řadíme paličkovec šedavý (*Corynephorus canescens*) nebo chmerek vytrvalý (*Scleranthus perennis*) (Řehounková 2006, Řehounek 2010, Šinko 2010).

Stejně jako rostliny, tak i někteří živočichové se specializovali na život v píščinách. Řadíme sem zástupce hmyzu z čeledí mravkolvovití (Myrmeleonidae) a svižníci (Cicindelidae). Většina z nich je ohrožena, protože mimo pískovny v přírodě podobná místa chybí (Řehounek 2010).

4.1.2 Otevřené trávníky

Zůstane-li biotop píščin bez zásahů, může se v suchých stanovištích vytvořit ještě další poměrně cenný biotop - otevřený trávník. Specifickým typem jsou trávníky na iniciálních stanovištích pískoven. Často zde dominuje výše zmíněný *Corynephorus canescens* a další druhy špatně snášející konkurenci, ale jsou výborně přizpůsobené extrémním ekologickým podmínkám píščin. Kromě trav a bylin se v suchých trávnících vyskytují některé dřeviny,

například růže šípková (*Rosa canina*), svída krvavá (*Swida sanguinea*) a hlohy (*Crataegus* spp.) (Řehounek 2006, Řehounek 2010, Šinko 2010).

Z živočichů obývají suché písčiny kudlanka nábožná (*Mantis religiosa*), zástupci čeledi Meloidae (majkovití) a Cicindelidae (svižníci), aj. Travnaté písčiny jsou důležité také pro výskyt plazů, jako jsou zejména ještěrka obecná (*Lacerta agilis*) a zmije obecná (*Vipera berus*). Ze vzácnějších druhů ptáků zde hnízdí ťuhýk obecný (*Lanius collurio*) nebo bělořit šedý (*Oenanthe oenanthe*) (Řehounek 2006).

Na vlhkých stanovištích se mohou vytvořit louky, které v pozdější fázi sukcesního vývoje začínají osídlovat také dřeviny. Na velmi vlhkých stanovištích to může být olše lepkavá (*Alnus glutinosa*) nebo různé druhy vrb (*Salix* spp.) (Řehounek 2010, Šinko 2010).

4.1.3 Ruderály

Za určitých okolností, spojených s působením člověka v krajině, může v písčinně vzniknout i zcela nehodnotný biotop nazývaný ruderál. Těmito okolnostmi mohou být například skládky v písčinnách nebo přítomnost ruderálních druhů v blízkém okolí písčiny, např. kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*) nebo rostliny z čeledi Chenopodiaceae (merlíkovité). Ruderální ani invazivní rostliny nepředstavují většinou v prostředí písčiny problém, protože v pozdějších fázích sukcese podléhají konkurenčně zdatnějším druhům, a to především dřevinám (Řehounek 2010).

4.1.4 Mokřadní písčiny

Pokud těžba probíhá pod úrovní hladiny podzemní vody nebo v její těsné blízkosti, vznikají mokřady, které často tvoří náhradní stanoviště pro mizející mokřadní druhy. Z rostlin zde roste např. *Drosera rotundifolia* (rosnatka okrouhlolistá), vachta trojlístá (*Menyanthes trifoliata*), bublinatky rodu *Utricularia* nebo plavuňka zaplavovaná (*Lycopodiella inundata*), pro kterou písčiny představují hlavní prostředí, ve kterém se vyskytuje (Řehounek 2006, Šinko 2010).

Z živočichů nachází v mokřadních písčinnách vhodné podmínky k životu řada bezobratlých, zejména vzácnější druhy vážek (Odonata) a brouk rákosníček (*Donacia versicolorea*). Tůň v písčinnách slouží také často k rozmnožování obojživelníků, jako je blatnice skvrnitá (*Pelobates fuscus*), ropucha krátkonožá (*Epidalea calamita*), rosnička zelená (*Hyla arborea*), kuňka ohnivá (*Bombina orientalis*) nebo čolek velký (*Triturus cristatus*).

Z plazů bývá hojnější chráněná užovka obojková (*Natrix natrix*), z ptáků taktéž chráněný moták pochop (*Circus aeruginosus*) (Řehouňková 2006, Šinko 2010).

4.1.5 Lesy

Ve většině suchých a mokřadních pískoven směřuje přirozený vývoj vegetace a krajiny k lesům. Délka celého procesu závisí na různých podmínkách stanoviště, jako je například vlhkost, dále také na tom, jaké druhy dřevin rostou v blízkém okolí těžebny (Řehouňková 2006).

V suchých pískovnách směřuje vývoj především ke vzniku listnatých lesů, tvořených směsí dřevin - dub letní (*Quercus robur*), jeřáb obecný (*Sorbus aucuparia*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*) a bříza bělokorá (*Betula pendula*), často s bohatým bylinným a keřovým patrem. Mohou se zde však vyskytovat i jehličnany, a to zejména borovice lesní (*Pinus sylvestris*) nebo smrk ztepilý (*Picea abies*). V mokřadních pískovnách vznikají hlavně podmáčené olšiny nebo vrby (Řehounek 2010).

5 Podmínky růstu řas v přírodě

V následující kapitole jsou vymezeny podmínky růstu řas v přírodě, mezi něž patří především světlo, teplota, živiny a saprobita vody.

5.1 Světlo

Světlo je základní a nezbytnou podmínkou pro růst a vývoj všech rostlin a dalších fotosyntetizujících organismů – je tedy rozhodujícím faktorem i pro růst sinic a řas. V našich podmínkách nemají příliš velký význam vysoké intenzity světla, jako limitující faktor však světlo působí v případě, že se jedná o světlo dopadající pod vrstvu sněhu a ledu na zamrzlých rybnících a přehradách nebo pod souvislý porost okřehku na hladině rybníků, v přehradách s hnědě zbarvenou vodou a v povrchových vrstvách půdy (Křisa et al. 1989).

Většina řas jsou autotrofními organismy, z čehož plyne, že mají fotosyntetické pigmenty (Hindák 1978). Základním pigmentem je chlorofyl a, který mají všechny autotrofní řasy (Hindák 1978, Kalina & Váňa 2005). Bylo dokázáno, že pouze chlorofyl a má schopnost měnit energii světla na energii, která je vázána v organických látkách. Tato reakce se nazývá fotosyntéza a je jediným zdrojem organické hmoty na Zemi (Hindák 1978). Dalšími fotosyntetickými pigmenty řas jsou chlorofyly b až e, žluté a červené karotenoidy, modrý fykocyanin a karmínový fykoerytrin, přítomný zejména v sinicích a červených řasách (Hindák 1978, Kalina & Váňa 2005). Tyto pigmenty mají zřejmě pouze úlohu optických filtrů a umožňují využití světla pro fotosyntézu v celém rozsahu aktivní radiace (Hindák 1978).

Fotosyntéza je závislá na intenzitě světla. S přibývajícím hloubkou vody světla ubývá, a v případě, že poklesne pod 1% povrchového osvětlení, není možná fotosyntéza a buňky řas dále nerostou (Hindák 1978).

5.2 Teplota

Teplota má všeobecně vliv na rychlost metabolických procesů. „*Tento vliv je vyjadřovaný tzv. teplotním koeficientem Q_{10} , který udává, kolikrát se zvýší intenzita jistého metabolického procesu při zvýšení teploty o 10°C* “ (Hindák 1978 s. 29). Ichimura (1968) udává průměrný teplotní koeficient pro fotosyntézu fytoplanktonu $Q_{10} = 2,1$ při saturační intenzitě světla. Přitom však poznamenává, že při nízkých intenzitách světelného záření není primární produkce planktonu ovlivňována teplotou.

Mezi nárostovými řasami, které jsou úzce vázány na stanoviště, jsou druhy specializované na extrémní teploty, od kryosestonových řas na sněhu, které jsou fotosynteticky aktivní při teplotě okolo bodu mrazu, po termální sinice vegetující v horských pramenech až při 85°C (Hindák 1978). Naproti tomu mezi fytoplanktonními organismy nebyl zjištěn žádný stenotermní druh (Hindák 1978).

Při sezónním střídání populací řas, například na jaře při rozvoji rozsivek nebo při letním růstu sinic, je třeba kromě teploty hledat i jiné vysvětlující faktory jako je čerpání živin, parazitismus nebo schopnost využít větší intenzitu světla apod. Jako příklad je možné uvést některé druhy rozsivek, které jsou charakteristické pro jarní období, ale objevují se znovu i na podzim, při podstatně vyšší teplotě vody, ale při přibližně stejné délce dne (Hindák 1978).

Jak uvádí Hindák (1978), zvýšení teploty a intenzity světla může být jednou z příčin urychlení odumírání planktonní populace, která pak umožní růst jiným druhům.

5.3 Minerální a organická výživa

Pro výživu řas jsou stejně jako pro ostatní autotrofní rostliny důležité biogenní, stopové prvky a některé organické látky. Některé prvky a sloučeniny jsou ve vodách zastoupeny téměř vždy a v dostatečném množství, jiné se vyskytují řidčeji a řasy je pak mohou postrádat. V případě, že je koncentrace některé z nedostatkových živin snížena na jisté minimum, začíná omezovat produkci řas a stává se tak limitujícím faktorem (Hindák 1978).

Jak uvádí Křisa et al. (1989), pro fotosyntézu sinic a řas mají prvořadý význam dostupné formy oxidu uhličitého. V době intenzivní fotosyntézy dochází v rybnících k jeho krátkodobému vyčerpání. Některé řasy využívají také organických zdrojů uhlíku, například v podobě cukrů. Jako zdroj uhlíku a dusíku současně slouží aminokyseliny, které využívají řasy živící se mixotrofním způsobem. Tyto řasy zároveň vyžadují i některé vitaminy – B₁ a B₁₂. (Křisa et al. 1989).

Z minerálních solí jsou pro řasy významné sloučeniny dusíku, které regulují rozvoj biomasy řas. U sinic jsou známy vnitrobuněčné zásoby dusíku (cyanofycinová granula). Méně limitující živinou jsou fosforečnany, které si v období dostatku sinice a řasy ukládají do vnitrobuněčných zásob v podobě polyfosfátových granulí a s jejich pomocí pak překonávají úbytek fosforečnanů v prostředí (Křisa et al. 1989, Hindák 1978).

Limitujícím faktorem pro rozsivky je dostupnost kyseliny křemičité a křemičitanů. Po vyčerpání těchto zdrojů ustává jejich rozmnožování. (Křisa et al. 1989).

Z hlediska výživy dělíme přírodní vody na oligotrofní, eutrofní a dystrofní. Oligotrofní vody jsou charakteristické nízkým obsahem minerálních živin a nízkou produkcí organické hmoty. Eutrofní vody obsahují naopak vysoké množství živin. K tomuto typu patří většina našich vod. Jednou z příčin eutrofizačního procesu, kdy dochází ke zvýšenému přísunu živin (zejména dusíku a fosforu), je z velké části antropogenní činnost. Dystrofní vody se vyznačují menším množstvím živin a kyselou reakcí vody (pH 4,5 - 6,5) a voda bývá zbarvena do hněda (Křisa et al. 1989).

Adámek et. al. (2008) uvádí kategorizaci trofie vod podle různých hodnotících kritérií, která si všímají jak obsahu živin, tak úrovně primární produkce (viz tab. 2).

Tab. 2: Kategorizace trofie vod dle několika kritérií (Adámek et al. 2008)

Úroveň trofie	Abundance řas [10 ⁶ buněk*l ⁻¹]	Chlorofyl-a [µm*1 ⁻¹]	Primární produkce [mg*C*m ⁻² d ⁻¹]	Celkový fosfor [µg*l ⁻¹]
1 Ultra-oligotrofní	< 0,01	< 1	< 5 β	< 4,3
2 Oligotrofní	0,01 - 0,05	1 - 3	50 - 125	7,0 - 11,6
3 Oligo-mesotrofní	0,05 - 0,1	3 - 10	125 - 250	11,6 - 19,1
4 Mesotrofní	0,1 - 0,5	10 - 20	250 - 500	19,1 - 31,5
5 Meso-eutrofní	0,5 - 1,0	20 - 50	500 - 900	31,5 - 51,9
6 Eutrofní	1 – 10	50 - 100	900 - 1500	51,9 - 85,6
7 Eu-polytrofní	10 – 100	100 - 200	1500 - 2500	85,6 - 141,2
8 Polytrofní	100 – 500	200 - 800	2500 - 4000	141,2 - 383,8
9 Hypertrofní	> 500	> 800	> 4000	> 383,8

5.4 Saprobity a toxicita

„Saprobity vody je biologický stav, vyvolaný přítomností biologicky rozložitelných organických látek ve vodě. Tento stav je provázen případnými změnami v kvalitativním a kvantitativním složení biocenózy“ (Rajchard et al. 2002).

Růst znečištění vodního prostředí je přímým důsledkem společenské výroby a chování. Kolkwitz a Marsson vypracovali soustavu saprobních zón. Specifickou charakteristikou určitého stupně saprobity jsou převládající chemické pochody a společenstva organismů, zejm. bakterií, sinic, řas a prvoků. Stupnice obsahuje zónu xenosaprobie – nejčistější voda pramenů,

zónu oligosaprobie – čistou vodu, zónu betamezosaprobie – voda čistých koupališť, zónu alfamezosaprobie, která zahrnuje většinu obhospodařovaných rybníků a dolní toky řek a nakonec silně znečištěnou zónu vody z odpadních vod - polysaprobii (Křisa et al., 1989, Hindák 1978).

Podle Křisy et al. (1989) je vazba určitého společenstva organismů k určité saprobní zóně podstatou biologického hodnocení kvality vody. Jak uvádí dále, složení řasového společenstva citlivě reaguje na změny v kvalitě vody, ale v současných podmínkách má spíše orientační význam. Zmíněná saprobní stupnice zmiňuje spíše eutrofizaci a stupeň fekálního znečištění, napomáhá však při sledování různých toxických látek (Křisa et al. 1989).

Při sběru biologických materiálů pro účely hodnocení jakosti vody je nezbytné dodržovat základní hygienické předpisy a se vzorky je třeba zacházet jako s potenciálně infekčním materiálem (Křisa et al. 1989).

6 Společenstva stojatých vod

Vodní mikroorganismy lze rozdělit na organismy volně se vznášející ve vodě (plankton) a na organismy osídlující dno (bentos). V následující kapitole je vymezen fytoplankton a fytobentos jako řasová a sinicová společenstva stojatých vod.

6.1 Fytoplankton

„Organismy volně se vznášející ve vodě aktivním pohybem (migrací) nebo pomocí vodních proudů, s hustotou málo odlišnou od 1 a menší než jeden centimetr, nazýváme plankton“ (Hindák 1978, s. 10). Rostlinný (resp. fotoautotrofní) plankton nazýváme fytoplankton a jeho hlavní součástí jsou řasy a sinice. Hindák (1978) rozděluje fytoplankton podle velikosti na 4 skupiny. První skupinu tvoří makroplankton, který je tvořen koloniemi velkými několik centimetrů, které jsou viditelné pouhým okem. Druhou skupinou je mikroplankton, zastoupený mikroskopickými koloniemi nebo velkými jednotlivými buňkami, většími než 50 μm . Organismy velkými několik mikrometrů až 50 μm je tvořen nanoplankton. Poslední zmíněnou skupinou je ultraplankton, který zahrnuje organismy velké jako běžné bakterie, tj. okolo 1 μm . V hydrobiologii bývá někdy označován jako „ μ -algae“.

Řasy můžeme dále dělit podle způsobu, jakým se udržují v povrchové prosvětlené (eufotické nebo trofogenní) vrstvě vodních nádrží. Zde uvádí Hindák (1978) tři skupiny. První z nich jsou koloniální řasy, nejvíce sinice, které mají v určitém období hustotu menší než voda a často tvoří při hladině vodní květ. Dalšími skupinami jsou aktivně plovoucí bičíkovci a nepohyblivé druhy s hustotou stejnou nebo vyšší než je hustota vody. Tyto nepohyblivé druhy jsou závislé na pohybech vody, jimiž jsou unášeny.

