

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Přírodovědecká fakulta



**Sinice skalních substrátů
vybraných lokalit v České republice**

Doktorská disertační práce

Tomáš Hauer

Vedoucí práce: Prof. RNDr. Jiří Komárek, DrSc.

**České Budějovice
2007**

HAUER, T. (2007): Sinice skalních substrátů vybraných lokalit v České republice. [Rock-inhabiting cyanoprokaryota of selected localities in the Czech Republic. Ph.D. thesis, in Czech] – 50 p., University of South Bohemia, Faculty of Science, České Budějovice, Czech Republic

Annotation: The present thesis is floristic ecological study with taxonomic remarks concerning the flora of rock-inhabiting cyanoprokaryota in South Bohemia region and other selected localities within the Czech Republic. A total of 41 cyanobacterial morphotypes were found during the performance of this study: 62 % of coccoid, 14 % of simple trichal, and 24 % of heterocytous types (see Table 1). Five of these (*Chroococcus spelaeus*, *Gloeocapsa atrata*, *Gloeocapsa kuetzingiana*, *Gloeocapsa violascea*, and *Stigonema panniforme*) are new additions to the flora of the Czech Republic. Also taxonomic status of genus *Hassallia* is discussed.

Prohlašuji, že svoji disertační práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své disertační práce, a to v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Přírodovědeckou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, 28. listopadu 2007

Tomáš Hauer

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval všem, kteří mi při tvorbě práce nějak pomohli. Zvláště pak panu profesoru Jiřímu Komárkovi za pomoc při určování problematických sběrů, taxonomické konzultace, cenné rady a několikrát čtení a korektury rukopisu, Hanysovi za objasnění mnohých molekulárních záhad a podnětné připomínky, Marjiance za podporu, inspirativní nápady, pomoc při korekturách a jiný úhel pohledu, Janě Korelusové za molekulární pomoc, Markétě Krautové za spolupráci v Broumovských stěnách a Adršpašsko-Teplických skalách. V neposlední řadě mé rodině za všemožnou podporu, bez níž by tato práce vznikala daleko obtížněji. Také děkuji všem démonům, skřítkům a mravencům, že většinou pracovali tak, jak jsem potřeboval.

Práce vznikla za finanční podpory následujících zdrojů: FRVŠ 2221/2005, MŽP ČR – program Biosféra.

Seznam příložených publikací

1. HAUER, T. (in press): Rock-inhabiting cyanoprokaryota from South Bohemia (Czech Republic). – *Nova Hedwigia*
2. KOMÁREK, J. & HAUER, T. (in press): Three rare cyanobacterial species in Podyjí National Park. – *Thayensia*

Vyjádření spoluautora

KOMÁREK, J. & HAUER, T. (in press): Three rare cyanobacterial species in Podyjí National Park. – *Thayensia*

Tomáš Hauer provedl sběr a analýzu terestrického materiálu, zpracoval jeho popisy a část obrazové dokumentace.

Prohlašuji, že uvedený podíl na citovaném článku odpovídá skutečnosti.

V Českých Budějovicích, 16. listopadu 2006

Tomáš Hauer

Souhlasím s výše uvedeným tvrzením o spoluautorském podílu na citovaném článku.

V Českých Budějovicích, 16. listopadu 2006

Prof. RNDr. Jiří Komárek, DrSc.

Obsah

1. Úvod.....	1
1.1 Terestrické epilitické sinice a prostředí.....	1
1.2 Sinice přírodních stanovišť – floristika, ekologie	2
1.2.1 Tropy	2
1.2.2 Temperátní zóna	3
1.2.3 ČR a Slovensko	4
1.3 Sinice nepřirodních stanovišť.....	5
1.4 Adaptace na extrémní podmínky, fyziologie	6
1.4.1 Voda a vysychání	6
1.3.2 Záření	7
1.3.3 Emise.....	8
2. Metodika.....	9
2.1 Lokality odběrů	9
2.1.1 Jihočeský kraj.....	10
2.1.2 Národní park Podyjí	11
2.1.3 Ostatní lokality	12
2.2 Sběr a zpracování materiálu	12
2.3 Molekulární analýzy.....	13
2.3.1 Izolace a amplifikace DNA	13
2.3.2 Sekvenování 16S rRNA	13
2.3.3 Alignment a fylogenetické analýzy.....	14
3. Výsledky.....	14
3.1 Jihočeský kraj.....	14
3.2 Národní park Podyjí	14
3.3 NPR Mohelenská hadcová step.....	14
3.4 NPR Adršpašsko-Teplické skály a PR Broumovské stěny	15
3.5 Nalezené taxony	16
3.5.1 Podtřída Synechococcophycideae	16
3.5.2 Podtřída Oscillatoriophycideae	17
3.5.3 Podtřída Nostocophycideae.....	27
4. Diskuse	31
4.1 Společenstva.....	31

4.2 Ekologické nároky.....	32
4.3 Rozšíření.....	34
4.4 Taxonomie.....	35
4.4.1 Hassallia	35
4.4.2 Gloeocapsa	37
5. Literatura	37
6. Obrazové přílohy	46
7. Přiložené publikace	50

Na světě existují místa, která nic a nikdo neobývá. Existují místa překypující životem. Existují ale také místa, která jsou obyvatelná jen těžko a která si, z lidského pohledu, „normální“ živý organismus k bydlení nevybere.

Do posledně zmíněné skupiny patří povrchy přírodních skalních stěn a výchozů a také stěn, které člověk vytvořil rozbitím, úpravou a znovupostavením těch přírodních. Taková místa osidlují relativně jednodušší organismy, které se dokázaly tvrdým podmínkám těchto stanovišť přizpůsobit. Jsou to bakterie, sinice, řasy, některé houby a lišejníky.

Tato práce si klade za cíl postihnout diverzitu druhé z uvedených skupin organismů v Jihočeském kraji a na dalších vybraných lokalitách na území České republiky, která dosud nebyla nikdy souborně zpracována a rozšířit informace o ekologických nárocích jejich zástupců.

1. Úvod

1.1 *Terestrické epilittické sinice a prostředí*

Prostředí, které terestrické epilittické organismy (obecně) osidlují, je velice extrémní z několika důvodů. Prvním z nich může být náročnější uchycování, zvláště na téměř hladkých, kolmých stěnách. Dalším důležitým faktorem jsou teplotní extrémy, které musí organismy přežít. Např. GEIGER (in JAAG 1945) uvádí za slunného letního dne v Tucsonu v USA teplotu 71,5 °C 4 milimetry pod povrchem kamene (teplota povrchu není známa). Na druhé straně leží nízké teploty nastávající v zimním období v polárních oblastech. Dolní teplotní hranicí pro přežívání sinic se ukázala být roční průměrná teplota -24,5 °C při relativní vlhkosti 50 % (FRIEDMANN et al. 1994). Je třeba také počítat s teplotní setrvačností substrátu a v některých oblastech také s velkými teplotními výkyvy (např. -20 °C – 40 °C v poušti Atacama; WYNN-WILLIAMS 2000). Extrémními mohou být i hodnoty ozáření, a to oběma směry (BÜDEL 1999). Z fyzikálních činitelů mimo výše zmíněné teploty a ozáření hraje důležitou roli též mechanické působení padajících úlomků substrátu, déšť či vítr (JAAG 1945, WYNN-WILLIAMS 2000). Mezi významné stresující faktory, které na epilittickou vegetaci působí je třeba započítat také cykly vysušení-rehydratace a případně zmrznutí-rozmrznutí.

Na stěnách může být problém i dostupnost tekuté vody, kterou sinice, podle některých prací, na rozdíl od řas, jimž stačí vzdušná vlhkost, vyžadují (BÜDEL & LANGE 1991; LANGE et al. 1993).

Terestrické epilithické sinice jsou velice důležitou složkou prostředí. Patří totiž mezi organismy, které osidlují dosud neobsazené, nebo jinými velmi těžko obsaditelné ekologické niky – skály a kameny ve všech částech světa kromě extrémně aridních částí Antarktidy (BROADY 1981). Patří rovněž mezi pionýrské kolonizátory nik nově vzniklých, jako jsou stavby, lomy, lávová pole. Obývají snad všechny typy skalních substrátů včetně těch, které vytvořil člověk, tedy například malty, betony a další stavební materiály. Pro osidlování sinicemi, ale nejen jimi, je důležitý reliéf podkladu a ještě větší význam má mikroreliéf. Mikroskopické pukliny a případná zrna substrátu poskytují částečnou ochranu před slunečním zářením, díky pomalejšímu vysychání je v nich déle dostupná voda (GOLUBIĆ 1967a) a poskytují také mechanickou ochranu před padajícími úlomky substrátu nebo deštěm.

Na místech, která obsazují, plní epilithické sinice úlohu kolonizátora, který mění prostředí takovým způsobem, že se toto může stát obyvatelným i pro další organismy. Rozrušují substrát, zvyšují množství dostupných živin, mohou tvořit podklad pro uchycení dalších organismů. Často nejsou jen pasivními obyvateli, ale své životní prostředí si upravují. Takovou úpravou je například chemické rozrušování substrátu, které provádí euendoliticke sinice (GOLUBIĆ et al. 1981) aktivně se „zavrtávající“ do substrátu. Bylo zjištěno, že i epilithické sinice přispívají k chemické erozi substrátů. Například rozvinuté společenstvo obsahující zástupce rodů *Gloeocapsa* a *Scytonema* eroduje substrát rychlostí asi tři milimetry za sto let (PENTECOST 1992).

1.2 Sinice přírodních stanovišť – floristika, ekologie

1.2.1 Tropy

Mnohem více než v temperátní zóně jsou epilithická společenstva studována v tropech a subtropích jižní Ameriky a jižní Afriky (např. GOLUBIĆ 1967b, BÜDEL et al. 1994, BÜDEL 1999, BÜDEL et al. 2002, BÜDEL & WESSELS 1991, WESSELS & BÜDEL 1995).

Zkoumané biotopy v těchto oblastech je možné rozdělit na tři hlavní typy: stolové hory, skalní výchozy (inselbergs) a okrově zbarvené skály (toto dělení použil BÜDEL 1999). První dva typy se nachází ve velmi vlhkých oblastech, kde alespoň jednou denně prší. Povrch skal je pak pokryt tmavě zeleným až černým sinicovým povlakem. Tento povlak je také uspořádán

jako „mikroles“ (viz. níže). Společenstvo mikrolesa s převahou heterocytózních typů významně přispívá k přísunu fixovaného dusíku do okolí výchozů (DOJANI et al. 2007). Okrové skály jsou v suchých savanách. Na nich se ale vyskytují spíše kryptoendolitická společenstva s dominující zástupci rodů *Chroococcidiopsis* a řídce *Gloeocapsa*. Stejně tak na jednotlivých kamenech. Na jejich spodní straně se také vyskytují sinicová společenstva, která využívají stínu kamene a kondenzační vodu, která se na něm v noci sráží. Tento typ je charakteristický pro pouště a polopouště a dominuje v něm opět rod *Chroococcidiopsis* (BÜDEL et al. 2004).

Ve zmíněných pracích je možno nalézt několik společných bodů. Jsou jimi přítomnost a většinou dominance rodu *Gloeocapsa*, především pak druhu *G. sanguinea*, z vláknitých zástupců dominance rodů *Scytonema* a *Stigonema*.

1.2.2 Temperátní zóna

V temperátní zóně se epilittických sinic dotýkají klasické práce například Jaaga, Golubiće a z recentních pak práce Casamaty, Hoffmanna, Hoffmanna a Darienko či Pócse.

JAAG (1945) se ve svém díle důkladně zabýval epilittickou vegetací Alp. Nalezl zde 102 sinicových druhů. Dílo je doplněno meteorologickými údaji z vybraných lokalit i měřeními teplot substrátu.

Část díla je věnována také systematice sinic, zejména problematice rodu *Gloeocapsa*, který autor rozdělil na dvě základní skupiny lišící se barvou slizové pochvy. Autor též uvádí slabá místa určovacích znaků sinic. V příkladu několika zástupců z různých řádů dokládá existenci poměrně významné variability v rozměrech buněk. Uvádí také vliv pH, intenzity a barvy světla, nedostatku dusíku či železa na barvu sinic.

Mimo přírodní skalní biotopy je v díle také zmínka o epilittické mikrovegetaci na antropogenních substrátech, zvláště pak náhrobcích.

Jedna kapitola je také věnována ekologii stanovišť, zejména tepelným a světelným podmínkám, povaze substrátu a nadmořské výšce. V této knize je poprvé použit výraz „Tintenstriche“ [„inkoustové pásy“] jako příhodné označení sinicových společenstev na skalách, které opravdu vypadají jako skvrny po inkoustu. Tento výraz se vžil a hojně se používá.

Revizi rodu *Gloeocapsa* provedl v roce 1965 GOLUBIĆ. Z revize vyplynulo, že pro srovnávací studie je vhodnější používat šířku buněk, protože vykazuje pouze pětinovou délkovou variabilitu. Dále autor uvádí, že rovina dělení buněk je kolmá na rovinu předchozího dělení a že buňky v rámci kolonie jsou geneticky identické.

GOLUBIĆ (1967a) ve svém díle zpracoval epilithickou vegetaci krasových území v Chorvatsku žijící v zaplavených nebo periodicky zaplavovaných biotopech, jejichž mikrovegetaci srovnal mezi sebou. Na základě pozorování tvrdí, že vliv rychlých změn v dostupnosti vody, tepelných a světelných podmínek je výraznější než vliv makroklimatu. Pozoroval také změnu složení sinicového společenstva na gradientu dostupnosti vody.

Během svého výzkumu určil 103 druhů sinic, z toho 44 patřilo do dnešního řádu Chroococcales. Nejrozšířenějšími byli zástupci rodu *Gloeocapsa*. Uvádí také asociace svazu *Gloeocapsion* dle jejich charakteristických biotopů. Popisuje také prostorové uspořádání společenstev, které nazývá „mikroles“ v němž stromové patro tvoří vláknité sinice a keřové patro kokální.

V roce 1986 publikoval HOFFMANN svou studii o aerických a subaerických sinicích Lucemburského velkovévodství. Uvádí výskyt 83 taxonů na různých substrátech (kyselá břidlice, vápence, pískovce, betony, zdi). Mezi uváděnými taxony jsou však také zástupci žijící neepilithicky ve vodách, například *Nodularia harveyana* var. *sphaerocarpa* nebo *Merismopedia punctata*. V díle zavedl čtyři nová jména a provedl devět kombinací, žádná z těchto změn se ale neuchytila.

CASAMATA et al. (2002) zpracovali epilithická společenstva pískovcových skal pohoří Hocking Hills na jihovýchodě státu Ohio v USA. Studie zahrnovala celá epilithická společenstva, tj. včetně bezobratlých živočichů. Zaznamenali 43 sinicových taxonů. Nejrozšířenější byl rod *Chroococcidiopsis* a dále rody *Chlorogloea*, *Gloeocapsa*, *Gloeothece* a *Nostoc*. Odběry byly prováděny v měsících březnu, dubnu a květnu roku 1999. Největší počet sinicových taxonů byl nalezen v dubnových vzorcích. Z této skutečnosti by bylo možné odvodit hypotézu, že v březnu bylo ještě příliš chladno a v květnu sucho a teplo, a proto byl duben nejvhodnějším měsícem pro růst sinic v dané lokalitě.

HOFFMANN & DARIENKO (2005) uveřejnili krátké sdělení o mikroflóře pískovců v Lucembursku. Uvádějí zde nález 15 druhů sinic.

PÓCS (2005) publikoval krátkou studii z jedné vápencové lokality v rumunských Karpatech zmiňující 20 sinicových taxonů.

1.2.3 ČR a Slovensko

Sinice skalních substrátů jsou stále poměrně neznámou a relativně málo zkoumanou skupinou. Výzkum diverzity epilithických fotoautotrofů, tedy sinic a řas, u nás začal již na konci 19. století. HANSGIRG (1892) ve svém Prodrumu českých řas sladkovodních uvádí několik typů rostoucích na vlhkých kamenech. Následně v roce 1903 PASCHER publikoval

několik záznamů ze Šumavy. Během první světové války publikoval SCHORLER (1915) své dílo o řasové vegetaci Labských pískovců. Tato práce u nás byla první, která byla zaměřena přímo na mikrovegetaci skalních stěn. Prvním dílem, které se cíleně zabývalo problematikou epilittických sinic vzniklým na území dnešní ČR je práce Nováčka (NOVÁČEK 1934) zaměřená na kokální epilittické sinice dnešní národní přírodní rezervace Mohelenská hadcová step. Autor v díle uvádí, mimo jiné, světelné a vlhkostní podmínky stanovišť, na nichž jednotlivé taxony nalezl. Velice zevrubně rovněž pojednává o životních cyklech zkoumaných sinic. Srovnává též sinicová a řasová společenstva různých substrátů z různých lokalit podle dostupných pramenů. Z tohoto srovnání například vyplývá, že mnohonásobně více jsou epilittické sinice zastoupeny na kompaktních substrátech než například na pískovcích. Také fyziognomie a bohatost společenstev se dosti liší. V roce 1995 na téže lokalitě vypracovala svou práci v rámci SOČ KAMIŠOVÁ (1995), jejíž výsledky později publikoval KOVÁČIK (1998). Tato práce je ale spíše jakýmsi náhledem do problematiky než dílem, které dané téma zevrubně zkoumá.

Kromě prací SCHORLERA (1915) a NOVÁČKA (1934) nebyla dosud v ČR publikována žádná další práce na téma epilittických sinic. Budeme-li se držet hranic bývalého Československa, obohatí se seznam prací o epilittických sinicích například několik prací z Vysokých tater (např. CYRUS & ŠULA 1936, JANZA 1958), z recentních pak diplomovou prací Uhera (UHER 2001), který zkoumal sinice v roklinách národního parku Slovenský Ráj. V díle je rovněž řešena variabilita v morfologii druhu *Petalonema alatum* z přírodních vzorků a kultur a autor zde dokládá velkou rozdílnost těchto materiálů s tím, že odlišit jeden typ materiálu od druhého je možné až s 90% úspěšností.