Existují druhy sinic a řas, které jsou úzce vázány na planktonní způsob života, a v případě, že klesnou na dno nádrže, tvoří klidová stadia ve formě různých morfologických nebo fyziologických cyst nebo hynou. Nazýváme je euplanktonní organismy (Hindák 1978). Hindák (1978) uvádí jako produkčně významné třídy řas: Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Chrysophyceae, Chlorophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae, Xanthophyceae a Conjugatophyceae.

6.1.1 Sezonní dynamika fytoplanktonu

„Zatímco vyšší kořenující rostliny vegetují na stanovišti v nějaké formě celou vegetační sezónu, mikrofyty, a hlavně volně se vznášející řasy, fytoplankton, jsou charakteristické výrazným střídáním druhů a populací během vegetační sezóny. Tyto změny a zákonitosti, kterým podléhají, nazýváme sezonní dynamika fytoplanktonu“ (Hindák 1978, s. 17).

Sezonní cyklus začíná v mírných a subpolárních pásmech jarním rozvojem, a to hlavně ve vodách chudších na živiny, kde bývá tento rozvoj současně sezonním maximem. Podmínkou je obohacení povrchové vrstvy vody živinami z hlubších vrstev vody při jarní cirkulaci a z jarních srážek. Kromě živin mají nezbytnou úlohu při sezonní dynamice také světlo, teplota a prodlužování dne (Hindák 1978).

Nejhojnějšími řasami jarního fytoplanktonu jsou rozsivky, chrysomonády a kryptomonády. Jejich vrcholný rozvoj nastává většinou hned po roztání ledu nebo během března a trvá až do května. Ústup jarního planktonu nastává po vyčerpání živin nebo po zkonsumování řas planktonními korýši (Hindák 1978).

Jak uvádí Hindák (1978), rozvoj letního planktonu nastává v červnu až v červenci a většina eutrofních vod tvoří sezonní maxima. Letní vegetaci řas tvoří hlavně zelené řasy, sinice a rozsivky. Mohou se také znovu rozmnožovat některé druhy řas, zejména rozsivky, které dominovaly v jarním fytoplanktonu. V menších znečištěných vodních nádržích jsou hojná Euglenophyta. S rozvojem letního planktonu souvisí také výskyt vodního květu tvořeného sinicemi (Hindák 1978). Tato vegetace většinou přetrvává do září až října a může tak být součástí podzimního rozvoje fytoplanktonu.

Zimní plankton je v našich podmínkách chudý. Přesto se však mohou při inverzní stratifikaci vody na krátký čas pomnožit rozsivky nebo žlutohnědí bičíkovci (Hindák 1978).

6.2 Fytobentos

„V souladu s WFD se termín fytobentos používá pro označení souboru fototrofních mikrofyt osidlujících dno. V tomto pojetí se do pojmu nezahrnují vyšší vodní rostliny (makrofyty), které se podle některých jiných koncepcí rovněž pokládají za součást fytobentosu“ (Marvan a Kozáková 2006, s. 2).

Podle Hindáka (1978) rozumíme pod pojmem fytobentos soubor rostlinných organismů, osidlujících dno toku nebo vodní nádrže, včetně zaplavených částí břehů a povrchu ponořených předmětů. Řasy tvoří nezbytnou složku bentosu. Jak uvádí Hindák (1978) dále, nejvýše postavená skupina řas Charophyceae je označována za makrofyty a je součástí makrobentosu,

zatímco všechny ostatní řasy u nás patří mezi mikrofyty a tvoří tak velmi významnou složku mikrobentosu. Mikrobentos lze podle něj rozdělit na nárosty na pevném podkladu a na povlaky v kontaktní zóně sediment-voda. Z nárostů na pevném podkladu hrají nejdůležitější roli epilitické nárosty na kamenech, které se často označují jako perifyton (Ambrožová 2003).

Nárost se může vytvořit v podobě korovité vrstvy, která je těsně přirostlá na substrát nebo v podobě blanitého, lehce se odlupujícího ložiska. Dále může tvořit odstávající trsy vláken, slizovité kolonie a pevné rourky (Hindák 1978).

Dalším charakteristickým seskupením mikrobentosu jsou nárosty na vyšších rostlinách, nazývané epifyton. Od perifytonu se odlišují složitější strukturou společenstva. Druhové složení bývá často ovlivňováno rozkladnými procesy, které probíhají v substrátu.

K povlakům v kontaktní zóně sediment-voda řadí Hindák (1978) především epipelické povlaky, epipelon, osídlující povrch bahnitých sedimentů. Na tvorbě epipelonu se nepodílejí druhy pevně přirůstající k podkladu, ale druhy schopné se pohybovat.

Ve stojatých vodách bývají často důležitou složkou litorálu volně plovoucí shluky vláknitých řas a sinic, z nichž mnohé původně žily v bentosu jako nárost nebo epipelický povlak, ale v průběhu svého vývoje se oddělily od podkladu (Hindák 1978, Sukop 2006).

Ve srovnání s fytoplanktonem je význam bentických řas jako producentů organické hmoty ve stojatých vodách menší. Přesto mohou mít důležitou úlohu v určitých podmínkách, například ve vodách s vyšší tvrdostí či na stanovištích s extrémními podmínkami, a případně mít i některé nežádoucí důsledky (Hindák 1978, Kalina & Váňa 2005).

7 Vlastnosti vody

Fyzikální a chemické vlastnosti vody určují životní podmínky vodních organismů. Vlastnosti vody jsou důsledkem geometrie její molekulární struktury. Atomy nejsou v molekule uspořádány lineárně, ale mají tvar rovnoramenného trojúhelníku, jehož ramena svírají úhel 105° (Sukop 2006).

7.1 Teplota vody

Pro ohřívání vody je nezbytným zdrojem sluneční záření, v menší míře se na něm podílí teplo zemského nitra a antropogenní činnost (Rajchard et al. 2002, Sukop 2006). Sluneční záření dopadající na povrch Země je složeno z ultrafialového záření, které je zastoupeno pouze 9 %, z viditelného záření – vlastního světla tvořícího 45 % a potřebného k fotosyntéze a z infračerveného neboli tepelného záření zastoupeného 46 % slunečního záření dopadajícího na Zemi. Infračervené záření je hlavním zdrojem tepla pro vodní biotopy. Na jeho absorpci má vliv zákal vody – vznášející se částice přijímají více tepla než samotná voda a zakalená voda se tedy ohřívá rychleji než voda čirá (Rajchard et al. 2002, Sukop 2006, Adámek et al. 2008).

Lidskou činností může vznikat tepelné znečištění. Při použití vody pro chladicí účely (jaderné elektrárny, elektrárny spalující fosilní paliva, průmysl) má vypouštěná voda větší teplotu. Při teplotě nad 32°C působí letálně na většinu organismů. Dalším z nepříznivých vlivů při vyšší teplotě je pokles kyslíku ve vodě (Sukop 2006).

Teplota vody je také ovlivňována denní a roční dobou, nadmořskou výškou, zeměpisnou šířkou dané lokality, oblačností apod. Sama pak ovlivňuje řadu fyzikálně chemických a biologických pochodů ve vodě, např. rozpustnost plynů a pevných látek ve vodě, hustotu, viskozitu, u vodních organismů je ovlivňována intenzita dýchání a trávení (při vyšší teplotě jsou pochody urychleny), doba rozmnožování, rychlost vývoje jiker a vajíček a rychlost rozkladu organických látek (Sukop 2006).

Teplota přirozených vod kolísá. Některé organismy snesou velké kolísání teplot, tyto organismy se označují jako eurytermní. Naopak stenotermní organismy výkyvy teplot nesnášejí. Organismy, které žijí v rozmezí teplot -10 až $+20^\circ\text{C}$, jsou označovány jako psychrofilní, někdy také kryofilní. Organismy tolerující teploty 10 až 15°C jsou mezofilní a organismy žijící v rozmezí teplot 25 až 90°C termofilní (Sukop 2006, Adámek et al. 2008).

Maximálních teplot bývá v našich podmínkách dosaženo v červnu a červenci, případně v srpnu, minimálních v lednu a v únoru. Teplota kolísá také během dne (Sukop 2006). Zatímco

v tekoucích vodách jsou vertikální rozdíly díky turbulentnímu proudu nepatrné, u vod stojatých mohou být značné rozdíly mezi teplotou vodní hladiny a teplotou u dna (Sukop 2006).

7.2 Hustota vody

Hustotu vody ovlivňuje teplota, salinita a tlak. Největší hustoty dosahuje voda za normálních podmínek při teplotě 3,94 °C, tj. přibližně 4 °C. Při této teplotě dosahují molekuly vody nejvyšší stability a nejvyšší hustoty, taková voda je tedy nejtěžší. Z uvedeného tedy vyplývá, že při teplotách nižších nebo vyšších než 4 °C má voda menší hustotu a je tedy lehčí a plave nad vodou mající 4 °C. Vodní vrstvy, které mají různou hustotu, se vzájemně nemíchají. K vyrovnaní teploty celého vodního sloupce a tím i jeho hustoty dochází při vzájemném promíchávání mas vody. Tato situace v našem mírném klimatickém pásmu nastává většinou dvakrát do roka, a to na jaře a na podzim. Tato období jsou označována jako jarní a podzimní cirkulace vody (Sukop 2006).

Cirkulace vody má z biologického hlediska velký význam. Živiny ze dna se díky cirkulaci dostanou i do prosvětlené svrchní vrstvy vody, což umožňuje rozvoj fytoplanktonu. V období zimy a léta, kdy mají vody v různých vrstvách různé teploty a tím i hustoty, nedochází k promíchávání vody, tato období jsou označována jako zimní a letní stagnace vody (Soukup 2006). Během období stagnace se jednotlivé vrstvy vody vrství charakteristickým způsobem v závislosti na teplotě a hustotě vody. Nejsvrchnější vrstva vody od hladiny se nazývá epilimnion, pod ní leží metalimnion, kde dochází k rychlým poklesům teploty vody na malém hloubkovém rozdílu. V nejhlubší vrstvě vody, hypolimnionu, se teplota vody příliš výrazně nemění (má přibližně 4°C) a z tohoto důvodu také většina vod v zimě nepromrzává až na dno a mohou zde tak přežít vodní organizmy nepříznivé zimní období (Sukop 2006).

Jak bylo zmíněno výše, kromě teploty ovlivňuje hustotu vody také salinita, ta se ale týká vod slaných, kterými se tato práce nezabývá.

7.3 Viskozita vody

Viskozita vody definována jako odpor vody kladený tělesům, které se v ní pohybují, je důležitým faktorem pro aktivně se pohybující vodní živočichy. Rychlost pohybu ve vodě je nižší než na souši, protože voda klade při pohybu větší odpor než vzduch (Sukop 2006). Viskozita závisí na teplotě vody – čím je voda teplejší, tím menší odpor klade vůči pohybu

(např. při teplotě 25 °C je viskozita vody poloviční než při 0 °C). Během letních měsíců, kdy je voda teplejší a tím i nižší viskozita, dochází k poklesu planktonu do hloubky (kde často nebývají příliš příznivé životní podmínky) daleko rychleji než v zimě. K těmto podmínkám jsou planktonní organismy přizpůsobeny různými výrůstky a výběžky na těle, které zvětšují jejich povrch a zabraňují tak rychlému klesání do hlubších vrstev. Můžeme se tedy u jednoho druhu organismu setkat s odlišnou morfologií těla v závislosti na viskozitě vody (Ambrožová 2003, Sukop 2006).

7.4 Povrchové napětí vody

Povrchové napětí umožňuje pohyb po hladině i organismům těžším než je voda, takové organismy tvoří zvláštní společenstvo zvané pleuston. Na hladině tj. na rozhraní mezi vodou a vzduchem vzniká soudržností molekul vody napětí dodávající této vrstvě vody pevnost – povrchová blanka, po které se tyto organismy pohybují. Povrchové napětí vody může být ovlivňováno obsahem huminových látek ve vodě nebo exkrekty sinic a planktonních řas v době vodních květů sinic a vegetačních zákalů (Lellák a Kubiček 1992, Soukup 2006).

7.5 Světlo

Světlo je limitujícím faktorem pro výskyt vodních rostlin a řas na daném biotopu. Může pronikat až do hloubky několik desítek metrů. V hlubokých vodách jsou u hladiny většinou zelené rostliny, níže se nacházejí ruduchy a nejhluběji hnědé řasy (Soukup 2006).

Intenzita pronikání světla je ovlivněna řadou faktorů, mezi které patří i odraz slunečních paprsků od hladiny. Zatímco v létě dopadají paprsky kolměji a hladina odráží pouze 3% dopadajícího světla, v zimě je to 14% (Soukup 2006).

Pronikání světla může být ovlivněno také různými pokryvy na hladině, jako jsou například listy, silný vegetační zákal vody nebo zákal způsobený anorganickými látkami. Hustý pokryv hladiny plovoucími rostlinami zabraňuje pronikání světla do vody, což zabraňuje rozvoji fytoplanktonu.

Z hlediska světelných poměrů je ve vodách rozlišována eufotická vrstva, která bývá zpravidla dobře prosvětlená a probíhá v ní fotosyntetická asimilace. V místě, kde je asimilace nízká a pouze vyrovnává dýchací pochody, se nachází tzv. kompenzační bod. Další vrstvou je

vrstva dysfotická, kam proniká už jen malé množství světla. V této vrstvě je značně omezená fotosyntéza. V poslední vrstvě, afotické, fotosyntéza již neprobíhá (Sukop 2006).

7.6 Průhlednost vody

Průhlednost vody ovlivňuje pronikání světla do vody. Sama je ovlivňována řadou faktorů, mezi něž patří roční období – zatímco v zimě je z důvodu časté absence fytoplanktonu voda vysoce průhledná, v létě, kdy naopak dochází k rozvoji fytoplanktonu, je průhlednost velmi nízká. Dalším faktorem je trofie neboli úživnost vody (Sukop 2006). Oligotrofní vody chudé na živiny mívají vyšší průhlednost než vody eutrofní, které jsou na živiny bohaté (Pouličková 2011).

S pronikáním světla do vody souvisí oteplování vody slunečními paprsky, viditelnost kořisti predátorem apod. Rybníky a údolní nádrže mívají průhlednost do 3-8 m, menší návesní rybníčky jen 0,1-0,5 m (pro srovnání: čistá tropická moře mohou mít průhlednost až 100 m) (Sukop 2006).

7.7 Barva a pach vody

Chemicky čistá voda je bezbarvá. Zbarvení bývá způsobeno rozpustnými nebo nerozpustnými látkami organického či biologického původu. Na zbarvení se může také podílet masový výskyt některých vodních mikroorganismů, které mají určité asimilační pigmenty. Při masovém rozvoji zelených planktonních řas je voda zbarvena dozelena (chlorofyl), při rozvoji hnědých řas (Chrysophyceae, Bacillariophyceae) do žlutohněda (fukoxantin). Pokud dojde k masovému rozvoji sinic, má voda modrozelený nádech způsobený fykocyaninem. Někteří bičíkovci mající asimilační pigment fykoerythrin nebo velký obsah karotenoidů a zbarvují vodu dočervena (Hindák 1978, Kalina & Váňa 2005, Sukop 2006).

Stejně jako zbarvení vody i pach je způsoben obsahem určitých látek, které se do vody uvolňují z okolního prostředí nebo rozkladem odumřelých těl organismů či jejich exkrementy. Řada zástupců fytoplanktonu uvolňuje do vody specifické látky, které vodám dodávají specifické příchutě a špatně se z nich odstraňují (Sukop 2006).

7.8 Reakce vody - pH

Zatímco kyselost vody je způsobena nadbytkem vodíkových iontů ($\text{pH} < 7$), zásaditost je způsobena nadbytkem hydroxylových iontů ($\text{pH} > 7$). Pokud jsou vodíkové a hydroxylové ionty v rovnováze ($\text{pH} = 7$), je reakce vody neutrální (Lellák a Kubíček 1992).

V přirozených vodách pH vody kolísá od 3 do 10. Reakce pH může přímo i nepřímo ovlivňovat výskyt vodních organismů. Organismy snášející velké kolísání pH se označují jako euryiontní, organismy nesnášející výkyvy pH stenoiontní (Sukop 2006).

Hodnota pH vody patří také k jednomu z nejdůležitějších faktorů určujících rozšíření jednotlivých druhů řas v přírodě (Hindák 1978, Lellák et. Kubíček 1992). Rozdíly v pH vody se projevují rozdílným druhovým složením řasových společenstev. Podle požadavků na hodnoty pH vody rozděluje Hindák (1978) organizmy na tyto skupiny: acidobiontní - žijící pouze v kyselých oblastech pH, acidofilní - dávající přednost kyselým vodám, indiferentní k pH - jsou rozšířené jak v kyselých tak alkalických vodách, alkalofilní - upřednostňující vody s pH nad 7 a alkalobiontní - žijící při pH vyšším jak 7.

K acidobiontním a acidofilním řasám řadíme druhy osídlující dystrofní, na minerální látky chudé vody, horská oligotrofní jezera a potoky na kyselých horninách. K těmto řasám patří mnohé krásivky, dále ze zelených řas např. *Asterococcus superbis*, *Acrochasma unicum*, z třídy Euglenophyceae *Euglena mutabilis*, z Dinophyceae *Gymnodinium fuscum* a některé druhy rodu *Perinidium*, z rozsivek *Tabellaria flocculosa*, *Navicula vitraea*, mnohé druhy rodu *Eunotia* a *Pinnularia* aj. Extrémně acidobiontní druhy, jako je např. *Chlamydomonas applanata* var. *acidophila*, jsou schopné snášet až pH 1 (Hindák 1978).

Alkalobiontní a alkalofilní řasy jsou typické pro potoky ve vápencových oblastech, eutrofizované nížinné toky a nádrže a slatiniště (Hindák 1978). K alkalobiontním druhům patří některé sinice, např. *Phormidium incrustatum*, *Homeothrix varians*, *Microcystis anodonta*, z rozsivek *Diatoma vulgare*, *Cocconeis diminuta*, *Cymbella ehrenbergii* apod. a z ostatních zástupců řas např. *Cladophora glomerata* (Hindák 1978).

8 Zkoumaná skupina řas - krásivky (Desmidiales)

Krásivky patří mezi silně specializovanou skupinu zelených spájitých řas (Conjugatophyceae/Zygnematophyceae). Jedním ze znaků krásivek je absence bičíkatých stádií v životním cyklu, specifický způsob pohlavního rozmnožování, tzv. konjugace (spájení) a jejich morfologie a vnitřní uspořádání těla (Hindák 1978, Neustupa 2004, Kalina & Váňa 2005). Přestože tato skupina řas zahrnuje pouze jednobuněčné řasy, z morfologického hlediska je velmi výrazně diverzifikována (Kalina & Váňa 2005).

Krásivky jsou výhradně sladkovodními řasami a většina z nich je vázána na čisté, mírně kyselé, oligo-mezotrofní mokřady (Hindák 1978, Neustupa 2004, Kalina & Váňa 2005).

8.1 Morfologie krásivek

Jak bylo zmíněno už výše, krásivky jsou výhradně jednobuněčné organismy. Jejich tělo je tvořeno kokálním typem stélky a je pokryto silnou a pevnou celulózní stěnou, která je složena ze dvou nebo více dílů. Mohou žít jednotlivě, ale i ve vláknitých koloniích, tento případ se však týká jen některých rodů (Kalina & Váňa 2005). Krásivky vynikají svou atraktivitou a pestrout škálou tvarových forem. Tvary jejich buněk mohou být diskovité, kulovité, tyčkovité či vřetenovité. Také okraje buněk jsou morfologicky velmi rozrůzněné, často bývají opatřené výběžky nebo vykrajované a v buněčné stěně mohou být vytvořeny geometrické vzory z granulí, hrbolů či ostnů (Neustupa 2004). Délka jedinců je v rozmezí 10 až 1700 μm (Růžička 1977).

Jedním z nápadných rysů krásivek je jejich bilaterální symetrie těla, která může být vyvinuta v různé míře. V typickém případě je symetrie patrná už na vnějším obrysu, kdy je buňka zřetelným zářezem rozdělena na dvě symetrické poloviny – semicely. Rozhraní mezi semicelami má pak podobu zúženého můstku – tzv. isthmus (Neustupa 2004, Kalina & Váňa 2004). Jak uvádí Neustupa (2004), název řádu Desmidiales pochází z řeckého desmós, tj. svazek, vazba, spojení; právě podle spojení dvou semicel tímto úzkým buněčným můstkem. Bilaterální symetrie je také odražena ve vnitřním uspořádání buněk, a to především v uložení a tvarování chloroplastů (Kalina & Váňa 2005). Zmíněné výrazné dvoustranné členění je typické pro druhově nejbohatší čeleď Desmidiaceae, která je zastoupena např. rody *Cosmarium*, *Euastrum*, *Micrasterias* nebo *Staurostrum*. U ostatních skupin není typický středový zářez vytvořen a dvoudílnost buněčné stěny je často nezřetelná. Bilaterální symetrie je však zachována ve vnitřním rozložení organel (Kalina & Váňa 2005).

U většiny krásivek byla také zjištěna souměrnost podle rovin proložených podélnou osou buňky (Kalina & Váňa 2005). Jak uvádí Růžička (1977), právě v závislosti na počtu těchto rovin rozlišujeme několik morfologických typů krásivkových buněk. Buňky, které jsou symetrické podle dvou kolmých vertikálních rovin a na příčném řezu eliptické, se označují jako biradiální, mezi zástupce těchto typů buněk patří např. rody *Cosmarium* a *Euastrum*. Buňky, které jsou symetrické podle více než dvou vertikálních rovin, se nazývají polyradiální. Na příčném řezu mívají tyto buňky hvězdovitý průřez. Typickým rodem s tímto typem symetrie je např. *Staurastrum*.

Dalším z typických znaků celé skupiny je unikátní způsob pohlavního rozmnožování, tzv. spájení. Při konjugaci dochází ke splývání celých protoplastů. „ *U dvou vegetativních buněk se celý protoplast změní na améboidní gametu (což je mimochodem jediný známý výskyt améboidní organizace stélky u zelených řas), obě buňky se k sobě přiblíží, vytvoří se mezi nimi kopulační kanálek a jedna z gamet (améb) se přesune kanálkem ke druhé a společně vytvoří zygotu*“ (Neustupa 2004, s.12).

Zygota bývá ve většině případů kulovitá a má velmi tlustou a strukturovanou buněčnou stěnu. Je schopna přežít poměrně dlouho i nepříznivé podmínky, než z ní vyklíčí nová vegetativní buňka či vlákno (Neustupa 2004). Jak uvádí Neustupa (2004), u krásivek se jako u jedné z mála skupin řas v celém životním cyklu nevyskytuje žádné bičíkaté stadium. Vedle pohlavního spájení se krásivky mohou rozmnožovat také nepohlavně tzv. dělením. Při nepohlavním rozmnožování se krásivky dělí právě v rovině isthmu a po dělení dorůstá druhá semicela do dospělé velikosti. Můžeme se tak v přírodě setkat i s jedinci s různě velkými semicelami.

Každá ze semicel obsahuje jeden nebo více chloroplastů uložených zrcadlově proti sobě. U většiny krásivek vyplňují především středový prostor buňky v oblasti podélné osy (Kalina & Váňa 2005). V chloroplastech se často vyskytují kulovitá tělíska nazývaná pyrenoidy. Chloroplasty krásivek mají, vlivem převažujícího zastoupení chlorofylu a + b mezi fotosyntetickými barvivy, jasně zelenou barvu (Hindák 1978, Neustupa 2004, Kalina & Váňa 2005). Pyrenoidy obsahují enzym Rubisco, který se podílí na temnostní fázi fotosyntézy (Neustupa 2004). Chloroplasty většinou bývají složité a symetricky tvarované a v rámci skupiny krásivek také výrazně morfologicky diverzifikované.

8.2 Ekologie krásivek

V přírodě se krásivky vyskytují především v prostředí s nižším pH, tedy v kyselejších vodách. Největší druhové rozmanitosti dosahují v prostředí pH 4,5-6,5. (Neustupa 2004, Hindák 1978). Nejtypičtějším biotopem krásivek bývají bentická a nárostová společenstva. Řada z nich produkuje velké množství slizu a tvoří slizovité kolonie. Menší druhy krásivek se mohou vyskytovat i v planktonu řek, přehradních nádrží nebo čistších rybníků (Neustupa 2004, Hindák 1978).

Díky svým vysoce specifickým nárokům je řadíme k bioindikátorům mokřadních ekosystémů, a to jak z hlediska preference určitých hodnot proměnných prostředí, tak i ve vztahu k recentnímu ekologickému stavu biotopu a jeho stabilitě (Šťastný 2008, Coesel 1998, 2001, 2007).

Jak uvádí Šťastný (2008), jedná se o jednu z nejohroženějších skupin mikroorganismů, jejíž zástupci jsou hojně využíváni jako bioindikátory především v Holandsku, pro hodnocení úspěšnosti revitalizačních opatření na různých mokřadních lokalitách, případně pro hodnocení jejich aktuálního stavu (např. Coesel 2003).

8.3 Systematické vymezení krásivek

Tradiční taxonomie krásivek je založena převážně na morfologických znacích, mezi které patří rozměry, tvar buněk a celkový obrys, struktura a povrch buněčné stěny, utváření a poloha chloroplastu a počet a umístění pyrenoidů (Hindák 1978).

Na úrovni vyšších taxonomických jednotek je postavení krásivek jasné a stabilní a v minulosti se příliš neměnilo. Krásivky vždy představovaly určitou skupinu spájivých řas (Conjugatophyceae/Zygnematophyceae), která je dnes většinou hodnocena na úrovni třídy (Štěpánková 2012).

Neustupa (2004) uvádí, že krásivky jsou velmi příbuzné vyšším rostlinám. Toto tvrzení zdůvodňuje tím, že podle současných pohledů na evoluci autotrofních fotosyntetizujících organismů můžeme za rostliny považovat v zásadě zástupce skupin, které své chloroplasty získaly tzv. primární endosymbiózou. Endosymbiózu si můžeme podle něj představit jako evoluční symbiotický proces, ve kterém dávný jednobuněčný heterotrofní organismus pohltil sinici – autotrofní bakterii – a natrvalo ji „ubytoval“ ve svých buňkách. Potomci této sinice jsou dnešními chloroplasty. Jak uvádí Neustupa (2004) dále, proběhl tento proces v evoluci celkem třikrát nezávisle na sobě. Podříše Viridiplantae, do které patří pravé rostliny a všechny zelené

řasy včetně řádu Desmidiales, zahrnuje zmíněný třetí případ, tedy organismy, které mají v chloroplastech jako hlavní pigmenty chlorofyl a + b a zásobní látky jsou ukládány hlavně ve formě škrobu.

Do výše zmíněné podříše Viridiplante jsou kromě všech zelených řas řazeny všechny cévnaté rostliny a mechorosty. V rámci této podříše jsou ještě vymezena dvě velká oddělení – Chlorophyta zahrnující většinu zelených řas a Streptophyta zahrnující cévnaté rostliny, mechorosty a několik skupin řas k cévnatým rostlinám evolučně nejbližších. Jednou z těchto skupin je třída Zygnematophyceae s řádem Desmidiales – krásivky (Neustupa 2004).

Podle Neustupy (2004) se třída Zygnematophyceae dnes jeví spíše jako vedlejší rostlinná vývojová větev charakterizována typickými znaky, které se u ostatních rostlin nevyskytují.

Systém třídění krásivek podle Mixové (1972), který patří mezi klasické systémy spájitvých řas, odráží významné rozdíly v ultrastruktuře buněčné stěny. Tímto systémem jsou výrazně vymezeny tzv. pravé krásivky řádu Desmidiales, které jsou definovány jako jednobuněčné zelené řasy s dvou- nebo vícedílnou buněčnou stěnou opatřenou póry a výraznou povrchovou ornamentací (Štěpánková 2012). Tuto klasifikaci spájitvých řas převzal Růžička (1977, 1981) a následně i další autoři monografií zaměřených na determinaci krásivek (Štěpánková 2012). Jak uvádí Štěpánková (2012) dále, klasifikace spájitvých řas, která je použita v těchto publikacích má následující podobu (podle Desmidiales sensu Mix 1972):

třída: Conjugatophyceae

řád: Zygnematales

- čeleď: Mesotaeniaceae

- čeleď: Zygnemataceae

řád: Desmidiales

- podřád: Archidesmidiineae (Closteriineae)

- čeleď: Gonatozygaceae

- čeleď: Peniaceae

- čeleď: Closteriaceae

- podřád: Desmidiineae

- čeleď: Desmidiaceae

8.4 Krásivky jako bioindikátory prostředí

Výskyt určitých organismů, jejich populací a společenstev organismů v prostředí je podmíněn souborem jeho vlastností, které definujeme jako podmínky a zdroje. Podmínky můžeme definovat jako stabilní a typické vlastnosti prostředí podmíněné geograficky, klimaticky, fyzikálně chemicky a chemicky. Zdrojem je vše, co organizmus spotřebovává, včetně prostoru, který potřebuje ke svému životu (místo na zakořenění, hnízdní dutina apod.) (Adámek et al. 2008). Vztah organismu k jednomu faktoru (podmínce či zdroji) můžeme vyjádřit jako ekologickou valenci. Organismy s velmi úzkou ekologickou valencí jsou označovány jako stenovalentní, organismy s širokou ekologickou valencí jsou euryvalentní.

Myšlenka použít společenstvo organismů jako bioindikátor je založena právě na poznání, že společenstvo jako celek nejlépe reaguje na změnu podmínek a zdrojů. Mohou nastat jak změny v početnostech organismů a v jejich vzájemném zastoupení, tak i v počtu taxonů. Pokud k tomuto faktu přidáme znalosti o autekologii jednotlivých druhů, můžeme získat velmi dobrý nástroj indikující změny v prostředí. (Adámek et al. 2008).

Abychom mohli organismus využít jako bioindikátor, je třeba aby splňoval některá z níže uvedených kritérií (Hellawell 1986, Rosenberg a Resh 1993): u organismu musí být jednoznačná a relativně snadná determinace na co nejnížší taxonomickou úroveň, optimálně do druhu, organismus by měl mít kosmopolitní rozšíření, relativně snadný sběr v terénu, u organismu by měla být známa jeho biologie a autekologie, měl by mít nízkou genetickou variabilitu a měl by kumulovat cizorodé látky, resp. reagovat na ně podle koncentrace a výskytu polutantů a zdrojů změnou distribuce a populačních parametrů, jako je natalita, mortalita, hustota apod.