1.3 Sinice nepřírodních stanovišť

Mnohem více prací pojednává o sinicích a řasách na stavbách a uměleckých předmětech. Je to proto, že rozvinutá jejich společenstva negativně ovlivňují vzhled či přímo působí jako destruktivní činitel. S trochou nadsázky by se dalo říci, že epilittické sinice jsou jednou z možností zhmotnění zubu Času. Proto jsou níže uvedené práce zaměřeny na co nejširší poznání biologie těchto organismů, aby bylo možné co nejrychleji vyvinout postupy, které by stavby i jiné exponované umělecké předměty efektivně chránily před těmito vlivy.

Osídlení epilittickou mikrovegetací není jen problém starých památek (ANAGNOSTIDIS et al. 1983, SAIZ-JIMENEZ 1997, ORTEGA-MORALES 2000, TOMASELLI 2000 nebo UHER et al. 2004), sinicové „Tintenstriche“ se objevují i na novostavbách (LÜTTGE 1997, RINDI & GUIRY 2003,

WASSERBAUER 2006). Z uvedených prací vyplývá, že stavby osidlují i zástupci řádu Oscillatoriales. Dále se často objevovali zástupci rodů *Gloeocapsa*, *Synechocystis* nebo *Gloeotheca*. Navíc studie publikovaná NOGUEROL-SEOANE a RIFÓN-LASTRA (2003) ukazuje, že při 70 % vzdušné vlhkosti si jsou sinicová společenstva podobná nezávisle na geografické orientaci podkladové zdi a výšce nad zemí.

Epilitické sinice jsou také významným činitelem přispívajícím k ničení nástěnných maleb i různých omítek (GAYLARDE & GAYLARDE 1999, WEE & LEE 1980, JOSHI & MUKUNDAN 1997, ABOAL & ASECIO-MARTINEZ 2001). Vytvářejí zde jakousi patinu, masivní povlaky nebo přímo malby poškozují.

Mnoho výzkumů se provádí i na sinicích římského podzemí (ALBERTANO et al. 1994, BELEZZA & ALBERTANO 2003, BRUNO et al. 2004). Zde jsou dominantní vláknité sinice rodů *Leptolyngbya*, *Scytonema* a *Fischerella* a dále z kokálních rody *Gloeocapsa* a *Gloeotheca*.

1.4 Adaptace na extrémní podmínky, fyziologie

Sinice, které se rozhodly pro život v tak nehostinných podmínkách, jaké panují na povrchu skal a stěn, se musejí vyrovnávat s nedostatkem či naopak přebytkem světla, živin, s teplotní nestálostí prostředí a dalšími (LÜTTGE 1997).

Výše zmíněné práce jsou orientovány floristicko-ekologicky. Protože jsou epilitické sinice adaptovány na život ve velmi extrémních podmínkách, jsou také objektem celé řady fyziologických výzkumů, což dokládá množství dostupných pramenů.

1.4.1 Voda a vysychání

Některé zdroje uvádí, že na rozdíl od řas, které si vystačí se vzdušnou vlhkostí, potřebují sinice vodu v tekutém stavu (BÜDEL & LANGE 1991; LANGE et al. 1993). Na skalních stěnách je tekutá voda často dostupná jen po krátkou dobu. Pro hospodaření s vodou a jako jeden z mechanismů ochrany před vyschnutím jsou velmi důležité slizové obaly (extracelulární polysacharidy). Umožňují zachytávat vzdušnou vlhkost (GORBUSHINA 2007) a tím zpřístupňují buňkám vodu i v obdobích absence srážek či průsakové vody.

Jako ochranné látky omezující poškození způsobená změnami osmotických poměrů využívají aerofytické sinice větších disacharidů jako je trehalóza, sacharóza nebo glukosylglycerol (REED et al. 1984). Lze obecně konstatovat, že výrazná epilitická sinicová společenstva, „Tintenstriche“, se mnohem častěji vyskytují na substrátech, na nichž se voda

nevsakuje nebo vsakuje dostatečně pomalu, než na substrátech porézních nebo dobře propustných (PENTECOST & WHITTON 2000). Míra dostupnosti tekuté vody do jisté míry určuje i složení sinicového společenstva. GOLUBIĆ (1967a) na tomto základě popisuje tři charakteristické typy společenstev (seřazeno od nejsuššího k nejvlhčímu): *Scytonema gloeocapsetum*, *Tolypothricetum byssoideae* a *Dichothricetum compactae*. Jak prokazuje PENTECOST (1992), sinice ze suchých stanovišť jsou po šestiměsíčním uchovávání v exsíkátoru po navlhčení schopny obnovit fixaci uhlíku téměř okamžitě. Naproti tomu zástupci z nepřetržitě vlhkých míst jsou proti vyschnutí daleko méně odolní.

1.3.2 Záření

Obyvatelé skal se často musí také vyrovnávat s velkým množstvím dopadajícího slunečního záření. Problematika obrany před přemírou slunečního záření je zpracována například v práci LAKATOS et al. (2001). Sinice se přezáření mohou bránit několika způsoby. V případě sinic se slizovou pochvou to může být syntéza žlutohnědého barviva na bázi indolu, scytoneminu (pojmenován po vláknitém rodu *Scytonema*), červeného až fialového gloeocapsinu, nebo derivátů β -karotenu. Tato barviva fungují jako jakési štíty proti ultrafialovému záření (BRANDT 1900, DODDS et al. 1995, DILLON & TATSUMI 2003) a syntetizují se i při zvýšené teplotě. Ochranné účinky před UV zářením mají také deriváty mykosporinům podobných aminokyselin (myscosporine-like amino acid derivatives, MAA), které jsou bezbarvé, s nízkou molekulovou hmotností a rozpustné ve vodě (FAVRE-BOMVIN et al. 1976, GARCIA-PICHEL & CASTENHOLZ 1993). Tyto látky mají poměrně úzká absorpční maxima. Proto je využíván vyšší počet MAA s různými substituenty, případně s kombinací více substituentů. MAA doplňují funkci scytoneminu. Množství fotonů zachycených MAA se pohybuje okolo 10-30 %, což není mnoho. Jejich efektivita se zvyšuje, jsou-li organismy, které je využívají, sdruženy do větších celků, např. kolonií, povlaků. Koncentrace MAA ve většině případů nepřekračuje jedno procento suché hmotnosti, protože množství intracelulárních MAA je fyziologicky regulováno kvůli jejich osmotické aktivitě (CASTENHOLZ & GARCIA-PICHEL 2000). Další možnou metodou ochrany je schování se pod povrch substrátu (GRAHAM & WILCOX 2000, WESSELS & BÜDEL 1995). Jiným způsobem ochrany proti UV záření i proti přezáření jsou vápenité konkrece ve slizové pochvě (VAN LIERE & WALSBY 1982).

Pro sinice žijící v podmínkách se silným světelným tokem je také důležitá schopnost oprav škod způsobených přezářením a UV zářením. Pyrimidinové dimery DNA vzniklé působením UVB záření (280-320nm) zpět štěpí DNA fotolyáza, která ke své činnosti využívá energii modrého světla a UVA (320-400 nm) (LEVINE & THIEL 1987, O'BRIEN & HOUGHTON 1982 a

další). Tato cesta je u sinic upřednostňována před vystřížením poškozené části DNA (BLACKFIELD & HARRIS 1994).