Krásivky většinu těchto kritérií splňují. Jsou ekologicky velmi citlivé a mohou tedy díky svým specifickým nárokům sloužit jako indikátory životního prostředí, a to zejména v případech, kde tuto funkci nemohou zastoupit makroorganismy (Coesel 2001, 2003). Krásivky reagují velmi rychle a přesně na změnu životního prostředí, a to mnohem rychleji než vegetace vyšších rostlin. Nevýhodou však je míra jejich reprodukce, která je poněkud pomalejší ve srovnání s mnoha jinými skupinami řas (Růžička 1977). Pro svou atraktivitu a výskyt ve specifických stanovištích patří krásivky k nejvíce studovaným skupinám řas. Studium krásivek bývá zaměřeno na jejich rozmanitost, ekologické požadavky či regionální rozšíření (Coesel 2003, Lenzenweger 1996). Krásivky často tvoří typickou a (sub)dominantní skupinu v určitých mokřadních biotopech.

8.5 Stanovení ochranné hodnoty daného biotopu

V letech 1997 - 2001 byla vypracována jedním z předních evropských algologů, Peterem Coeselem, metoda odhadu „ochranné hodnoty“ sladkovodních mokřadů právě na základě výskytu krásivek. Primárně byla určena pro oblast Nizozemí, které je známo svou dlouholetou a bohatou tradicí v determinaci krásivek, je možné ji však využít i pro širší geografickou oblast (Štěpánková 2012). Byla úspěšně využita v řadě projektů ochrany přírody. S použitím údajů o krásivkové flóře byly získány např. informace o směru a rychlosti vývoje ekosystému v pionýrských mokřadních biotopech, o efektivitě ochranných zásahů či o aktuální ochranné hodnotě daného mokřadu (Štěpánková 2012).

Princip metody je založen na hodnocení 3 parametrů dané krásivkové flóry. Prvním z nich je druhová diverzita (D) s maximální hodnotou 3, která slouží ke znázornění míry vnitřní diferenciace ekosystému a vztahuje se k prostorovému a časovému rozmístění charakteristik neživého prostředí. Dalším parametrem je druhová vzácnost (R) s maximální hodnotou 3, vycházející z faktu, že výskyt vzácného druhu indikuje zvláštní podmínky prostředí. Vyšší poměrné zastoupení vzácných taxonů je často dáváno do úzké spojitosti s unikátními klimatickými, geografickými nebo environmentálními podmínkami. Indikace stability ekosystému (M) s maximální hodnotou 4 je třetím hodnoceným parametrem. Pozdní sukcesní stádía ekosystému, charakterizovaná vyšší biodiverzitou, jsou ovlivněna členěním daného prostředí na niky a v případě narušení sotva nahraditelná. Indikátorové druhy jsou často vázány na relativně stabilní, jemně vyvážené ekosystémy. Většinou se jedná o K-stratégy, jejichž výskyt se v primární fázi sukcese či v již degradovaných ekosystémech nedá očekávat (Štěpánková 2012).

Každý ze 3 zmíněných parametrů je posuzován zvlášť součtem druhově specifických dat všech krásivkových taxonů přítomných v daném vzorku či souboru vzorků. Výsledky pro jednotlivé parametry se přepisují do nízkých čísel (1, 2, 3, 4) podle schématu vyvinutého specificky pro tento účel. Získané hodnoty pro D, R a M jsou dosazeny do vzorce $D + R + M = NCV$ s výsledky v rozmezí 0-10 vyjadřujícími tzv. ochrannou hodnotu mokřadu (Coesel 1998).

Uvedu zde příklad: Naším úkolem je zjistit ochrannou hodnotu daného biotopu. Nejprve si vyjádříme všechny tři výše zmíněné parametry. Druhovou diverzitu (D) je třeba posoudit v její nejjednodušší formě, a to počtem krásivkových taxonů nalezených ve vzorku nebo skupině vzorků. Všechny známé druhy krásivek objevené v Nizozemsku byly Coeselem označeny druhově specifickými hodnotícími známkami podle vzácnosti výskytu a podle vazby

ke zralosti ekosystému. Hodnocení druhové vzácnosti (R) vychází z Coeselovy knihy „Sieralgen en Natuurwaarden“ (Desmids and Nature Value), 1998. Pro běžně se vyskytující druhy užívá označení 0, spíše vzácné = 1, vzácné = 2 a velmi vzácné = 3. Celkové skóre druhové vzácnosti dostaneme součtem všech druhově specifických hodnocení ve vzorku či skupině vzorků. U třetího parametru, stability ekosystému (M), hodnotíme opět podle předem dané škály. Druhy bez výpovědní hodnoty se širokou ekologickou amplitudou, které se vyskytují hlavně v pionýrských společenstvech primární sukcese nebo v narušených biotopech, se hodnotí jako 0. Druhy označené hodnotou 3 mají naopak vysokou výpovědní hodnotu a jejich výskyt je omezen na vysoce strukturované, jemně vyvážené a relativně stabilní ekosystémy, které mohou být považovány za cílové v oblasti ochrany přírody. Celkové skóre stability ekosystému pak vypočítáme jako součet všech druhově specifických hodnocení ve vzorku nebo skupině vzorků.

Skóre (D, R, M) získaná pro jednotlivé parametry jsou převedena do nízkých čísel – hodnotících známek (1, 2, 3, 4) podle schémat vyvinutých právě pro tyto účely (Coesel 1998, 2001, 2003). Převedené hodnoty pro parametry D, R a M jsou dosazeny do vzorce $D + R + M = NCV$ v rozsahu hodnot 0-10 vyjadřujících ochrannářskou hodnotu zvoleného biotopu.

Jako většina vědeckých metod i tato prezentovaná metoda má určitá omezení. Například vyjádření výsledku v rozmezí 0-10 vede částečně ke ztrátě informací (taxony jsou skryty pod čísly a hodnocení se nezabývá početností jednotlivých taxonů). Je tedy nezbytné se odkazovat na primární data. Druhově specifické hodnotící známky pro vzácnost a stabilitu ekosystému nebyly stanoveny na základě statistického zpracování dat z předem naplánovaného výzkumu, ale na základě rozsáhlých a dlouholetých zkušeností se studiem ekologie a diversity krásivek. Dalším úskalím je potřeba modifikace této metody pro střední Evropu (Českou republiku), a to především v oblasti hodnocení druhově specifické vzácnosti. Pro střední Evropu by mohlo být založeno například na základě nashromážděných údajů Lenzenwegera (1996, 1997, 1999, 2003), Růžičky (1977, 1981), Pouličkové et al. (2004) a dalších algologů. Přímo pro území České republiky tuto modifikaci provedl Šťastný (2010). Jeho práce však nevycházela ze skutečné řasové flóry, jak tomu bylo u výše uvedených autorů. Tyto práce, založené na klimaticky podobných oblastech, jsou už dostatečně adekvátní a zcela vyhovující pro běžnou determinaci krásivek v České republice. Šťastný (2010) se zaměřil na detaily jako je vzácnost druhu nebo špatně určení známých taxonů.

Tato metoda představuje jednu z prvních možností vyčíslení ochrannářské hodnoty ekosystému (NCV) reprodukovatelným a standardizovaným způsobem.

9 Charakteristika zkoumané lokality

V rámci diplomové práce byla vybrána pískovna v Želechovicích nacházející se na dolním konci obce, který byl po dlouhou dobu lidem zcela nepřístupný, protože se zde rozprostíraly rozsáhlé bažiny prorostlé řídkými křovisky. Tyto bažiny byly zaplavovány vodou z řeky Oskavy, a to až do doby než došlo k vybudování melioračních příkopů a velkoplošnému vysoušení krajiny za účelem získání pastvin pro hospodářský dobytek (Zamazal 2009).

9.1 Těžba písku

1. dubna 1970 byla na pískovně zahájena těžba štěrkopísku. Po dobu 10 let, kdy se zde těžil písek, docházelo postupně k rozšiřování vodní plochy. Z tohoto důvodu Organizace Svazu rybářů v Uničově rozhodla, že bude pískovna zarybněna.

Pískovna byla po celou dobu, kdy sloužila k těžbě, plně vytížena. Ročně se zde vytěžilo cca 20 000 kubíků písku, který byl vyvážen i mimo okres. Po vyčerpání ložiska písku byla část pískovny zavezena a zbývající část slouží až dodnes jako přírodní koupaliště Pazderna (Zamazal 2009).

9.2 Současný stav bývalé pískovny

V současné době je rozloha želechovické pískovny 2,5 ha a průměrná hloubka mezi 3,5 - 4 metry (viz tab. 3). V minulosti bývala hloubka pískovny větší, postupným zanášením listím, které se usazuje na dně a také do určité míry povodněmi, které zanesly pískovnu bahnem, se však hloubka zmenšovala (Zamazal 2009, Sagittaria 2011).

Lokalita je značně ovlivňována lidskou činností a přírodní biotopy jsou omezeny pouze na úzké pásy zeleně na březích pískovny, ty jsou však do značné míry také upravované lidmi, kteří využívají pískovnu k rekreaci. Ze všech stran je pískovna obklopena zemědělskými pozemky a lidskými sídly.

Rekreačně a rybářsky aktivně využívaná bývalá pískovna má minimálně vyvinutý litorál. Vodní plocha je bez významnější makrofytní vegetace, přesto je zde však možné vidět vodní rostlinu z čeledi voďankovitých *Elodea canadensis*, která se nachází téměř po celé ploše pískovny a je zde vlivem dobré kvality vody každoročně přemnožena.

Podle klasifikace zpracované v Katalogu biotopů České republiky (Chytrý et al. 2010) převažuje na lokalitě biotop X14 (Vodní toky a nádrže bez ochranné významné vegetace).

V průběhu zkoumání dané lokality nebyly zjištěny žádné chráněné, ohrožené nebo regionálně významné druhy rostlin. Z významných druhů živočichů je třeba zmínit zástupce hmyzu motýlici lesklou (*Calopteryx splendens*), z obojživelníků skokana zeleného (*Pelophylax esculentus* synklepton), z ptáků zde hnízdí labuť velká (*Cygnus olor*) a mohou se zde také objevovat na tahu kachna divoká (*Anas platyrhynchos*) a čírka obecná (*Anas crecca*) (Sagittaria 2011). Lokalita tedy nemá z botanického ani zoologického hlediska výraznější význam a vzhledem ke značnému ovlivnění člověkem zde nelze očekávat větší množství vzácnějších jevů. Na druhou stranu z hlediska biotopu má pískovna lokální význam pro organizmy, které v intenzivně obhospodařované krajině nenachází podmínky vhodné pro život.

Tab. 3: Základní hydrologické údaje pískovny v Želechovicích (Zamazal 2009)

Pískovna - charakteristiky	Hodnoty
Celková plocha hladiny	25 000 m ²
Průměrná hloubka	3,5 m

9.3 Popis odběrových míst

Na zkoumané lokalitě byly za účelem odběru vzorků sinic a řas vytyčeny 4 profily značené písmeny A – D (obr. 3). Jednotlivá stanoviště byla zvolena na různých místech, aby byl co nejlépe vystižen celkový charakter této lokality. Vzorky byly odebírány ze dna, z ponořených substrátů i z volné hladiny.



Obr. 3 Odběrová místa na bývalé pískovně v Želechovicích (upraveno podle mapy.cz)

Odběrové místo A - Pláž 1

První profil byl odebrán z tzv. pláže (obr. 3), která je po většinu dne prosluněná. Vzorek byl odebrán z bahnitopísčitého dna a ze sedimentů na kamenech. Tato pláž bývá v letních měsících aktivně využívána člověkem a okolí je značně znečištěno (prázdné obaly aj.).



Obr. 4 Odběrové místo A

Odběrové místo B

Druhý profil se nachází cca 1 m nalevo od profilu A (viz. přiložená mapa). Vzorek byl odebrán ze sedimentů na kamenech v hloubce do 0,3 m. Místo je částečně zastíněno (obr. 4).



Obr. 5 Odběrové místo B

Odběrové místo C – Pláž 2

Třetí odběrové místo se opět nachází na jedné z pláží (obr. 5). Tato pláž je méně intenzivně využívána než pláž 1, znečištění je tedy menší. Oproti první pláži je toto místo část dne zastíněno stromovými porosty. Vzorek byl stejně jako v prvním případě odebrán z bahnitopísčitého dna a z ponořených sedimentů.



Obr. 6 Odběrové místo C

Odběrové místo D

Poslední odběrové místo, lokalizováno cca 150 m napravo od pláže C, je zastíněno po většinu dne (obr. 6). Doprovodnou vegetaci zde tvoří vodní mor kanadský (*Elodea canadensis*), který je zde přemnožen vlivem dobré kvality vody. Vzorek byl odebrán jako u předchozích vzorků ze sedimentů, v tomto případě se jednalo hlavně o kameny na břehu, a z bahnitopísčitého dna do hloubky 0,5 m.



Obr. 7 Odběrové místo D

10 Metodika práce

V rámci studované lokality byla na pískovně v Želechovicích zvolena čtyři odběrová místa (A-D), ze kterých byly odebírány vzorky sinic a řas a kde byly také měřeny vybrané vlastnosti vody. Odběry byly provedeny koncem května a srpna 2013, aby byla zachycena hlavní vegetační sezóna. Popisy jednotlivých profilů jsou uvedeny v kapitole 9. Pro odlišení doby odběru jsou vzorky odebírané v květnu značené římskou (V) a vzorky odebrané v srpnu (VIII): A (V), B (VIII), apod.

Odběrová místa byla vybrána tak, aby je bylo snadné nalézt při dalších odběrech vzorků. Poloha míst je zaznačena do mapky. Ke každému stanovišti byla pořízena fotografie (viz kapitola 9.3).

Jedním z důležitých výstupů provedeného průzkumu flóry řas a sinic na bývalé pískovně v Želechovicích bylo vytvoření multimediálního atlasu s fotografiemi a užitečnými popisy nalezených zástupců. Multimediální atlas je určen jako didaktická pomůcka ve výuce přírodopisu k výkladu učiva o sinicích a řasách a rovněž ho lze využít pro praktickou část výuky (laboratorní práce).

10.1 Měření vlastností vody

Z fyzikálních a chemických vlastností vody uvedených v kap. 7 byla při každém měření zjišťována aktuální teplota vody a hodnota pH. Obě vlastnosti byly měřeny přenosným pH metrem opatřeným teploměrem (výrobce YOKOGAWA, typ PH83) přímo v místě odběru.

Pro přehlednost uvádím následující tabulku (tab. 4) s jednotlivými profily a zaznamenanými měřeními.

Tab. 4: Data odběrů a průběh měření

Profil	Datum odběru		Teplota vody	pH vody
	V.	VIII.		
A	26. 5. 2013	26. 8. 2013	+	+
B	26. 5. 2013	26. 8. 2013	+	+
C	26. 5. 2013	26. 8. 2013	+	+
D	26. 5. 2013	26. 8. 2013	+	+

10.2 Odběr vzorků

Vzorky fyto bentosu je třeba na zvolené lokalitě odebírat z pevného substrátu (nárosty) i jako vzorky volně plovoucích řasových a sinicových společenstev (Marvan & Kozáková 2006).

Vzorky byly odebrány v rámci odběrových míst A, B, C, D (viz.obr.4 - 7) Jednotlivá stanoviště byla zvolena tak, aby zachytila celkový charakter zkoumané lokality. Vzorky sinic a řas z jednotlivých stanovišť byly odebírané z nárostů pomocí pipety a pinzety, ze sedimentů na dně vod byly nasáty pipetou a z ponořených sedimentů seškrabány pomocí nože.

Vzorky byly odebírány do polyethylenových lahví o objemu 100 ml a zality čistou vodou z daného stanoviště. Na každé lahvi bylo uvedeno datum odběru a označení stanoviště. Přímou na místě bylo ještě u odebraných vzorků změřeno pH a teplota vody. Poté byly do 48 h transportovány do školní laboratoře, kdy byly následně zafixovány.

10.3 Fixace řas

Fixační tekutiny rozlišujeme podle toho, zda v nich chceme materiál uchovávat libovolně dlouho (fixace na uchování materiálu) nebo ho musíme po určité době vybrat, vyprat a uchovat v etanolu nebo zabarvit (Hindák 1978). V případě vzorků odebraných v rámci diplomové práce se jedná o první případ, fixaci na uchování materiálu. Univerzálním fixačním prostředkem na řasy je 4 % roztok formaldehydu (fixace formalínem), který získáme desetinasobným zředěním formaldehydu destilovanou vodou (Hindák 1978). Další možností je fixace Pfeifferovou fixází na výslednou koncentraci 2 %. Pfeifferova fixáž je směs 40 % formaldehydu, metanolu a destilovaného dřevního octa. Křisa et al. (1989) uvádí poměr jednotlivých látek:

40% formaldehyd.....	50 ml
Metanol.....	50 ml
Dřevný ocet destilovaný...	50 ml

Délka fixace vzorků je 6 až 12 hodin a poté můžeme zafixovaný materiál přechovávat po dlouhou dobu. Tento druh fixace je nejvhodnější fixází pro sinice, řasy a jiné jednobuněčné organismy, protože zachovává relativně přirozené zbarvení organismů a na rozdíl od výše zmíněné fixace formalínem je velmi šetrná i k jemným řasám a nenarušuje orgány, takže

neponičí ani ty nejjemnější struktury (Křisa et al. 1989, Hedererová 2012). Tato fixace byla zvolena i v rámci průzkumu řas v diplomové práci.

Pro fixaci planktonních sinic a řas je také možno použít Lugolův roztok (směs jodidu draselného, destilované vody a krystalického jódu). Fixuje se pouze ve skleněných vzorkovnicích, protože plastové lahvičky by se zbarvily dohněda a jód by rychle těkal (Pouličková 2011, Hedererová 2012). Křisa et al. (1989) uvádí jako výhodu tohoto roztoku dobré zachování buněk bičíkovců, nevýhodou však je změna barvy vzorku.

10.4 Laboratorní pozorování řas

Těžiště floristicko-taxonomického studia sinic a řas spočívá v laboratorních metodách. Nejčastěji jde o práci s mikroskopem (Křisa et al. 1989).

Laboratorním zpracováním vzorku bezprostředně navazujeme na terénní výzkum. Řasy je nejlepší pozorovat ještě zaživa, v případě, že tuto možnost nemáme, je nezbytná jejich fixace (jak již bylo zmíněno výše).

Mikroskop, se kterým pracujeme, musí být bez závad, v dokonalém technickém stavu, s dobře seřízeným osvětlením a čistou optikou. Ke studiu řas v rámci diplomové práce byl použit badatelský mikroskop BMS 76 od firmy INTRACO MICRO. Pro pozorování byly použity okuláry PL 10 x /22 mm (10 x zvětšující planokuláry se zorným polem o průměru 22 mm) a objektivy PLAN 20 x /0,40 a PLAN 40 x /0,65 (planachromatické objektivy korigované pro obraz v nekonečno, zvětšení 20 x, resp. 40 x, numerická apertura 0,40, resp. 0,65).

Pro laboratorní pozorování byl z každého vzorku zhotoven dočasný mikroskopický preparát. Pipetou jsem nasála vodu z odebraného vzorku a poté kápala na podložní sklíčko a přikryla krycím sklíčkem. Při tvorbě preparátu je třeba dát si pozor, aby byl preparát tenký a obsahoval přiměřené množství vody. Pokud máme vody přebytek, odsajeme ji filtračním papírem.

Pomocí přímého pozorování jsem zkoumala zastoupení jednotlivých skupin sinic a řas. Své zkoumání jsem zaměřila především na krásivkovou flóru a její poměrné zastoupení vůči zbylým skupinám sinic a řas. Podrobný mikroskopický rozbor řasového společenstva se provádí nejprve při menším zvětšení (cca 100 násobném) a poté při silnějším zvětšení, které umožňuje lepší zkoumání rozlišovacích znaků u jednotlivých zástupců řasové flóry (Marvan & Kozáková 2006).

Pro vyjádření kvantitativního zastoupení jednotlivých taxonů byla užita odhadní stupnice zařazující taxony do určitých intervalů (viz tab. 5) na základě odhadu jejich abundance v mikroskopickém preparátu analyzovaného vzorku podle Hindáka (1978), Marvana & Kozákové (2006).

Tab. 5: Odhadní stupnice kvantitativního zastoupení sinic a řas (Marvan & Kozáková 2006).

Abundance	základní stupnice	modifikovaná stupnice
druh masově zastoupený, s pokryvností 90 – 100 %	6	7
druh velmi hojný, s pokryvností 50 – 90 %	5	6
druh hojný, s pokryvností 20 – 50 %	4	5
druh dost hojný, s pokryvností 5 – 20 %	3	4
druh zřídka, s pokryvností 1 – 5 %	2	3
druh velmi zřídka, s pokryvností 0,1 – 1 %	1	2
druh ojediněle zastoupený, s pokryvností do 0,1 %	+	1

10.5 Determinace řasové flóry

Identifikaci jednotlivých organismů do druhů na základě morfologických znaků jsem měla znesnadněnou malým množstvím buněk populace nalezených ve vzorcích a taxonomicky nejasně vymezenou mezidruhovou a vnitrodruhovou morfologickou variabilitou u některých druhů. U taxonů, které bylo obtížné určit do druhu, jsem použila následující zkratky:

cf. (confer) – nejednoznačně určený druh

sp. (single species) – rod bez určení druhu

Při určování sinic a řas jsem použila interaktivní CD Atlas Fytobentosu (Šejnohová et al. 2008), pomocí něhož jsem určila hlavní taxonomické skupiny zkoumaných sinic a řas.

Dále byly k determinaci využívány určovací klíče:

- HINDÁK, F. et al.: *Sladkovodné riasy: Vysokošk. příručka*. 1. vyd. Bratislava: SPN, 1978. 728 s.
- POULÍČKOVÁ, A. A JURČÁK, J.: *Malý obrazový atlas našich sinic a řas*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2001. 81 s. ISBN 80-244-0242-4.

K determinaci krásivkové flóry jsem použila následující literaturu:

- COESEL, P.F.M. (1982): *De Desmidiaceeën van Nederland, Deel 1*, Fam. Mesotaeniaceae, Gonatozygaceae, Peniaceae. – 33 pp., KNNV, Hoogwoud.
- COESEL, P.F.M. (1983): *De Desmidiaceeën Van Nederland – Sieralgen*, Deel 2, Fam. Closteriaceae. – 50 pp., Wetenschappelijke Mededelingen KNNV, Hoogwoud.
- COESEL, P.F.M. (1985): *De Desmidiaceeën van Nederland*, Deel 3, Fam. Desmidiaceae (1). – 70 pp., KNNV, Hoogwoud.
- COESEL, P.F.M. (1991): *De Desmidiaceeën van Nederland*, Deel 4, Fam. Desmidiaceae (2). – 89 pp., Stichting Uitgeverij KNNV, Utrecht.
- COESEL, P.F.M. (1994): *De Desmidiaceeën van Nederland*, Deel 5, Fam. Desmidiaceae (3). – 53 pp., Stichting Uitgeverij KNNV, Utrecht.
- COESEL, P.F.M. (1997): *De Desmidiaceeën Van Nederland*, Deel 6 Fam. Desmidiaceae (4). – 93 pp., Stichting Uitgeverij KNNV, Utrecht.
- LENZENWEGER, R. (1996): *Desmidiaceenflora von Österreich*, Teil 1. – 162 pp., J. Crammer, Stuttgart.
- LENZENWEGER, R. (1997): *Desmidiaceenflora von Österreich*, Teil 2. – 216 pp., J. Crammer, Stuttgart.
- LENZENWEGER, R. (1999): *Desmidiaceenflora von Österreich*, Teil 3. – 218 pp., J. Crammer, Stuttgart.
- LENZENWEGER, R. (2003): *Desmidiaceenflora von Österreich*, Teil 4. – 87 pp., J. Crammer, Stuttgart.
- RŮŽIČKA, J. (1977): *Die Desmidiaceen Mitteleuropas*, Band 1, 1. Lieferung. – 291 pp., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

- RŮŽIČKA, J. (1981): *Die Desmidiaceen Mitteleuropas, Band 1, 2. Lieferung.* – pp. 292–736, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Při určování sinic a řas do nižších taxonů jsem se zaměřovala na rozměry (šířku a délku), přítomnost či absenci schránky a její tvar a strukturu, buněčnou stěnu, přítomnost chloroplastu a jeho tvar, typ barviv, typ stélky (větvená, nevětvená, kokální, sifonální) a výskyt (samostatně, kolonie).

10.6 Pravidla nomenklatury

Při taxonomickém hodnocení je třeba striktně dodržovat nomenklatorická pravidla. Nomenklatorickými pravidly rozumíme Mezinárodní kód botanické nomenklatury. Důvodem je především možná subjektivita při hodnocení výsledků. Je třeba zavést určitý pořádek, který platí na úrovni zákoníku jako v každém jiném systému. O změnách a modernizaci Kódu rozhoduje nomenklatorická komise při IAPT (International Association of Plant Taxonomy), která zasedá v rámci mezinárodního botanického kongresu (Hindák 1978).

Pro definici taxonu je rozhodující jeho nomenklatorický typ (pro rod druh, pro čeleď rod apod.). Symbolem každého taxonu je jeho latinské jméno (př. *Anabaena inaequalis*) (Hindák 1978). Jména sladkovodních sinic a řas vytvořil Haansgirg (1889, 1892), ale jen pro druhy, které byly popsány v jeho díle „Prodromus českých a moravských řas sladkovodních“ (Kalina & Váňa 2005).

10.7 Použité taxonomické názvosloví

Taxonomické názvosloví sinic a řas bylo pro účely diplomové práce převzato z publikace Hindáka (1978).

HINDÁK, F. et al.: *Sladkovodné riasy: Vysokošk. príručka*. 1. vyd. Bratislava: SPN, 1978. 728 s.

10.8 Hodnocení ekologického významu krásivek

Hodnocení ekologického významu nalezených taxonů krásivek vychází z práce Šťastného (2010) „Desmids (Conjugatophyceae, Viridiplantae) from the Czech Republic; new and rare taxa, distribution, ecology“, kde jsou jednotlivé ekologické aspekty každého taxonu uvedeny v tabulce.

Prvním hodnoceným aspektem je trofický stav ekosystému (THPH), u něhož jsou rozlišovány tři třídy trofie: oligotrofní (biotopy s nízkou koncentrací živin a malým množstvím biomasy), mezotrofní (biotopy středně bohaté na živiny) a eutrofní (biotopy s vysokou koncentrací živin a velkým množstvím biomasy).

Dalším aspektem je míra kyselosti prostředí (ACID), kterou taxony preferují. Opět jsou zde rozlišovány tři třídy: acidofilní (vyskytující se při $\text{pH} < 6,5$), přibližně neutrální ($\text{pH} 6,5-7,5$) a alkalofilní ($\text{pH} > 7,5$).

Forma života (LF) je třetím hodnoceným aspektem: atmofytická forma (organizmy žijící v periodicky vysychajícím substrátu), bentická (organizmy žijící na dně vod nebo na ponořených rostlinách) a planktonická forma (organizmy žijící ve velkých vodních plochách, pasivně plovoucí).

U ekologické vzácnosti (R) označujeme příležitostný výskyt (1), vzácný (2) a velmi vzácný (3). Běžné a snadno zaměnitelné druhy (zejména některé malé taxony rodu *Cosmarium* s hladkými stěnami nebo některé druhy rodu *Staurostrum*) nejsou popsány.

Ekologická citlivost (S) je posledním parametrem. Tento parametr odráží zralost a stupeň vnitřního uspořádání příslušného ekosystému a nepřímo také naznačuje jeho zranitelnost a dobu potřebnou k jeho obnovení. Je zřejmé, že složitější (vnitřně diferencovaný) ekosystém je náchylnější na narušení a je potřeba více času pro jeho obnovení (Coesel 1998, 2001). Hodnoty přiřazené taxonům se pohybují od 1 (mírně indikační, vyskytující se také v dřívějších fázích sukcese) do 3 (nejvíce indikační, druh charakteristický pro vysoce strukturované vyvážené ekosystémy).

10.9 Tvorba multimediálního atlasu sinic a řas

Je známo, že člověk získává až 80 % informací zrakem, zatímco sluchem 12 %, hmatem 5 % a ostatními smysly jen 3 % (Kalous & Obst 2012). Z tohoto faktu tedy vyplývá, že využití vizuální stránky při prezentování učiva za současného výkladu učitele může vést k efektivnímu způsobu výuky. Na základě těchto poznatků, byl zhotoven multimediální atlas sinic a řas.

V průběhu pozorování řas pod mikroskopem jsem průběžně pořizovala fotografie reprezentující řasovou flóru studované pískovny. Pro fotografie sinic a řas jsem používala digitální fotoaparát Olympus SH – 21. Fotografie byly pořizovány při různém zvětšení mikroskopu.

Dalším krokem bylo utřídění fotografií a jejich případná úprava v programu Malování. Většinou se jednalo o ořezání snímku. Po utřídění a úpravě fotografií následovalo zpracování multimediálního atlasu sinic a řas v programu Microsoft Visual Basic, pro tvorbu atlasu jsem použila verzi 10 Express, která je poskytována zdarma.

Visual Basic je programovací jazyk od společnosti Microsoft, který slouží k vývoji a správě aplikací pro operační systém Windows. Programovací jazyk je uměle vytvořen jako nástroj pro tvorbu a úpravu počítačových programů (Klement 2002).

Při práci s programem je nezbytné striktně dodržovat definovanou syntaxi a sémantiku. Syntaxí a sémantikou rozumíme soubor pravidel, jimiž se řídí zápis programu (Klement 2002).

Úkolem v této diplomové práci bylo vytvořit multimediální atlas v grafickém rozhraní programu. Některé funkce programu, které se nenachází v grafickém rozhraní, je třeba naprogramovat pomocí zdrojového kódu. Zdrojový kód, někdy také zdrojový text, je označení zápisu textu počítačového programu v programovacím jazyce, v našem případě v jazyce Visual Basic.

10.10 Použitá literatura pro textovou část multimediálního atlasu

Pro vypracování textové části multimediálního atlasu byly zvoleny následující tituly:

- KALINA, T. *Systém a vývoj sinic a řas*. Dotisk. Praha: Karolinum, 1997. ISBN 80-7066-854-7. 165 s.
- KALINA, T. et VÁŇA, J. *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Vyd. 1., Praha: Karolinum, 2005. ISBN 80-246-1036-1. 606s
- JURČÁK, J. et al. *Přídodopis 6. ročník*. Olomouc: Prodos, 2007. ISBN 80-7183-168-9.

11 Výsledky a diskuze

V následující části uvádím hlavní výsledky získané během průzkumu řasové flóry na bývalé pískovně v Želechovicích. Nejprve se zaměřuji na výsledky fyzikálně-chemických vlastností vody měřených na jednotlivých stanovištích, dále pak rozebírám jednotlivé výsledky rozboru zaznamenané řasové flóry a srovnávám je s výsledky z bakalářské práce (Hedererová 2012), v níž byla tato bývalá pískovna také středem zájmu.

V závěru kapitoly se blíže zabývám nalezenými krásivkami a jejich bioindikačními významy.

11.1 Naměřené fyzikálně chemické vlastnosti vody

V tabulkách 6 a 7 uvedených níže jsou prezentovány výsledky naměřených fyzikálně-chemických vlastností vody na bývalé pískovně v Želechovicích. Z fyzikálně-chemických vlastností byla z odebraných vzorků měřena teplota a pH vody.