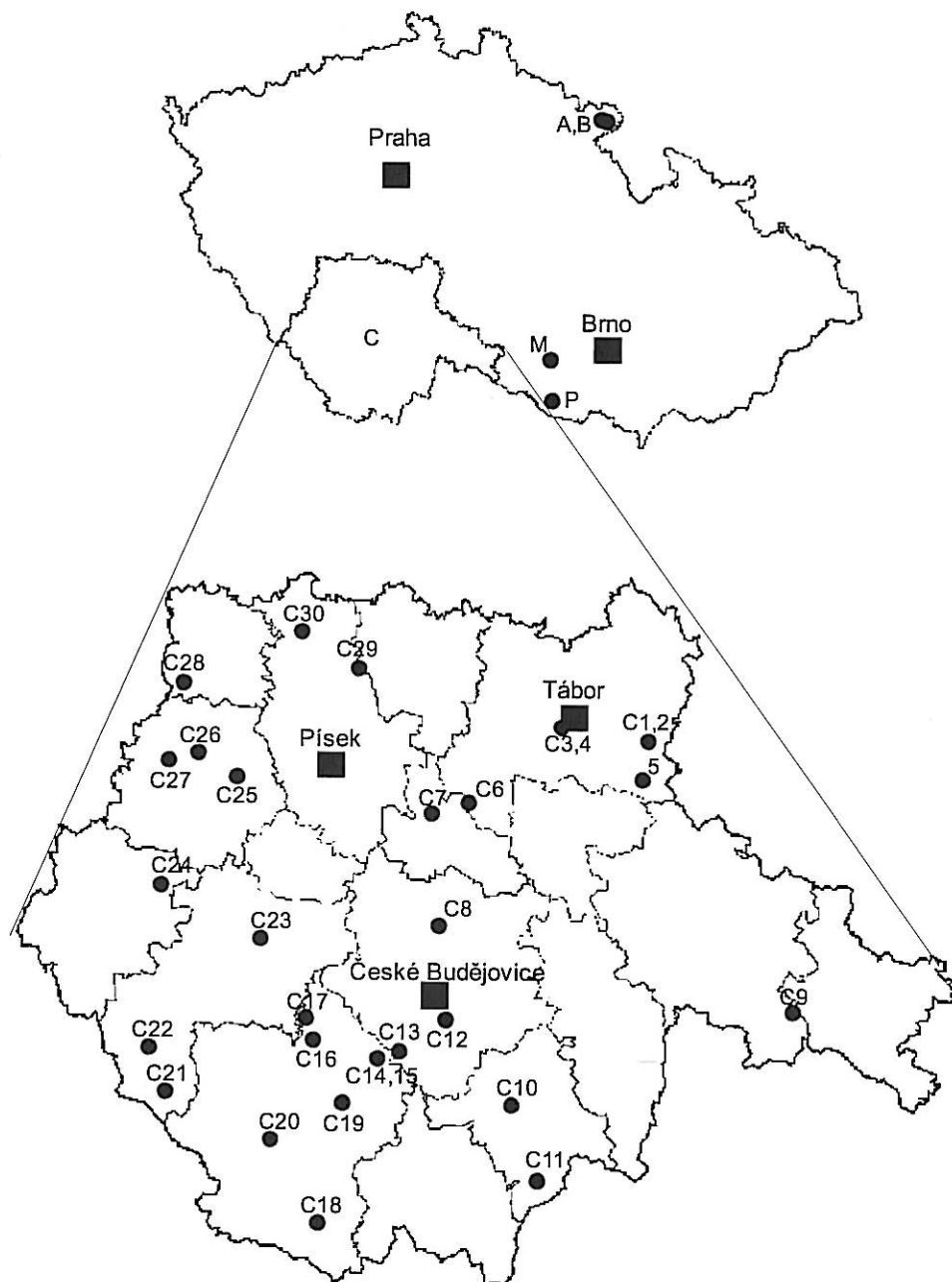
Poškození fotosyntetického aparátu může být napraveno systémem opravy fotosystému dvě (PSII) bez syntézy RNA nebo proteinů (BHATTACHARJEE et al. 1987). Druhou cestou je de novo syntéza podjednotek D1 a D2 PSII (např. SASS et al. 1997).

1.3.3 Emise

Důležitým faktorem může být v některých oblastech také znečištění ovzduší, například vysoké koncentrace siřičitanů působící oxidativní stres. Podle práce MISZALSKI et al. (1995) jsou epilitické sinice mnohem tolerantnější k působení SO₂ než zelené řasy obývající stejný typ biotopu. Dokonce přítomnost síranů některým sinicím velice prospívá a ty pak do jisté míry mohou eliminovat sádrovcové povlaky na stavbách (ORTEGA-CALVO et al. 1994).

2. Metodika

2.1 Lokality odběrů



Obrázek 1: mapa zájmových lokalit. A – Adršpašsko-Teplické skály; B – Broumovské stěny; C – Jihočeský kraj; M – Mohelenská hadcová step; P – NP Podyjí

2.1.1 Jihočeský kraj

Odběrová místa vybírána s důrazem na diverzitu substrátů, vlhkostní a světelné poměry.

Lokalita č.	Popis lokality	Souřadnice	Nadm. výška [m.n.m.]	Substrát
C1	Opuštěný lom u Chýnova	49°25'50"N,14°49'52"E	550	dolomit + amfibolit
C2	PR Kladrubská hora	49°25'49"N,14°50'57"E	570	vápenec
C3	Tábor, PP Granátová skála	49°24'43"N,14°39'30"E	430	pararula s draselným živcem
C4	Tábor, výchoz u Lužnice v jižní části města	49°24'48"N,14°38'38"E	400	syenit
C5	PR Choustník	49°19'53"N,14°51'11"E	630	ortorula
C6	PR Židova strouha	49°16'42"N,14°27'35"E	375	ortorula
C7	Kořensko, výchozy na pravém břehu Vltavy	49°14'33"N,14°22'51"E	440	migmatit
C8	Hněvkovice, stěny podél přehradní nádrže	49°5'49"N,14°27'52"E	370	pararula a erlán
C9	Landštejn, výchozy kolem hradu	49°1'24"N,15°13'50"E	600	žula
C10	Opuštěný lom u Trhových Svinů	48°50'9"N,14°39'16"E	475	granodiorit
C11	Hojná voda, výchozy a balvany kolem obce	48°43'42"N,14°42'54"E	880	žula
C12	Opuštěný lom u Vidova	48°55'10"N,14°29'53"E	445	migmatit a vápenec
C13	Stěna na pravém břehu Vltavy u bývalého hradu Kotek	48°54'3"N,14°25'16"E	450	pararula
C14	PR Dívčí kámen	48°53'22"N,14°21'31"E	430	granulit
C15	PR Holubovské hadce	48°53'31"N,14°20'27"E	470	serpentinit
C16	Lom Zrcadlová huť	48°53'12"N,14°13'55"E	770	granulit
C17	Kuklov – výchozy kolem hradu	48°55'51"N,14°10'59"E	700	granulit
C18	NPR Čertova stěna, Luč	48°37'51"N,14°16'42"E	630	žula
C19	PP Dobrkovická jeskyně	48°49'1"N,14°17'27"E	515	vápenec
C20	PR Muckovské vápencové lomy	48°44'14"N,14°8'37"E	810	vápenec
C21	Jelení vrchy v NP Šumava, výchozy kolem obce	48°49'19"N,13°53'54"E	995	žula
C22	PR Stožecká skála	48°52'28"N,13°50'1"E	850	žula

C23	Vitějovice – výchozy kolem obce	49°1'40"N,14°4'34"E	540	granulit
C24	PR Opolenec	49°5'29"N,13°47'44"E	620	vápenec
C25	PR Pastvina u Přeštic	49°16'40"N,13°57'11"E	415	vápenec
C26	Krty – Hradec – výchozy v obci	49°17'29"N,13°51'2"E	430	vápenec
C27	PR Kněží hora	49°16'54"N,13°48'27"E	425	pararula
C28	PP Kadovský viklan	49°24'4"N, 13°47'0"E	505	granodiorit
C29	PR Kopaniny	49°26'27"N,14°11'17"E	357	granodiorit
C30	PR Nerestský lom	49°30'28"N,14°4'6"E	470	vápenec

Tabulka 1: seznam odběrových lokalit v Jihočeském kraji s lokalizací a substrátem.

Jako podklady pro výběr lokalit byly použity geologické mapy ČR 1: 50 000 (Česká geologická služba 2004), ortofotomapy ČR (GEODIS & Seznam.cz 2004) a publikace Chráněná území ČR (ALBRECHT et al. 2003) Na území kraje bylo prozkoumáno celkem třicet lokalit s jedenácti typy substrátu (viz. Tabulka 1 a Obrázek 1). Na každé jednotlivé lokalitě byl odebrán materiál minimálně z pěti míst.

2.1.2 Národní park Podyjí

Odběrová místa vybírána s ohledem na dostupnost obnažených skalních substrátů. Na území parku a města Znojma bylo prozkoumáno celkem deset lokalit se sedmi typy substrátu.

Lokalita č.	Popis lokality	Souřadnice	Nadm. výška [m.n.m.]	Substrát
P1	Znojmo, Karolínka	48°51'17"N, 16°2'36"E	300	žula
P2	Znojmo, PR Kraví hora	48°50'51"N, 16°2'21"E	340	granodiorit
P3	Sealsfieldův kámen	48°50'13"N, 15°59'54"E	374	žula
P4	„Papírna“, výchozy podél žluté tur. značky	48°49'1"N, 15°58'56"E	290	žula
P5	„Býčí skála“, stěny podél Dyje	48°50'22"N, 15°59'38"E	280	žula
P6	„Vraní skála“	48°51'0"N, 15°53'43"E	375	kvarcit a svor
P7	„Hardeggský okruh“, výchozy a stěny podél cesty	48°52'6"N, 15°51'41"E	300-437	mramor, erlán, ortorula, svor

P8	Výchozy východně od Hardeggského okruhu	48°51'39"N, 15°52'23"E	305	svor
P9	„Ledové sluje“	48°52'58"N, 15°50'22"E	400	ortorula
P10	„Hamerské vrásky“ u Vranova	48°53'39"N, 15°49'19"E	310	ortorula

Tabulka 2: seznam odběrových lokalit v NP Podyjí s lokalizací a substrátem.

2.1.3 Ostatní lokality

- NPR Mohelenská hadcová step (M) – MCHÚ v Kraji Vysočina se serpentinitovým podkladem a vyvinutou stepní makrovegetací. Jediná lokalita na území ČR, na níž probíhal průzkum epilithické sinicové mikrovegetace (NOVÁČEK 1934).
- NPR Adršpaško-Teplické skály(A) a PR Broumovské stěny (B) – pískovcová skalní města s klimaticky invertovanými polohami.

2.2 Sběr a zpracování materiálu

Vzorky byly průběžně sbírány od roku 2004, na lokalitách v Jihočeském kraji a v NPR Mohelenská hadcová step byly provedeny tři, na ostatních lokalitách dva odběry. Biomasa byla čističným nožem seškrábána ze substrátu do mikroskopových. Pokud to místní podmínky dovozovaly, byl odebrán i úlomek substrátu s nárstem. Při odběru byl současně zaznamenán typ substrátu, geografická poloha a orientace a dále vlhkostní a světelné podmínky na třístupňové semikvantitativní stupnici. Stupnice byly následující: F – plně osluněné místo po celý den (nebo alespoň po větší část dne), P – částečně zastíněné místo (osluněné menší část dne), S – místo plně zastíněné celý den; D – místo mokravé, M – místo vlhké, Y – místo suché (zvlhčované pouze atmosférickými srážkami). Sebraný materiál byl rozdělen na dvě části. První byla ponechána bez konzervace a zpracována ihned po návratu do laboratoře. Druhá byla vysušena na silikagelu nebo, v případě vzorků z mokrých stanovišť, fixována 2 % roztokem formaldehydu.

Pro pokusy o kultivaci nalezených organismů a jejich izolaci byly použity agarové plotny obohacené o média BG11 (STANIER et al. 1971) nebo BBM (BISCHOFF & BOLD 1963). Kultivace probíhaly při 22 °C, 22 μmol fotonů na $\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a dvanáctihodinovém cyklu světlo/tma.

Pro determinaci nalezených organismů byly použity následující zdroje: GEITLER (1932), NOVÁČEK (1934), KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS (1998, 2005). Jako zdroj informací o publikovaných záznamech výskytu nalezených organismů na území České republiky byla použita databáze POULÍČKOVÁ et al. (2004).

2.3 Molekulární analýzy

2.3.1 Izolace a amplifikace DNA

Celková genomová DNA byla získána z kultury s využitím Invisor Spin Plant Mini Kitu a uchvána při -20 °C. Buňky byly před extrakcí rozrušeny v homogenizátoru.

Gen pro 16S rRNA byl amplifikován pomocí PCR za použití oligonukleotidových primerů: primer 1 (CTC TGT GTG CCT AGG TAT CC) (WILMOTTE et al. 1993) a primer 2 (GGG GAA TTT TCC GCA ATG GG) (NÜBEL et al. 1997). Amplifikace byla provedena v termocykleru Biometra T3 v 25 µl reakcích obsahujících 10-20 ng of genomové DNA, 50 pmol každého z oligonukleotidových primerů, 200 µmol dNTP, deset jednotek Taq reakčního pufru a jednu jednotku Taq DNA polymerázy. Reakce byla započata denaturačním krokem při teplotě 95 °C po dobu pěti minut, následovaným 35 cykly denaturace DNA při teplotě 94 °C po dobu jedné minuty, nasedáním primerů při teplotě 55 °C pro dobu 45 sekund, prodlužováním vláken při teplotě 72 °C po dobu dvou minut a posledním prodlužovacím krokem při teplotě 72 °C po dobu deseti minut. PCR produkty byly analyzovány na 1 % agarózovém gelu.

2.3.2 Sekvenování 16S rRNA

PCR produkty o předpokládané délce 1600 párů bazí byly z gelu získány extrakčním kitem QIAquick gel (Qiagen) a sekvenovány přímo za použití Big Dye Terminator Cycle Sequencing V3.1 (Perkin-Elmer). Pro sekvenování byly použity primery 1 a 2 využité již při amplifikaci a dále vnitřní primery: primer 5 (TGT ACA CAC CGG CCC GTC) (WILMOTTE et al. 1993), primer 6 (GAC GGG CCG GTG TGT ACA) (reverse complement of primer 5), primer 7 (AAT GGG ATT AGA TAC CCC AGT AGT C) (NÜBEL et al. 1997) a primer 8 (AAG GAG GTG ATC CAG CCA CA) (WILMOTTE et al. 1993). Cyklická sekvenční reakce začínala minutovým intervalem při 94 °C. Následně bylo provedeno třicet cyklů: 30 sekund při 94 °C, 30 sekund při 50°C a 4 minuty při 60 °C. Byla sekvenována obě vlákna, takže každá oblast byla k dispozici minimálně ve dvou nezávislých čteních. Sekvenované úseky

16S rRNA byly složeny do souborů v programech EditSeq 5.05 a SeqMan II 5.06 (obojí DNASTar Inc., Madison, WI, USA).

2.3.3 Alignment a fylogenetické analýzy

Byl proveden alignment (přiřazení) obdržných sekvencí nukleotidů 16S rRNA a sekvencí dalších vybraných sinic získaných z databáze GenBank a EMBL a nejasně alignované úseky byly vystřiženy v programu BioEdit 7.0.5.3 (HALL 1999). Alignment byl analyzován metodami Maximum parsimony (MP), Neighbor-Joining (NJ) a Maximum Likelihood (ML) v programu MEGA 4 (TAMURA et al. 2007) a PhyML 2.4.4 (GUINDON & GASCUEL 2003). Topologie každého stromu byla testována 500 replikací. Stromy byly editovány v programu TreeView 1.6.6 (PAGE 2001) a zakořeněny sekvencí 16S rRNA *Gloeobacter violaceus*. Matice podobností byly počítány v programu BioEdit 7.0.5.3 (HALL 1999).

3. Výsledky

3.1 Jihočeský kraj

Bylo nalezeno celkem 35 druhů sinic (21 kokálních a 14 vláknitých). Pět z výše uvedených bylo na území ČR nalezeno poprvé, u tří jiných byl potvrzen výskyt na zemi ČR po více než sedmdesáti letech. Nalezené typy jsou spolu s lokalitami výskytu uvedeny v kapitole 3.5. Těžiště diverzity terestrických epilithických sinic v regionu je na bazických substrátech – vápencích, dolomitech a serpentinitech.

3.2 Národní park Podyjí

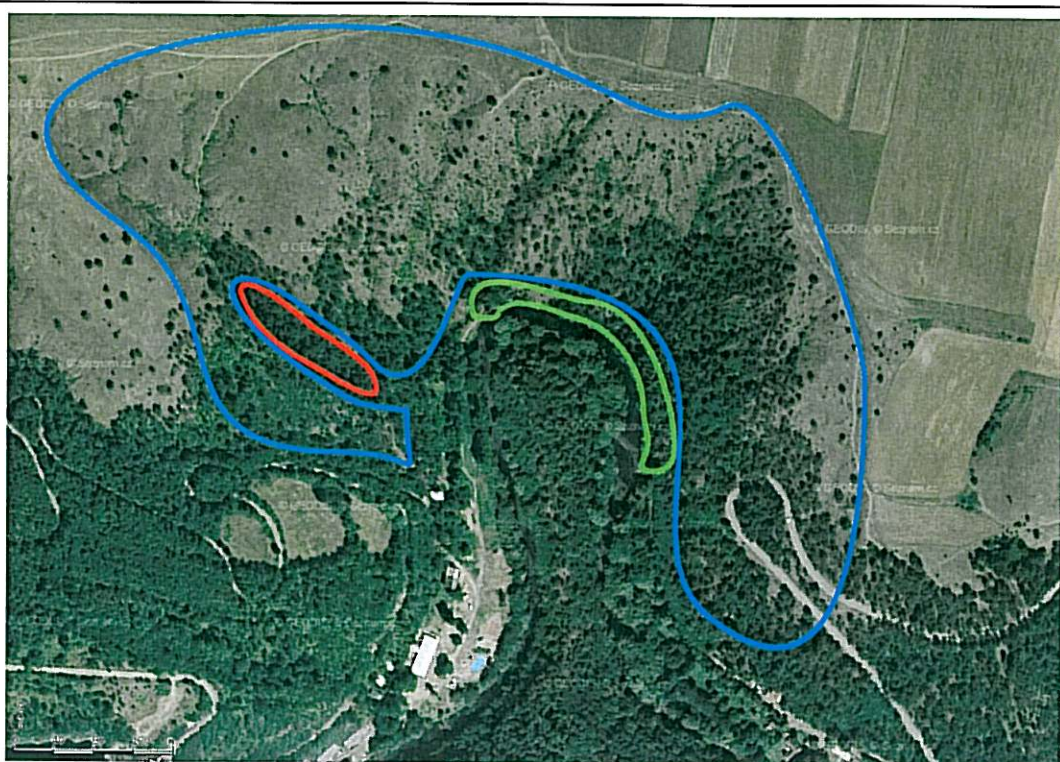
Bylo nalezeno celkem 15 druhů sinic (10 kokálních a 5 vláknitých). Území parku je tedy velice chudé. Nejbohatší částí NP Podyjí se jeví Hardeggský okruh. Až na tři taxony byly všechny nálezy učiněny na lokalitě P7 u Čížova.