Tab. 6: Naměřené hodnoty teploty vody na bývalé pískovně v Želechovicích

Profil	Teplota vody	
	Datum odběru	
	26. 5. 2013 (V)	26. 8. 2013 (VIII)
A	18,1 °C	25,3 °C
B	17,2 °C	25,2 °C
C	17,3 °C	24,9 °C
D	17,0 °C	24,7 °C

Z tabulky 6 je zřejmé, že nejvyšší naměřené teploty v případě odběru V i VIII byly naměřeny na profilu A, který se nachází na prosluněném místě, zatímco nejnižší teploty byly zjištěny na profilu D, jenž je po většinu dne zastíněn. Výsledky naměřených hodnot teploty vody tedy odpovídají umístění profilů.

Tab. 7: Naměřené hodnoty pH vody na bývalé pískovně v Želechovicích

Profil	Teplota vody	
	Datum odběru	
	26. 5. 2013 (V)	26. 8. 2013 (VIII)
A	7,83	7,91
B	7,84	7,85
C	7,87	7,84
D	7,83	7,82

Z hodnot v tabulce 7 vyplývá, že pH na zkoumané lokalitě je slabě alkalické. Hodnoty na jednotlivých stanovištích jsou přibližně stejné a liší se většinou jen v řádech setin.

Na profilu A bylo při srpnovém měření zjištěno nejvyšší pH. Jak bylo zmíněno již výše, profil se nachází na prosluněném místě. Jednou z příčin je tedy pravděpodobně vyšší fotosyntetická aktivita řas, která je dána právě polohou tohoto stanoviště. Je obecně známo, že zvýšená fotosyntéza spojená s odčerpáváním CO₂ z vodního prostředí způsobuje vzrůst hodnot pH (Lellák & Kubiček 1992).

Na profilu D bylo při srpnovém odběru naměřeno pH nejnižší. Lokalita je značně zastíněna, což opět dobře koresponduje s výše zmíněnou teorií o vlivu pH na fotosyntetickou aktivitu řas, která je ovlivněna intenzitou slunečního záření.

11.2 Kvalitativní hodnocení řasové flóry

Z mikroskopického rozboru všech pozorovaných vzorků bylo zjištěno celkem 42 taxonů (druhů či rodů) sinic a řas z 5 hlavních taxonomických skupin. Řasy s celkovým počtem 36 taxonů výrazně převažovaly oproti sinicím s pouhými 6 taxony. V roce 2012, kdy byla tato lokalita zkoumaná v rámci bakalářské práce Hedererové (2012), bylo celkem zjištěno pouze 31 taxonů a z toho 3 druhy sinic.

V následující tabulce (tab. 8) je uvedeno procentuální zastoupení jednotlivých taxonů, které byly zjištěny na pískovně v Želechovicích v roce 2013.

Tab. 8: Zastoupení hlavních taxonů sinic a řas v bývalé pískovně v Želechovicích

Taxonomická skupina	Počet taxonů	Procentuální zastoupení
Cyanophyta	6	14 %
Bacillariophyceae	15	36 %
Euglenophyta	1	2 %
Chlorophyceae	8	19 %
Zygnematophyceae	12	29 %
Celkem	42	100 %

Pro srovnání také uvádím tabulku (tab. 9) s výsledky kvalitativního hodnocení řasové flóry z roku 2012 z práce Hedererové (2012).

Tab. 9: Zastoupení sinic a řas z roku 2012 (Hedererová 2012)

Taxonomická skupina	Počet taxonů	Procentuální zastoupení
Cyanophyta	3	10 %
Bacillariophyceae	12	39 %
Euglenophyta	0	0 %
Chlorophyceae	7	23 %
Chrysophyceae	1	3 %
Zygnematophyceae	8	26 %
Celkem	31	100 %

Z tabulek je zřejmé, že se procentuální zastoupení jednotlivých taxonů příliš neliší. Stejně jako v roce 2012 i v roce 2013 byly dominujícím taxonem rozsivky (Bacillariophyceae), jejichž zastoupení přesahuje 35 % všech taxonů sinic a řas na zkoumané lokalitě. Druhé místo tvoří v obou případech zájmová skupina řas, krásivky (resp. spájkivé řasy), přesahující 25 %. Zlativky (Chrysophyceae), jež zastupoval v roce 2012 pouze jediný druh, nebyly v roce 2013 zjištěny vůbec. Oproti tomu byl zaznamenán výskyt krásnooček (Euglenophyta), ale byl také reprezentován pouze jedním druhem.

V tabulce níže (tab. 10) uvádím podrobný seznam všech nalezených taxonů sinic a řas u jednotlivých stanovišť. Přestože byly vzorky odebírány v květnu a srpnu, v tabulce je uveden pouze výskyt či absence celkově v obou případech. Odběry byly provedeny pouze v rámci hlavní vegetační sezóny, nelze zde tedy hovořit o sezónní dynamice sinic a řas.

Tab. 10: Seznam nalezených taxonů sinic a řas v želechovické pískovně v roce 2013

Taxonomická skupina	Taxon	A	B	C	D
Cyanophyta	<i>Anabaena</i> sp.	-	-	+	+
	<i>Chroococcus</i> sp.	+	-	+	+
	<i>Homoeothrix</i> sp.	+	-	+	+
	<i>Oscillatoria</i> sp.	+	+	+	+
	<i>Scytonema crispum</i>	+	-	+	-
	<i>Spirulina</i> sp.	+	+	+	+
Bacillariophyceae	<i>Amphora</i> sp.	+	+	+	+
	<i>Craticula cuspidata</i>	-	-	+	+
	<i>Cymatopleura elliptica</i>	-	-	-	+
	<i>Cymbella</i> sp.	+	+	+	+
	<i>Cymbopleura</i> sp.	+	+	+	+
	<i>Fragillaria</i> sp.	+	+	+	+
	<i>Gomphonema</i> sp.	+	-	+	-
	<i>Gyrosigma acuminatum</i>	-	-	+	+
	<i>Gyrosigma</i> sp.	-	+	-	+
	<i>Melosira</i> sp.	+	+	+	+
	<i>Melosira varians</i>	-	+	-	+
	<i>Navicula capitata</i>	+	-	-	-
	<i>Navicula</i> sp.	+	+	+	+
	<i>Pinnularia</i> sp.	+	+	+	+
Euglenophyta	<i>Euglena spirogyra</i>	+	-	-	-
Chlorophyceae	<i>Draparnaldia</i> sp.	-	-	+	-
	<i>Microspora</i> sp.	-	-	+	+
	<i>Monoraphidium</i> sp.	-	+	-	-
	<i>Oedogonium</i> sp.	-	+	+	+

	<i>Pediastrum boryanum</i>	-	-	-	+
	<i>Pediastrum</i> sp.	-	+	-	+
	<i>Scenedesmus</i> sp.	+	-	+	-
	<i>Ulothrix</i> sp.	-	-	-	+
Zygnematophyceae	<i>Closterium acerosum</i>	+	-	+	+
	<i>Closterium incurvum</i>	-	+	+	+
	<i>Closterium praelongum</i> var. <i>brevius</i>	-	-	-	+
	<i>Closterium pritchardianum</i>	-	-	+	+
	<i>Closterium tumidulum</i>	-	-	-	+
	<i>Closterium</i> sp.	+	+	+	+
	<i>Cosmarium</i> sp.	-	-	+	+
	<i>Mougeotia</i> sp.	+	+	+	+
	<i>Penium margaritaceum</i>	-	-	+	+
	<i>Pleurotaenium</i> sp.	+	+	+	+
	<i>Spirogyra</i> sp.	-	-	+	+
	<i>Staurostrum</i> sp.	-	+	-	+

Z hlediska abundance dominovaly ve vzorcích rozsivky (Bacillariophyceae). Podle Hindáka (1978), Marvana & Kozákové (2006) - uvedeno v tab. 5 v kapitole 10.4 - se jedná o taxon masově zastoupený (s pokryvností 90 – 100 %). Také sinice, ačkoli je uvedeno jen 6 taxonů, byly zastoupeny ve velmi hojném počtu (pokryvnost 50-90%), a to především vláknité sinice *Spirulina* sp. a *Oscillatoria* sp., zastoupené ve všech pozorovaných vzorcích.

Krásivky, skupina řas, která je středem zájmu této práce, zde měly hojné zastoupení spíše v počtu druhů než z hlediska abundance, kde byla pokryvnost pouze 5 – 20 % (dle Hindáka 1978, Marvana & Kozákové 2006 je možno je označit za taxon dost hojný). Krásivky jsou ekologicky velmi citlivé organismy a dávají přednost vodám chudším na živiny se spíše neutrálním prostředím (Hindák 1978, Lenzenweger 1996, Coesel 1998), které jim právě pískovna poskytuje.

Zelené řasy (Chlorophyta) byly zastoupeny ve velmi hojném až hojném počtu, zatímco krásnoočka (Euglenophyta) jsou zde taxonem velmi zřídka, s pokryvností 0,1 – 1 %.

11.3 Hodnocení ekologických aspektů u krásivek

V následující tabulce (tab. 11) uvádím hodnocení ekologických aspektů u určených druhů krásivek podle Šťastného (2010).

Tab. 11. Seznam všech nalezených taxonů krásivek s jejich orientačními poznámkami [(TRPH) trofie: (oli) oligotrofní, (mes) mezotrofní, (eu) eutrofní; (ACID) kyselost: (aci) kyselé, (neu) neutrální, (alk) alkalické; (LF) forma života: (ben) bentická, (atm) atmofytická, (pla) planktonická; (R) vzácnost v České republice; (S) ekologická citlivost. Podrobnosti viz kap. 10.8].

	TRPH	ACID	LF	R	S
<i>Closterium acerosum</i> Ralfs	eu-mes	alk-aci	ben		
<i>Closterium incurvum</i> Bréb.	mes-eu	aci-alk	ben		
<i>Closterium praelongum</i> var. <i>brevius</i> (Nordst.) Will I Krieg.	mes-eu	aci-alk	ben		
<i>Closterium pritchardianum</i> W. Archer	mes-eu	aci-neu	ben-pla		
<i>Closterium tumidulum</i> F. Gay	oli	aci	ben-atm	2	
<i>Penium margaritaceum</i> Ralfs	mes-oli	aci	ben	1	1

Z tabulky lze vyčíst, že první 4 taxony vykazují pouze běžnou ekologickou citlivost a nejsou v České republice nijak vzácné. *Closterium tumidulum* však můžeme podle tabulky označit jako druh vzácný (R2) a *Penium margaritaceum* jako druh příležitostně vzácný (R1) s ekologickou citlivostí 1 (S1).

12 Sinice a řasy v učivu přírodopisu

Sinice a řasy, ačkoli představují z didaktického hlediska ideální model pro studium buněčných struktur (Lederer 1996), tvoří na 2. stupni základních škol pouze malou část učiva přírodopisu. Spolu s dalšími mikroorganismy jsou obvykle vyučovány v rámci 6. ročníku v rozsahu a souvislostech daných Rámcovým vzdělávacím programem pro základní vzdělávání (MŠMT 2014).

Z obsahu prostudovaných učebnic přírodopisu pro 6. ročník (Čabradová et al. 2004, Jurčák et al. 2007) a z příslušných časově tematických plánů vyplývá, že sinicím a řasám jako biologické skupině jsou věnovány pouze 2 vyučovací hodiny z celkové hodinové dotace 62 až 66 hodin za rok. Učivo je zaměřeno především na poznatky o některých běžných či modelových zástupcích, popis jejich stavby těla a prostředí, ve kterém se vyskytují.

Přestože jsou sinice a řasy z algologického hlediska považovány za jednu (ekologickou či biologickou) skupinu, ve výuce přírodopisu jsou probírány zvlášť, nikoli jako jeden tematický celek. Bliží se to ovšem jejich pozici v systému živých organismů (viz např. Kalina a Váňa 2005). Zatímco sinice jsou součástí učiva o bakteriích, řasy jsou na základních školách probírány jako součást botaniky (Vágnerová 2006).

Kromě tematických celků vymezených právě sinicím a řasám, se s nimi žáci mohou do určité míry setkat i v rámci dalších tematických celků (např. učivo věnované srovnání jednobuněčných a mnohobuněčných organismů, utváření společenstev organismů a vodních ekosystémů nebo v rámci laboratorních prací při zkoumání živé přírody) (Čabradová et al. 2004).

12.1 Sinice a řasy v praktické části výuky

Jedním z trendů současného školství je vést žáky k tomu, aby získávali nové vědomosti a dovednosti prostřednictvím praktických činností, ve výuce přírodopisu tedy zejména pozorováním a experimentem. Problematika sinic a řas je však většinou jen „odvykládána“ a praktickou část výuky postrádá. Sinice a řasy se tak pro žáky následně stávají spíše abstraktními organismy, které sice existují, ale nikdy je neviděli (Vágnerová 2006).

Jedním důvodem absence těchto organismů v praktické části výuky je jejich sezónnost výskytu. Dalšími příčinami pak může být obtížnost při determinaci této druhově velmi rozmanité skupiny.

Problém se sezónností výskytu však lze odstranit konzervací odebraných vzorků ve školních podmínkách. K fixaci a konzervaci je možné použít formalín, tj. 3 – 37 % roztok formaldehydu ve vodě. Formalín musí být čirý. K fixaci vzorku postačí konečná koncentrace 2%, protože při vyšší koncentraci by docházelo ke smršťování buněčného obsahu a také by se zbytečně zvyšovalo zdravotní riziko při manipulaci se vzorky, formalín je totiž jedovatou látkou (Křisa et al. 1989). Další z možností je fixace Pfeifferovou fixází. Podle Křisa et al. (1989) je poměr jednotlivých látek a postup fixace následující: 40% formaldehyd... 50 ml, metanol... 50 ml a dřevný ocet destilovaný... 50 ml. Délka této fixace je 6 až 12 hodin a poté je možno zafixovaný materiál přechovávat po dlouhou dobu. Tato fixace je nejvhodnější pro řasy, sinice a jiné jednobuněčné organismy, protože zachovává přirozené zbarvení organismů a je velmi šetrná k buněčným strukturám, které jsou právě pro školní studium tak důležité (Hedererová 2012).

Jednou z nevýhod zafixovaných a zakonzervovaných vzorků je však menší míra atraktivity zkoumaného vzorku pro žáky, protože při konzervaci jsou „zahubeny“ všechny organismy. Žákovi se tak dostane k dispozici pouze mrtvý vzorek, v němž se „nic nehýbe“ a který může být navíc zabarvený dohněda a řasy tak ztrácí svoji pěknou původní barvu.

12.1.1 Zástupci sinic a řas vhodné pro výuku přírodopisu

V následujícím textu jsou vyzdvíženi zástupci sinic a řas a jejich hlavní skupiny, které považuji za vhodné pro praktickou část výuky.

12.1.1.1 Sinice (Cyanobacteria)

Sinice jsou vedle barevných bakterií nejjednodušší fotoautotrofní organismy, které žijí jednotlivě, v koloniích nebo tvoří vlákna (Hindák 1978, Kalina & Váňa 2005). Přestože se jedná o mikroskopické a pouhým okem neviditelné organismy, mohou vytvářet nápadné makroskopické povlaky, slizové kolonie či chomáčky zabarvené modrozeleně, olivově zeleně, fialkově nebo až do černa (Hindák 1978). Sinice se vyskytují téměř na všech biotopech (Hindák 1979, Pouličková 2011).

Pro výuku jsou vhodné především sinice s vláknitou stélkou, protože jednobuněčné sinice jsou příliš drobné a navíc v mikroskopech s menším zvětšením a horší optickou kvalitou by bylo jejich pozorování pro žáky velmi problematické či dokonce nemožné. Dalším kritériem, které je vhodné vzít v úvahu při výběru zástupců sinic pro výuku přírodopisu, je existence

českého jména. To je pro žáky samozřejmě mnohem více zapamatovatelné než jméno latinské. Velká většina druhů sinic (i řas) ovšem české jméno nemá.