3.3 NPR Mohelenská hadcová step

Na území NPR Mohelenská hadcová step bylo nalezeno celkem 26 druhů sinic (16 kokálních a 10 vláknitých). Nalezené typy jsou uvedeny v kapitole 3.5.

Z hlediska složení společenstev epilithických sinic lze rezervaci rozdělit na tři větší oblasti (Obrázek 2). Oblast I (na obrázku 2 vyznačena modře), do níž spadá většina území rezervace, je možné označit jako nejsušší část zvlhčovanou pouze atmosférickými srážkami. Je

charakterizována dominací kokálních rodů *Gloeocapsa* a *Gloeocapsopsis*. Oblast II (na obrázku 2 vyznačena červeně) je malá část podél toku Ovčího potoka. Potok zde protéká krátkou úzkou roklí, v níž tvoří malý vodopád. Zde jsou typickou součástí zástupci rodu *Nostoc* a *Aphanothece*, místy vtroušení zástupci rodu *Gloeocapsa*. Oblast III (na obrázku 2 vyznačena zeleně) je na levém břehu řeky Jihlavy, přibližně do deseti metrů nad hladinou. Jedná se o část s vyšší vzdušnou vlhkostí danou blízkostí řeky. Sinicová společenstva jsou



Obrázek 2: rozdělení oblastí v NPR Mohelenská hadcová step. Orfototo © GEODIS.

typická významnou přítomností vláknitých typů a makroskopickými nárosty zástupců rodů *Stigonema*, dominující na suchých a slunných stanovištích, a *Hassallia* dominující na stanovištích zastíněných a vlhčích.

3.4 NPR Adršpašsko-Teplické skály a PR Broumovské stěny

Obě prozkoumaná chráněná území jsou na terestrické epilithické sinice velice chudá. Bylo zde nalezeno celkem 11 druhů sinic (8 kokálních a 3 vláknité). Nalezené typy jsou uvedeny v kapitole 3.5. Pravděpodobnou příčinou malé druhové bohatosti je kyselost podkladu, který je tvořen kvádrovými pískovci. Několik z nalezených taxonů se vyskytovalo pouze na antropogenních stanovištích obsahujících vápník.

3.5 Nalezené taxony

Rozdělení do podtříd dle HOFFMANN et al. 2005.

3.5.1 Podtřída Synechococcophycidae

Aphanocapsa muscicola (MENEHINI) WILLE, *Nyt. Mag. Naturv.* 56: 43, 1919;

Synonyma:

Coccochloris muscicola MENEHINI 1843 (basionym); *Aphanocapsa montana* CRAMER 1862; *Aphanocapsa naegelii* RICHTER 1884; *Aphanocapsa minima* MIGULA 1933; *Microcystis muscicola* (MENEHINI) ELENKIN 1938; *Microcystis montigena* HOFMANN 1986;

Tabule 2h

Mikroskopické slizové amorfnní kolonie, bezbarvé až lehce žlutavé. Buňky kulovité modrozelené, 2-4 μm v průměru, někdy s vlastními slizovými obaly, v kolonii často hustě nahloučené.

Nalezena na pískovci, vápenci a serpentinitů, vždy na částečně zastíněných, vlhkých až mokřých stěnách.

Lokality: A, C2, C6, C12, C19, M.

Poznámka: Nalezený materiál odpovídá popisu v literatuře.

Aphanocapsa parietina NÄGELI, *Gatt. einzell. Alg.* 52, 1849;

Synonyma:

Aphanocapsa virescens (HASSALL) RABENHORST 1865; *Aphanocapsa flava* (KÜTZING) RABENHORST 1865; *Microcystis parietina* (NÄGELI) ELENKIN 1938;

Mikroskopické až makroskopické slizové amorfnní kolonie, bezbarvé až lehce žlutavé. Buňky kulovité, modrozelené, 4-6 μm v průměru, někdy s vlastními slizovými obaly a viditelnou chromatoplazmou, v kolonii často hustě nahloučené.

Nalezena pouze na serpentinitovém, částečně zastíněném, vlhkém výchozu.

Lokalita: M.

Poznámka: Dle literatury se taxon vyskytuje na vápenci.

Leptolyngbya gracillima (ZOPF ex HANSIGIRG) ANAGNOSTIDIS et KOMÁREK, *Algological Studies* 50-53: 391, 1988;

Synonyma:

Glaucothrix gracillima ZOPF ex HANSIGIRG 1892; *Plectonema gracillimum* (ZOPF) HANSIGIRG 1885;

Tenká vlákna, 3-4 μm v průměru, často sdružená do chomáčů. Buňky válcovité, 1.8-2.5 μm široké, 1.5-2x delší než široké, modrozelené, uložené v bezbarvých slizových pochvách.

Nalezena na vápencových, plně zastíněných, vlhkých stěnách.

Lokality: C2, C19.

Poznámka: Rozměry nalezeného materiálu místy překračují rozsah uváděný v literatuře.

Leptolyngbya sp.

Tenká vlákna, 2-3 μm v průměru, bez viditelného zaškrcování na přepážkách. Buňky válcovité, 1.5-2 μm široké, 0.8x delší než široké nebo téměř izodiametrické, modrozelené, uložené v bezbarvých slizových pochvách. Větvení nebylo pozorováno.

Nalezena na vápencových a ortorulových, plně zastíněných, vlhkých stěnách a na velmi vlhkých zastíněných epoxidových nátěrech betonových konstrukcí.

Lokality: A, C1, C2, C5, C12, C24, M, P7.

Poznámka: Pravděpodobně se jedná o více taxonů, které nebylo možné spolehlivě morfologicky odlišit. Morfotyp tvoří spolu s *Gloeocapsa compacta* dominantu biofilmu na vnitřní straně chladících věží III a IV elektrárny Temelín.

Pseudanabaena cf. *spelaea*

Tenká vlákna, 1-2 μm v průměru, zřetelně zaškrcovaná na přepážkách, s oblými konci. Buňky válcovité až mírně soudečkovité, maximálně 2x delší než široké nebo téměř izodiametrické, modrozelené, bez viditelných pochev.

Nalezena na vápencových, částečně zastíněných, vlhkých stěnách.

Lokality: C1, C24.

Poznámka: Rozměry nalezeného materiálu místy překračují rozsah uváděný v literatuře u *Pseudanabaena spelaea*.

3.5.2 Podtřída Oscillatoriothyraceae

Aphanothece caldariorum RICHTER, Hedwigia 19: 192, 1880;

Synonyma:

Aphanothece microspora (MENEHINI) RABENHORST 1863; *Aphanothece trentepohlii* (MOHR) GRUNOW in RABENHORST 1865; *Aphanothece muralis* (TOMASCHEK) LEMMERMANN 1907; *Gloeothece caldariorum* (RICHTER) HOLLERBACH in ELENKIN 1938;

Mikroskopické slizové amorfí kolonie, bezbarvé až tmavě zelené až modrozelené. Buňky válcovité až rohlíčkovité, modrozelené, 4-8 x 1,5-2 μm , někdy s vlastními slizovými obaly a polárními granulemi, uložené v okrajových částech kolonie.

Nalezena na pískovcových serpentinitových, částečně zastíněných, mírně vlhkých výchozech.

Lokality: A, M.

Poznámka: Nalezený materiál odpovídá popisu v literatuře.

Aphanothece castagnei (BRÉBISSON) RABENHORST, Fl. Eur. Alg. II.: 40, 1865;

Synonyma:

Gloeothece heufleri GRUNOW in RABENHORST 1865;

Mikroskopické slizové amorfí kolonie, bezbarvé až tmavě zelené až modrozelené. Buňky oválné, modrozelené, 5-8 x 3-5 μm , někdy s vlastními slizovými obaly, v kolonii často nepravidelně rozmístěné.

Nalezena na serpentinitových, částečně zastíněných, mírně vlhkých výchozech.

Lokality: C15, M.

Poznámka: Nalezený materiál odpovídá popisu v literatuře.

Aphanothece saxicola NÄGELI, Gatt. einzell. Alg.: 60, 1849;

Synonyma:

Aphanothece subachroa HANSGIRG 1892;

Mikroskopické slizové amorfí kolonie, bezbarvé až bledě zelené až zelené. Buňky oválné až mírně válcovité, olivově zelené až modrozelené, 2-4 x 2-2,5 μm , někdy s vlastními slizovými obaly, v kolonii často nepravidelně rozmístěné.

Nalezena na ortorulových, zastíněných, vlhkých stěnách.

Lokality: C6, P7.

Poznámka: Nalezený materiál odpovídá popisu v literatuře.

Chamaesiphon polonicus (ROSTAFIŃSKI) HANSGIRG, Prodr. Alg. Fl. Böhmen 2: 123, 1892;

Synonymum:

Sphaerogonium polonicum ROSTAFIŃSKI 1883 (basionym);

Tabule 2f

Ploché mikroskopické kolonie vtroušené mezi dalšími sinicemi. Buňky kulovité až oválné, delší než široké, 5-7 x 3-5 μm , bledě zelené, s jednou zřetelnou granulí. Slizová pochva rezavá, tlustá, otevřená, s roztřepenými apikálními konci. Exocyty 2 μm v průměru, někdy připojené k mateřské buňce.