Mezi vláknité sinice patří např. růžencovka (*Anabaena* sp.), která tvoří specializované buňky, heterocyty a akinety (Hindák 1978). Vlákná tohoto rodu jsou poměrně dobře pozorovatelná i v mikroskopech umožňujících menší maximální zvětšení (postačí zvětšení 200 x). Jsou hojné v planktonu rybníků a při přemnožení tvoří vodní květ.

Drkalka (*Oscillatoria* sp.) je další z vláknitých sinic. Na rozdíl od předchozího rodu netvoří akinety a heterocyty a nepodílí se na utváření vodního květu (Vágnerová 2006).

Název „drkalka“ je odvozen od drkavého rotačního způsobu pohybu (Kalina & Váňa 2005, Vágnerová 2006). Je častá v bentosu rybníků a jezer, ale může se také vyskytovat v akváriích, kde tvoří povlaky na kamenech a stěnách akvária (Vágnerová 2006).

Drkalka a růžencovka mají poměrně dobře patrné rozpoznávací znaky a lze proto ve výuce zařadit úlohu na jejich rozlišení (Vágnerová 2006).

Z koloniálních jednobuněčných sinic je vhodný rod *Microcystis*. Jedná se o hojnou skupinu sinic vyskytující se především v rybnících koncem jara a léta. Často se podílí na tvorbě vodních květů a lze ji snadno rozpoznat podle charakteristického vzhledu kolonie (Hindák 1978, Vágnerová 2006).

12.1.1.2 Řasy

Obecně můžeme řasy charakterizovat jako jednoduché fotoautotrofní jednobuněčné či mnohobuněčné rostliny (nebo rostlinám podobné organismy). Řasy mohou žít jednotlivě i v koloniích, a to téměř všude – ve sladkých i slaných vodách, v termálních pramenech, v půdě, na sněhu či na jiných rostlinách (Vágnerová 2006).

Řasy tvoří systematicky jednotnou skupinu organismů, ale jsou rozděleny do sedmi eukaryotických oddělení, jejichž zástupci se liší submikroskopickou stavbou buněk, kombinací fotosyntetických pigmentů a chemickým složením zásobních látek (Kalina 1997).

V následující části budou zmíněny reprezentativní skupiny a zástupci červených, hnědých a zelených řas. Stejně jako v případě sinic by měli být upřednostňovány větší druhy, které jsou snadno vidět i při menším zvětšení mikroskopu a druhy které lze snadno určit a nedají se zaměnit.

12.1.1.2 a Ruduchy (Rhodophyta)

Ruduchy jsou červené řasy s jednobuněčnou (kokální) nebo mnohobuněčnou, často velmi dekorativní stélkou. Často se s nimi můžeme setkat na povrchu rašelinného substrátu ve sklenících (Vágnerová 2006).

Porphyridium sp. jsou ruduchy s červeným hvězdicovitým chloroplastem vyskytující se na vlhkých zdech a v půdě (Lederer 1996). Žabí símě (*Batrachospermum* sp.) jsou makroskopické ruduchy, se kterými se můžeme setkat v rašelinných tůňkách, pramenech a čistých horských potocích (Vágnerová 2006).

12.1.1.2 b Hnědé řasy (Chromophyta)

Z hnědých řas byly vybrány různobrvky a rozsivky, se kterými se můžeme běžně setkat na různých biotopech.

Různobrvky jsou (z hlediska barvy) skupinou žlutozelených řas, většinou mikroskopické, ojediněle však mohou být i makroskopické. Mohou být jak jednobuněčné, tak vláknité s více buňkami, v koloniích či rourkovité, většinou pasivně se vznášející ve vodě nebo přichycené na ponořeném substrátu (Hindák 1978). Zástupce různobrvek můžeme najít téměř na všech biotopech (Hindák 1978, Kalina & Váňa 2005).

Posypanka (*Vaucheria* sp.) je jedním ze zástupců různobrvek. Má trubičkovitou stélku a žlutozelené terčíkovité chloroplasty. Typickým prostředím této řasy je rozhraní půdy a vody, dále se nachází v mělkých potocích a tůňkách (Hindák 1978). Může tvořit také makroskopické chomáče vláken, někdy lidově nazývané „bahýnko“ (Lederer 1996).

Rozsivky jsou jednobuněčné kokální hnědé řasy s buňkou uzavřenou do dvoudílné křemité schránky. Tato křemičitá schránka, nazývaná frustula, je hlavním znakem rozsivek. Podle symetrie těla dělíme rozsivky na penátní s bilaterální symetrií a centrické s radiální symetrií (Hindák 1978, Kalina & Váňa 2005).

Přestože je kultivace rozsivek velmi náročná, v přírodě se dají nalézt velmi snadno a jsou dostupné po celý rok. Vyskytují se na ponořených kamenech a rostlinách a můžeme je také získat seškrabáním z listů rostlin v akváriu. Většinou pozorujeme směsný vzorek různých druhů rozsivek. (Vágnerová 2006).

Z penátních rozsivek jsou typickými zástupci, se kterými se běžně setkáme, rody člunovka (*Navicula* sp.), *Pinnularia* sp., *Cymbella* sp., z centrických rozsivek např. *Melosira* sp.

12.1.1.2 c Zelené řasy (Chlorophyta)

Zelené řasy jsou velmi rozmanitou skupinou řas se složitou systematikou (viz např. Kalina a Váňa 2005). Zjednodušeně (pro didaktické účely) ji lze rozdělit do několika málo tříd (Hindák 1978). První třídu tvoří zelenivky (Chlorophyceae), což jsou vlastní zelené řasy. Mohou být jednobuněčné, vláknité, v koloniích a tvořit cenobia. Další skupinou jsou evolučně odvozenější spájkivé řasy (Conjugatophyceae). Vyskytují se v jednobuněčné nebo v jednoduché nerozvětvené vláknité formě. Makroskopickými řasami je třetí skupina, parožnatky (Charophyceae). Vyznačují se přeslenitě rozvětvenou stélkou, na které se pravidelně střídají článkové a uzlové buňky (Hindák 1978).

Ze zelených řas je vhodné podle Vágnerové (2006) zařadit do výuky následující rody: *Desmodesmus* sp. (řetízovka) a *Pediastrum* sp., které jsou kokálnými zelenými řasami tvořícími vzhledově atraktivní cenobia. Obě jsou hojné v planktonu rybníků a vodních nádrží. Především *Pediastrum* sp. se velmi dobře mikroskopuje, protože cenobia bývají dosti velká (Hindák 1978). Rod *Cladophora* sp., známý pod názvem žabí vlas, má bohatě větvenou stélku. Ve sladkých vodách je tato řasa hojná na kamenech v proudící vodě eutrofních potoků a řek. Je vhodná jak pro mikroskopické, tak i makroskopické pozorování stélky. Ze zelených řas obývajících rašelinné biotopy jsou přímo ukázkovým příkladem krásivky, a to především díky své atraktivitě, např. rody *Cosmarium*, *Closterium* aj.

Spirogyra sp., šroubatka, je další vhodnou zelenou řasou, patřící mezi vláknité spájkivé řasy. Jemná vlákna prorůstají mezi ponořenými rostlinami a kameny v rybnících (Vágnerová 2006). *Trentepohlia* sp., přestože patří mezi zelené řasy, tvoří hnědé až hnědočervené povlaky na kůře stromů. Tato řasa je vhodná především pro demonstraci aerofytních řas, jako je např. také známá zrněnka (*Apatococcus* sp.) (Vágnerová 2006).

12.1.1.3 Krásnoočka (Euglenophyta)

Krásnoočka (Euglenophyta), se základními zástupci z rodu *Euglena*, jsou bičíkovci s nápadnou červenou stigmou, kteří se mohou aktivně pohybovat nebo přechodně tvořit nepohyblivé buňky (Kalina & Váňa 2005). Často se vyskytují v eutrofizovaných vodách, jako bývají např. návesní rybníky, vodní jímky apod. Můžeme je označit za bioindikátory těchto vod (Vágnerová 2006). Pro žáky jsou velmi vděčným objektem k pozorování především pro jejich pohyb a proměnlivý tvar buňky.

12.2 Návrh multimediálního atlasu sinic a řas

Multimediální atlas sinic a řas se dotýká celků Biologie rostlin a Praktického poznávání přírody, jež zahrnuje pozorování pod mikroskopem a práci s určovacími klíči a atlasy. Multimediální atlas slouží v první řadě pedagogům jako názorná pomůcka do běžné výuky v rámci probíraného učiva nižších rostlin se zaměřením na sinice a řasy pro názornou ukázkou našich nejběžnějších zástupců sinic a řas. V druhé řadě tento atlas nachází také uplatnění při praktické výuce (laboratorní práci s mikroskopem) jako pomůcka pro učitele i žáky při určování řasové flóry. Další využití může atlas nacházet ve volitelném přírodovědném kroužku, který některé školy nabízí.

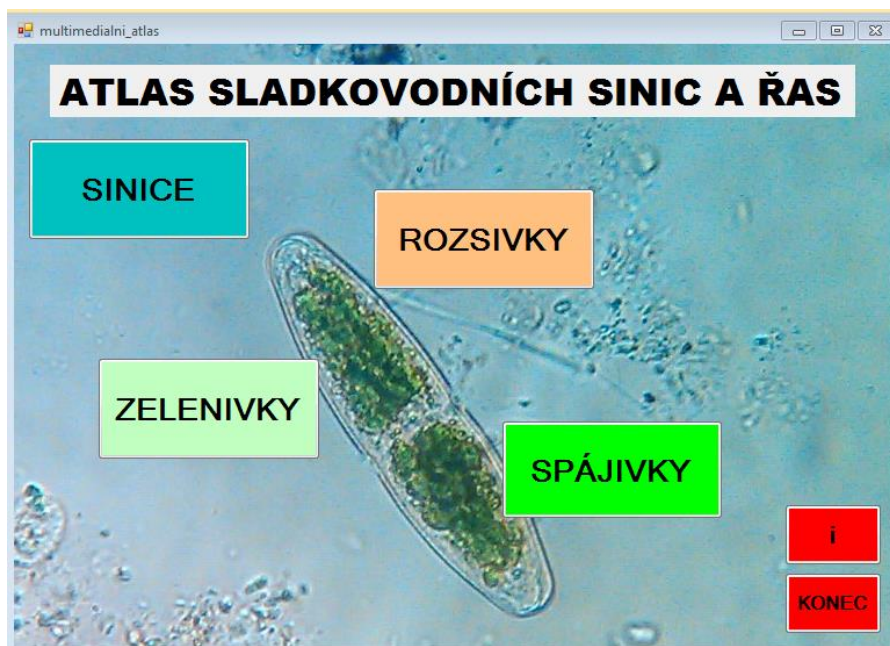
Při práci s multimediálním atlasem dochází u žáků k rozvoji klíčových kompetencí, jejichž utváření patří k jednomu ze stěžejních cílů RVP. Rozvíjeny jsou kompetence k učení – žáci se učí efektivně zacházet s atlasem a dále ho využívat při práci s mikroskopem. Osvojovány jsou také kompetence k řešení problému při plnění zadaných úkolů, a to jak samostatně tak při práci ve skupině, která mimo jiné napomáhá k rozvoji dalších kompetencí, a to sociálních a personálních. Nasloucháním, diskuzí s učitelem a spoluprací žáků mezi sebou jsou rozvíjeny komunikační kompetence.

12.2.1 Metodická příručka pro práci s multimediálním atlasem

Multimediální Atlas sladkovodních sinic a řas je nekomerční a volně šiřitelný. Správné fungování programu je vázáno na OS Windows a grafické rozlišení 1024 x 768 pixelů nebo větší.

Program není nijak náročný na výkon počítače, není tedy třeba speciální počítačový hardware. Program je spuštěn pomocí souboru `multimedialni_atlas.exe`. Není nutná žádná instalace, je možno ho pouštět přímo z CD nebo zkopírovat na pevný disk počítače.

Po spuštění souboru `multimedialni_atlas.exe` se objeví úvodní obrazovka s názvem programu a hlavním menu.



Obr. 8 Hlavní menu multimediálního Atlasu sladkovodních sinic a řas

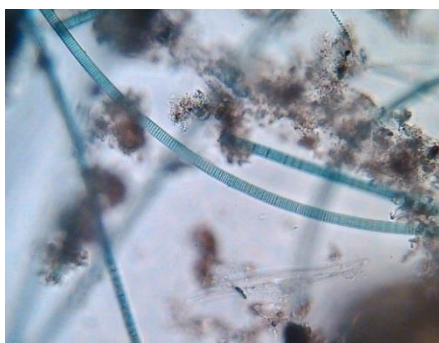
Atlas obsahuje fotografie sinic a řas, které byly pořízeny v rámci mikroskopického zkoumání řasových společenstev v želechovické pískovně. Řasová flóra je v něm rozdělena do základních skupin na sinice (Cyanophyta), rozsivky (Bacillariophyceae), zelenivky (Chlorophyceae), které jsou dále rozděleny na kokální, vláknité a spájivky (Zygnematophyceae). Názvy řas jsou u jednotlivých fotografií uvedeny česky a latinsky, u řas, které český ekvivalent nemají, je uvedeno pouze latinské jméno.

12.2.2 Přehled fotografií v multimediálním atlase

SINICE (Cyanophyta)



Obr. 9 *Chroococcus* sp.



Obr. 10 *Oscillatoria* sp.



Obr. 11 *Spirulina* sp

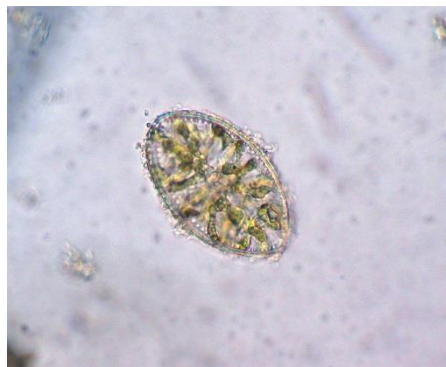
ROZSIVKY (Bacillariophyceae)



Obr. 12 *Cymbella* sp.



Obr. 13 *Craticulla cuspidata*



Obr. 14 *Cymatopleura elliptica*



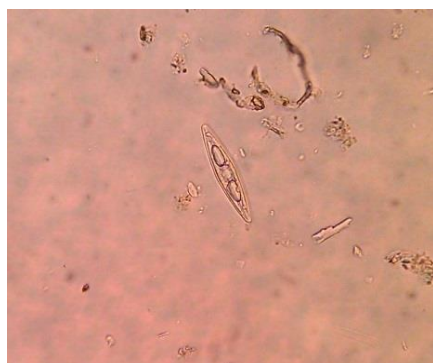
Obr15. *Cymboppleura* sp.



Obr. 16 *Gomphonema* sp



Obr. 17 *Gyrosigma* sp.



Obr. 18 *Navicula* sp.

ZELÉNIVKY (Chlorophyceae)

A) Kokální



Obr. 19 *Pediastrum boryanum*



Obr. 20 *Scenedesmus* sp.



Obr. 21 *Microspora* sp.

SPÁJIVÉ ŘASY (Zygnematophyceae)



Obr. 22 *Closterium* sp.



Obr. 23 *Closterium* sp. I



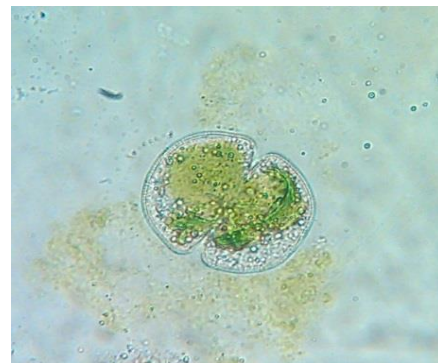
Obr. 24 *Closterium* sp. II



Obr. 25 *Closterium* sp. III.



Obr. 26 *Cosmarium* sp.



Obr. 27 *Cosmarium* sp.



Obr. 28 *Mougeotia* sp.



Obr. 29 *Spirogyra* sp.



Obr. 30 *Staurastrum* sp.

12.2.3 Textová část multimediálního atlasu

V následující kapitole uvádím textovou část, která byla použita pro tvorbu multimediálního atlasu sinic a řas.

SINICE

Sinice jsou velmi jednoduché prokaryontní organismy příbuzné bakteriím. Jejich společným znakem s bakteriemi je neohrazené jádro a rozptýlená jaderná hmota v cytoplasmě.

Obsahují chlorofyl a modrozelené barvivo.

Výskyt: při dostatku světla se sinice vyskytují při hladině stojatých vod a jsou součástí rostlinného planktonu. Při přemnožení způsobují vodní květ na hladině.

ROZSIVKY

Rozsivky jsou jednobuněčné hnědé řasy, které mohou žít samostatně nebo v koloniích. Jejich povrch těla chrání schránka z oxidu křemičitého.

Obsahují chlorofyl s chloroplasty olivově hnědé barvy.

Výskyt: jsou součástí planktonu, žijí také na dně vod a tvoří slizovité povlaky na kamenech.

ZELENIVKY

Zelenivky patří do široké skupiny zelených řas. Vyskytují se v různých životních formách, od jednobuněčných forem po větvená vlákna a mohou žít jednotlivě, v koloniích nebo cenobiích.

Obsahují chlorofyl.

Výskyt: nachází se ve sladkých i slaných vodách, v tekoucích i stojatých.

SPÁJIVKY

Spájivky jsou sladkovodní zelené řasy, se silnou buněčnou stěnou a jádrem s jedním nebo dvěma mohutnými chloroplasty. Mohou být vláknité nebo jednobuněčné. Jednobuněčné druhy se označují jako krásivky.

Název spájivky je odvozen od typického rozmnožování spájením.

Výskyt: preferují spíše kyselejší vody, méně často se mohou vyskytovat v planktonu.

Závěr

Diplomová práce byla zaměřena především na průzkum krásivkové flóry bývalé pískovny v Želechovicích. Mikroskopickým rozbořem vzorků ze 4 odběrových míst bylo zjištěno celkem 42 taxonů sinic a řas, přičemž krásivky byly reprezentovány 12 taxony, tj. 29 % celkové počtu taxonů (druhů či rodů). Z výsledků průzkumu jsem stanovila tyto závěry:

Skladba řasového společenstva se od roku 2012, kdy byla lokalita zkoumána v rámci bakalářské práce Hedererové (2012), příliš výrazně nezměnila.

Krásivky vyžadují čisté oligotrofní vody chudé na živiny, zkoumaná lokalita se tedy jeví jako relativně čistá právě díky poměrně hojnému výskytu krásivek. Z určených druhů krásivek byl zjištěn jeden spíše vzácný druh s ekologickou citlivostí 1 (*Penium margaritaceum*) a jeden druh vzácný (*Closterium tumidulum*), což potvrzuje čistotu zkoumané lokality.

Na druhou stranu byl na lokalitě zaznamenán také výskyt sinic, které bychom očekávali spíše ve vodách eutrofních. Nejednalo se však o sinice produkující toxiny, které se podílejí na vodním květu a jsou typické právě pro silně znečištěné vody.

Pro usnadnění výuky sinic a řas na základních školách byl zhotoven multimediální atlas sinic a řas, jehož součástí jsou fotografie pořízené během zkoumání odebraných vzorků sinic a řas.

Seznam použité literatury

ADÁMEK, Z. et al. Aplikovaná hydrobiologie. Vyd. 1. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, 2008. 256 s. ISBN 978-80-85887-79-2.

Algaebase. [online]. [cit. 12. 5. 2014], dostupné na <algaebase.org>.

AMBROŽOVÁ, J.: Aplikovaná a technická hydrobiologie, 2 vyd. VŠCHT Praha, 2003.

COESEL, P.F.M. Sieralgen en Natuurwaarden. Stichting Uitgeverij KNNV, Utrecht: 1998. 56s.

COESEL, P.F.M. De Desmidiaceeën van Nederland, Deel 1, Fam. Mesotaeniaceae, Gonatozygaceae, Peniaceae. – 33 pp., KNNV, Hoogwoud: 1982.

COESEL, P.F.M. De Desmidiaceeën Van Nederland – Sieralgen, Deel 2, Fam. Closteriaceae. – 50 pp., Wetenschappelijke Mededelingen KNNV, Hoogwoud: 1983.

COESEL, P.F.M. (1985): De Desmidiaceeën van Nederland, Deel 3, Fam. Desmidiaceae (1). – 70 pp., KNNV, Hoogwoud: 1985.

COESEL, P.F.M. (1991): De Desmidiaceeën van Nederland, Deel 4, Fam. Desmidiaceae (2). – 89 pp., Stichting Uitgeverij KNNV, Utrecht: 1991.

COESEL, P.F.M. De Desmidiaceeën van Nederland, Deel 5, Fam. Desmidiaceae (3). – 53 pp., Stichting Uitgeverij KNNV, Utrecht: 1994.

COESEL, P.F.M. De Desmidiaceeën Van Nederland, Deel 6 Fam. Desmidiaceae (4). – 93 pp., Stichting Uitgeverij KNNV, Utrecht: 1997.

COESEL, P.F.M. (2001): A method for quantifying conservation value in lentic freshwater habitats using desmids as indicator organisms. – Biodivers. Conserv. 10 (2): 177–187.

COESEL, P.F.M. (2003): Desmid flora data as a tool in conservation management of Dutch freshwater wetlands. – Biologia 58 (4): 717–722.

COESEL, P.F.M. & MEESTERS, K.J. (2007): Desmids of the Lowlands. Mesotaeniaceae and Desmidiaceae of the European Lowlands. – 351 pp., KNNV Publishing, Zeist.

CULEK, M. et al. Biogeografické členění České republiky. Praha: Enigma, 1996- . sv. ISBN 80-85368-80-3.

ČABRADOVÁ, V. et al. Přírodopis 6 pro ZŠ a VG. Plzeň: Fraus, 2004. ISBN 978-80-7238-917-9.

DEMEK, J. et MACKOVČIN, P. Zeměpisný lexikon ČR. Hory a nížiny. Vyd. 2. Brno: AOPK ČR, 2006. 580 s. ISBN 80-86064-99-9.

Fytoplankton. [online]. [cit. 16. 5. 2014], dostupné na <<http://www.fytoplankton.cz>>.

HEDEREROVÁ, V. Srovnání řasových společenstev v různých typech stojatých vod v mikroregionu Uničovsko. Olomouc, 2012. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci.

HELLAWELL J.M., 1986: Biological indicators of fresh water pollution and environmental management. Elsevier Appl.Sci.Publ., London, 546pp.

HINDÁK, F. Sladkovodné riasy: Vysokošk. príručka. 1. vyd. Bratislava, 1978. 728 s.

HRUBAN, R. Moravské Karpaty. [online]. [cit. 12. 5. 2014], dostupné na < <http://moravske-karpaty.cz> >.

CHLUPÁČ, I. et al. Geologická minulost České republiky. Vyd. 2., opr. Praha: Academia, 2011. 436 s., i s. obr. příl. Neživá příroda. ISBN 978-80-200-1961-5.

ICHIMURA, S. Phytoplankton photosynthetic.- Algae, man and the environment, Syracuse, 1968. 103 - 120.

JURČÁK, J. et al. Přídodopis 6. ročník. Olomouc: Prodos, 2007. ISBN 80-7183-168-9.

KALINA, T. Systém a vývoj sinic a řas. Dotisk. Praha: Karolinum, 1997. 165 s. ISBN 80-7066-854-7.

KALINA, T. et VÁŇA, J. Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. Vyd. 1., Praha: Karolinum, 2005. 606s. ISBN 80-246-1036-1.

KLEMENT M. Základy programování v jazyce Visual Basic. Olomouc: UP, 2002. ISBN 80-244-0472-9.

KŘÍSA, B. et al. Sběr, preparace a konzervace rostlinného materiálu. Vyd.2.přepřac. Praha, 1989. ISBN 80-7066-034-1

KVĚTOŇ, V. a V. VOŽENÍLEK. Climatic region of Czechia: Quitt's classification during years 1961-2000. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. ISBN 978-80-86690-89-6.

LEDERER, F. Laboratorní kultivace sinic a řas ve školních podmínkách. Plzeň: Pedagogické centrum, 1996, 14 s.

LELLÁK, Jan et KUBÍČEK, František. Hydrobiologie. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1992. 257 s. ISBN 80-7066-530-0.

LENZENWEGER, R. Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 1. – 162 pp., J. Crammer, Stuttgart: 1996.

LENZENWEGER, R. Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 2. – 216 pp., J. Crammer, Stuttgart: 1997.

LENZENWEGER, R. Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 3. – 218 pp., J. Crammer, Stuttgart: 1999.

LENZENWEGER, R. Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 4. – 87 pp., J.

MARVAN, P. a M. KOZÁKOVÁ. Metodika odběru a zpracování vzorků fyto-bentosu stojatých vod. In: [online]. VÚV TGM, 2006 [cit. 2014-06-17]. Dostupné z: <[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prehled_akceptovanych_metodik_vod/\\$FILE/OV-stojate_fytobentos-20061001.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prehled_akceptovanych_metodik_vod/$FILE/OV-stojate_fytobentos-20061001.pdf)>

MIX M. Die Feinstruktur der Zellwände bei Mesotaeniaceae und Gonatozygaceae mit einer vergleichenden Betrachtung der verschiedenen Wandtypen der Conjugatophyceae und über deren systematischen Wert. (1972). Arch. Mikrobiol. 81: 197-220

MŠMT [online]. [cit. 25. 6. 2014], <dostupné na <http://www.msmt.cz>>.

NEUSTUPA, J. Krásivky — mikroskopické skvosty našich vod a mokradu [online]. 2004, s. 1-3 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <<http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/krasivky-mikroskopicke-skvosty-nasich-vod-a-mokrad.pdf>>

POULÍČKOVÁ, A. Základy ekologie sinic a řas. Vyd. 1. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. 91s. ISBN 978-80-244-2751-5.

POULÍČKOVÁ, A., JURČÁK, J. Malý obrazový atlas našich sinic a řas. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2001. 81 s. ISBN 80-244-0242-4.

POULÍČKOVÁ, A. LHOTSKÝ, O. DŘÍMALOVÁ, D. (2004): Prodróm sinic a řas ČR – Czech Phycology 4: 19-

ROSENBERG, D.M., RESH, V.H., 1993: Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman and Hall, New York. 488pp

RAJCHARD, J. et al. Ekologie III.: struktura a funkce ekosystému, produkční ekologie, biogeochemické cykly, chemické faktory prostředí, základy ekologie půdy, ekologie vodního prostředí, aktuální celosvětové ekologické problémy. 1. vyd. České Budějovice: Kopp, 2002. 197 s. ISBN 80-7232-191-9.

RŮŽIČKA, J. Die Desmidiaceen Mitteleuropas, Band 1, 1. Lieferung. – 291 pp., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1977.

RŮŽIČKA, J. Die Desmidiaceen Mitteleuropas, Band 1, 2. Lieferung. – pp. 292–736, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1981.

ŘEHOUNKOVÁ K., ŘEHOUNEK J., JANOŠÁK J.(2007): Pískovny za humny, České Budějovice, Sdružení Calla 2007

ŘEHOUNKOVÁ, K. et al. Pískovny v krajině. České Budějovice: Calla, ©2006. 1 složený l. ([8] s.). ISBN 978-80-87267-02-8.

Sagittaria - Sdružení pro ochranu přírody střední Moravy: Želechovice - pískoviště. [online]. 2011 [cit. 2014-04-24]. Dostupné z: <http://www.sagittaria.cz/cs/piskovny-zelechovice_-_piskoviste>

Sinice a řasy. [online]. [cit. 2. 6. 2014], dostupné na <<http://www.sinicearasy.cz>>.

SLAVÍK, L. & NERUDA, M. Voda v krajině. Vyd. 1. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2007. 176 s. Skripta. ISBN 978-80-7044-882-3.

SUKOP, I. Ekologie vodního prostředí. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. 199 s. ISBN 80-7157-923-8.

ŠINKO, J. Pískovny. In: [online]. 2010. vyd. [cit. 2014-04-18]. ISSN 1801-2787. Dostupné z: <<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=1227>>

ŠŤASTNÝ, Jan. Krásivky Přírodních rezervací „Chvojnov“ a „Na Oklice“. In: [online]. 2008. vyd. Praha, 2008 [cit. 2014-06-10]. ISSN 1803-1587. Dostupné z: <http://botany.natur.cuni.cz/algo/soubory/publikace/2008_Stastny_b.pdf>

ŠŤASTNÝ, J. Desmids (Conjugatophyceae, Viridiplantae) from the Czech Republic; new and rare taxa, distribution, ecology. [online]. 2010. 1-74 pp. [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://fottea.czechphycology.cz/_contents/F10-1-2010-01.pdf>

ŠTĚPÁNKOVÁ, J. Diverzita a ekologie krásivek oligotrofních vod: stav společenstev v antropicky ovlivněném prostředí. Olomouc, 2012. Disertační práce. Univerzita Palackého v Olomouci.

Uničov, [online]. [cit. 20. 4. 2014], dostupné na <<http://www.unicov.cz>>.

VÁGNEROVÁ, P. Algologie ve vyuce biologie a přírodopisu. In: [online]. Plzeň, 2006 [cit. 2014-06-10]. Dostupné z: <http://sf.zcu.cz/data/2004/sf2004_07_7.pdf>

ZAMAZAL, L. et HAMPL, A. Okna historie dokořán - Želechovice. Střední Morava, 2009, 15(28), s. 153-154. ISSN 1211-7889. ISBN 978-80-7053-282.

Seznam obrázků

Obr. 1 Mapa mikroregionu Uničovsko

Zdroj: Uničov 2012.[online] Dostupné z <www.unicovsko.cz>

Obr. 2 Hlavní biotopy stojatých vod a jejich společenstva (Ambrožová 2003)

Zdroj: Ambrožová 2013.[online] Dostupné z

<http://hg10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/leniticky_system/biotopy_images/hlavni_biotopy.jpg>

Obr. 3 Odběrová místa na bývalé pískovně v Želechovicích

Zdroj: Mapy.cz.[online] Dostupné z <www.mapy.cz>

Obr. 4 Odběrové místo A

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 5 Odběrové místo B

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 6 Odběrové místo C

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 7 Odběrové místo D

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 8 Úvodní strana multimediálního atlasu sinic a řas

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 9 *Chroococcus* sp.

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 10 *Oscillatoria* sp.

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 11 *Spirulina* sp.

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 12 *Cymbella* sp.

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 13 *Craticula cuspidata*

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 14 *Cymatopleura elliptica*

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 15 *Cymboppleura* sp.

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 16 *Gomphonema* sp.

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 17 *Gyrosigma* sp.

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 18 *Navicula* sp.

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 19 *Pediastrum boryanum*

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 20 *Scenedesmus* sp.

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 21 *Microspora* sp.

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 22 *Closterium* sp. I

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 23 *Closterium* sp. II

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 24 *Closterium* sp. III

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 25 *Closterium* sp. IV

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 26 *Cosmarium* sp. I

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 27 *Cosmarium* sp. II

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 28 *Mougeotia* sp.

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 29 *Staurastrum* sp.

Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 30 *Spirogyra* sp.

Zdroj: vlastní zpracování

Seznam příloh

Přílohy na CD

Příloha 1: Multimediální atlas sinic a řas