Nalezen pouze na vápencové, částečně zastíněné, mokré stěně.

Lokalita: C1.

Poznámka: Druh se zpravidla vyskytuje na kamenech v čistých, chladných tekoucích vodách.

Chlorogloea microcystoides GEITLER, Arch. Protistenkde. 51: 357, 1925;

Tabule 2e

Mikroskopické až makroskopické nepravidené kolonie. Slizové pochvy bezbarvé až žlutavé. Buňky kulovité až elipsovité, 3,5-4,0 μm v průměru, olivově-zelené, nepravidelně uspořádané v kolonii. Nanocyty nebyly pozorovány.

Na sledovaných lokalitách vzácně. Nalezen na vápencových, částečně zastíněných, mokřích stěnách.

Lokality: C24, C26.

Poznámka: Druh se zpravidla vyskytuje na bentických kamenech a v dostřikové zóně čistých potoků na vápencovém podloží. Jeho výskyt v České republice poprvé zmiňuje NOVÁČEK (1934) z Mohelenské hadcové stepi, kde však nebyl aktuálně potvrzen. Záznam z uvedených lokalit je v ČR druhý po více než sedmdesáti letech.

Chroococcus spelaeus ERCEGOVIĆ, Acta bot. Univ. Zagreb 1: 76, 1925;

Tabule 2d

Mikroskopické, dvou- až čtyřbuněčné kolonie. Buňky polokulovité až kulovité, 20-27 μm v průměru, lehce granulované, olivově zelené. Slizové pochvy 5-8 μm mocné, nelamelované, bezbarvé.

Na sledovaných lokalitách vzácně. Nalezen mezi vlákny *Tolypothrix elenkinii* na vápencových mírně vlhkých až mokřích, částečně zastíněných stěnách a na serpentinitovém, zastíněném, suchém výchozu.

Lokality: C24, C26, M.

Poznámka: Taxon byl poprvé popsán ze smáčené stěny v Chorvatsku. Slizové obaly některých nalezených jedinců měly větší tloušťku než odpovídá originálnímu popisu. Nálezy z lokalit C24 a C26 jsou prvními publikovanými z území ČR.

Chroococcus tenax (KIRCHNER) HIERONYMUS, Beitr. Biol. Pflanzen 5(3): 483, 1892;

Synonymum:

Chroococcus turgidus var. *tenax* Kirchner 1878 (basionym);

Mikroskopické, dvou- až čtyřbuněčné kolonie. Buňky polokulovité až kulovité, 10 μm v průměru, lehce granulované, olivově zelené. Slizové pochvy tenké, jasně lamelované, bezbarvé.

Nalezen na vlhké skvrně uvnitř mělké vápencové jeskyně. Světelné podmínky odpovídaly plnému zastínění.

Lokalita: C19.

Poznámka: Buňky zkoumaného materiálu byly mírně menší, než udává literatura.

Chroococcus turgidus (KÜTZING) NÄGELI, Gatt. einzell. Alg.: 46, 1849;

Synonyma:

Chroococcus dimidiatus (KÜTZING) NÄGELI 1878; *Gloeocapsa turgida* (KÜTZING) HOLLERBACH in ELENKIN 1938;

Mikroskopické, dvou- až osmibuněčné kolonie. Buňky polokulovité až kulovité, 10 µm v průměru, lehce granulované, modrozelené až olivově zelené. Slizové pochvy někdy lamelované, bezbarvé.

Nalezen na ortorulové, zastíněné, vlhké stěně.

Lokalita: C6.

Poznámka: Nalezený materiál odpovídá popisu v literatuře.

Chroococcus varius A. BRAUN in RABENHORST, Alg. Eur. 2451, 1876;

Mikroskopické až makroskopické, tmavě- až šedozelené slizové kolonie. Buňky polokulovité až kulovité, 2 - 4 µm v průměru, modrozelené až olivově zelené, někdy sdružené do dvojic až čtveřic s vlastním slizovým obalem.

Nalezen na ortorulové a vápencové, zastíněné, mírně vlhké stěně.

Lokality: A, C6, C20.

Poznámka: Nalezený materiál odpovídá popisu v literatuře.

Cyanosarcina cf. *parthenonensis*

Mikroskopické kolonie balíčkovitého tvaru. Buňky téměř kulovité až nepravidelné, 3 - 5 µm v průměru, modrozelené.

Nalezena na vápencových a serpentinitových, mírně až plně zastíněných, mírně vlhkých stěnách.

Lokality: C2, C12, M, P7.

Poznámka: Morfologie kolonií i tvar a velikost buněk zhruba odpovídá *C. parthenonensis*. ANAGNOSTIDIS in ANAGNOSTIDIS et PANTAZIDOU 1991.

Cyanothece aeruginosa (NÄGELI) KOMÁREK, Arch. Protistenkunde. 118:146, 1976;

Synonyma:

Synechococcus aeruginosus NÄGELI 1849 (basionym); *Synechococcus crassus* ARCHER 1867; *Synechococcus fuscus* ZELLER 1873; *Synechococcus grandis* PLAYFAIR 1918; *Coccochloris aeruginosa* (NÄGELI) DROUET et DAILY 1952;

Tabule 1a

Samostatné oválné až cylindrické buňky, 20-30 x 10-12 μm , jasně modrozelené, granulované, se síťovitou keritomizací chromatoplazmy. Někdy obklopené až 2 μm mocnou slizovou pochvou.

Nalezena na pískovcových, zastíněné, mokřých stěnách v roklích s teplotní inverzí.

Lokality: A, B.

Poznámka: Nalezený materiál odpovídá popisu v literatuře. Na pískovci se vyskytuje v doprovodu zelených řas rodu *Klebsormidium* a sinic rodu *Aphanocapsa*, což potvrzuje i M. PAŽOUTOVÁ (pers. comm.) z pískovců v NP České Švýcarsko.

Entophysalis atrovioacea NOVÁČEK, Práce Morav. Přír. společn. 7(3): 1-12, 1932;

Tabule 2g

Mikroskopické, mnohobuněčné, polarizované slizové kolonie vakovitého tvaru připojené k substrátu. Špinavě fialové až černavé, někdy složené z menších subkolonií. Buňky polokulovité až kulovité, 4-7 μm v průměru, olivově zelené. Buňky jsou někdy uspořádány v řadách.

Na sledovaných lokalitách vzácně. Nalezen na vápencové mírně vlhké až mokré, částečně zastíněné stěně a na serpentinitovém, zastíněném, suchém výchozu.

Lokality: C24, M.

Poznámka: Taxon byl poprvé popsán NOVÁČEKEM (1932) z Mohelenské hadcové stepi. Od roku 1934, kdy Nováček vydal první část souhrnného díla o sinicích mohelenských hadců nejsou zprávy o výskytu taxonu v ČR ani ve světě. Záznam z lokality C24 je z jiného substrátu, než uvádí původní popis, nicméně vlhkostní a světelné charakteristiky míst nálezů se shodují.

Gloeocapsa alpina (NÄGELI) BRAND, Bot. Centalbl. 53, 1900;

Synonyma:

Gloeocapsa ambigua NÄGELI in KÜTZING 1849; *Gloeocapsa fuscolutea* KIRCHNER 1878;

Mikroskopické, později makroskopické, slizové kolonie špinavě fialové až černé barvy. Buňky kulovité, olivově zelené až modrozelené, 3-6 μm v průměru, uspořádané do dvou- až čtyřbuněčných subkolonií s jasně ohraničenými, fialovo-šedými, granulovanými obaly.

Vyskytuje se na zastíněných, mírně vlhkých až mokřích vápencových a serpentinitových výchozech a stěnách, zvláště spolu s mechy, místy i na zdech s vápenatým pojivem.

Lokality: A, C26, M.

Poznámka: Nález z lokality A pochází z pískovcové zdi spojené vápennou maltou. Taxon je z území ČR naposledy uváděn BECK-MANAGETTOU (1929).

Gloeocapsa atrata KÜTZING, Phyc. Gener.: 174, 1843;

Tabule 1c,d

Mikroskopické, později makroskopické, slizové kolonie špinavě šedé barvy. Buňky kulovité, olivově zelené, 3-6 μm v průměru. V okrajových částech kolonie jsou buňky uspořádány do dvou- až čtyřbuněčných subkolonií s jasně ohraničenými, fialovo-šedými, granulovanými obaly.

V Jižních Čechách relativně hojná. Vyskytuje se na zastíněných, mírně vlhkých až mokřích vápencových výchozech a stěnách, zvláště spolu s mechy.

Lokality: C24, C26, C30, P7.

Poznámka: Nálezy z lokalit C24, C26 a C30 jsou prvními publikovanými z území ČR.

Gloeocapsa compacta KÜTZING, Tab. phyc. 1: 24, 1845;

Mikroskopické, slizové kolonie fialovošedé barvy složené z těsně nahloučených subkolonií. Buňky kulovité, olivově zelené, 1-3 μm v průměru, uspořádané do dvou- až čtyřbuněčných subkolonií s jasně ohraničenými, fialovými až modrými obaly.

Vyskytuje se na zastíněných, mírně vlhkých serpentinitových výchozech a na velmi vlhkých zastíněných epoxidových nátěrech betonových konstrukcí.

Lokalita: M.

Poznámka: Taxon tvoří spolu s *Leptolyngbya* sp. dominantu biofilmu na vnitřní straně chladících věží III A IV elektrárny Temelín.

Gloeocapsa kuetzingiana NÄGELI, Gatt. einzell. Alg.: 51, 1849;

Tabule 1h

Mikroskopické, slizové, nepravidelné kolonie špinavě žlutavé až žlutohnědé barvy. V okrajových částech kolonie zřetelně oddělené subkolonie. Buňky kulovité, olivově zelené,

3-6 μm v průměru. Buňky uspořádány do dvou- až čtyřbuněčných subkolonií s jasně ohraničenými, žlutošedými, granulovanými obaly.

Nalezena na mírně zastíněných, mírně vlhkých vápencových a serpentinitových výchozech.

Lokalita: A, C26, M.

Poznámka: Nález je prvním publikovaným z území ČR. Materiál byl nalezen na vápenci, což je v rozporu s literaturou, kde je udáván výkyt na nevápnitých podkladech. Nález z lokality A pochází z pískovcové zídky spojené vápennou maltou.

Gloeocapsa nigrescens NÄGELI in RABENHORST Fl. Eur. Alg. II.:40, 1865;

Tabule 1e

Mikroskopické, slizové, kulovité kolonie šedočerné barvy. V okrajových částech kolonie zřetelně oddělené subkolonie. Buňky kulovité, olivově zelené, 3-5 μm v průměru. Buňky uspořádány do dvou- až čtyřbuněčných subkolonií s jasně ohraničenými, fialovočernými, granulovanými obaly.

Nalezena na mírně zastíněných, mírně vlhkých až mokrých vápencových stěnách a výchozech.

Lokality: C2, C24, C26, C30.

Poznámka: Nalezený materiál odpovídá popisu v literatuře.

Gloeocapsa novacekii KOMÁREK et ANAGNOSTIDIS, Preslia 67:19, 1995;

Synonymum:

Gloeocapsa sanguinea sensu NOVÁČEK 1930;

Tabule 1g

Mikroskopické, více méně kulovité, slizové kolonie, někdy složené z dvou- až čtyřbuněčných subkolonií, často granulované, zbarvené do různě intenzivní červené. Buňky kulovité, olivově zelené, 4-8 μm v průměru.

Na sledovaných lokalitách hojně. Vyskytuje se na periodicky smáčených a plně osluněných až částečně zastíněných vápencových výchozech a stěnách.

Lokality: C1, C2, C12, C24, C26, C30, M, P7

Poznámka: Záznam z lokalit C a P je z jiného substrátu, než uvádí původní popis.

Gloeocapsa violascea (CORDA) RABENHORST Fl. Eur. Alg. II.: 41, 1865;

Synonymum:

Protococcus violasceus CORDA in STURM 1833 (basionym);

Tabule 1f

Mikroskopické, více méně kulovité, slizové kolonie, někdy složené z dvou- až čtyřbuněčných subkolonií, často granulované, zbarvené od špinavě fialové po špinavě šedou. Buňky kulovité, olivově zelené, 3-4 μm v průměru.

Na sledovaných lokalitách hojně. Vyskytuje se na mírně vlhkých a plně osluněných vápencových, serpentinitových, syenitových (vzácně pararulových) výchozech a stěnách.

Lokality: C2, C4, C12, C15, C24, C25, C26, C30, M, P7.

Poznámka: Nálezy z lokalit C24, C26 a C30 jsou prvními publikovanými z území ČR.

Gloeocapsopsis chroococcoides (NOVÁČEK) KOMÁREK, Bull. Natl. Sci. Mus. Tokyo Ser. B (Bot.) 19: 24, 1993;

Synonymum:

Gloeocapsa chroococcoides NOVÁČEK in PODPĚRA 1934 (basionym);

Tabule 2c

Mikroskopické, kulovité až nepravidelné kolonie často složené ze subkolonií. Buňky nepravidelně kulovité, oválné nebo polygonální, 10-15 (-18) μm v průměru, zelené. Buněčné stěny těsně kopírují tvar buňky a jsou bezbarvé nebo bledě zelené až černavé, někdy červenavé až červenofialové, někdy granulované.

Taxon se na sledovaných lokalitách vyskytuje zřídka. Roste na částečně zastíněných, periodicky smáčených vápencových a serpentinitových stěnách a výchozech.

Lokality: C26, M, P7.

Poznámka: Buňky zkoumaného materiálu jsou větší a buněčné stěny jsou zbarveny jiným způsobem než v originálním popisu. Taxon byl popsán ze serpentinitů; záznamy z C a P jsou z odlišného substrátu.

Gloeocapsopsis dvorakii (NOVÁČEK) KOMÁREK et ANAGNOSTIDIS, Algological Studies 43: 191, 1986;

Synonymum:

Gloeocapsa dvorakii NOVÁČEK 1929 (basionym);

Tabule 2b

Mikroskopické, kulovité až nepravidelné, slizové kolonie až 120 μm v průměru. Buňky nepravidelně kulovité, oválné nebo polygonální, 6-10 μm v průměru. Buněčné stěny těsně kopírují tvar buňky a jsou zbarveny do různě intenzivní oranžovočervené až červené, někdy granulované.

Taxon je na sledovaných lokalitách relativně hojný. Roste na částečně zastíněných, periodicky smáčených vápencových a serpentinitových stěnách a výchozech, zřídka na žule.

Lokality: C1, C15, C24, C25, M, P2, P7

Poznámka: Taxon byl popsán ze serpentinitů; záznamy z C a P jsou z odlišného substrátu.

Gloeocapsopsis pleurocapsoides (NOVÁČEK) KOMÁREK et ANAGNOSTIDIS, *Algological Studies* 43: 191, 1986;

Synonymum:

Gloeocapsa pleurocapsoides NOVÁČEK 1934 (basionym);

Tabule 2a

Mikroskopické, později makroskopické, kulovité až amorfni slizové kolonie zbarvené různě intenzivně do žlutohněda. Buňky nepravidelně kulovité, oválné nebo nepravidelné, 4-8 μm v průměru. Vyskytuje se také ve formě balíčků těsně nahloučených buněk v tenkém, pevném obalu.

Taxon je velice hojný. Vyskytuje se na částečně zastíněných, vlhkých nebo periodicky zvlhčovaných vápencových a serpentinitových výchozech a stěnách.

Lokality: C1, C2, C24, C26, C30, M, P7.

Poznámka: Taxon se dle autorovy osobní zkušenosti často vyskytuje na betonových konstrukcích, pokud jsou dostatečně zvlhčovány.

Gloeotheca rupestris (LYNGBYE) BORNET in WITTROCK et NORDSTEDT, *Alg. exsicc.* 339, 1880;

Synonymum:

Palmella rupestris LYNGBYE 1819 (basionym);

Tabule 1b

Mikroskopické, více méně kulovité slizové kolonie zbarvené různě intenzivně do žlutohněda. Buňky téměř kulovité, oválné až válcovité, 5-9 x 3-5 μm , s vlastními, koncentricky lamelovanými slizovými obaly.

Taxon je ve zkoumaných oblastech vzácný. Vyskytuje se na částečně až plně zastíněných, vlhkých vápenitých substrátech.

Lokality: A, C26.

Poznámka: Nález z lokality A pochází z pískovcové zdi spojené vápennou maltou.

Microcoleus vaginatus GOMONT ex GOMONT, Ann. Sci. Nat. Bot., Ser. 7, 15: 355, 1882;

Synonyma:

Oscillatoria vaginata VAUCHER 1803; *Conferva vaginata* (VAUCHER) SPRENGEL 1806, *Trichophorus vaginatus* (VAUCHER) DESVAUX 1809; *Vaginaria vulgaris* S.F. GRAY 1821; *Vaginaria terrestris* BORY 1831; *Oscillatoriella vaginata* (VAUCHER) GAILLON 1833; *Microcoleus vaginatus* (VAUCHER) GOMONT 1890; *Vaginaria vaginata* (VAUCHER) KUNTZE 1891;

Mikroskopické kolonie izopolárních vláken uložených ve společné slizové bezbarvé pochvě. Vlákná modrozelená až olivově zelená, bez zaškrvcování, 3-6 μm široká. Buňky kratší než široké, 6-3 μm . Koncové buňky vláken s polokulovitou kalyptrou.

Taxon je na zkoumaných lokalitách vzácný. Vyskytuje se na částečně až plně zastíněných, vlhkých, vápenitých substrátech.

Lokalita: C12, M.

Poznámka: Nalezený materiál odpovídá popisu v literatuře.

Phormidium vulgare KÜTZING, Phyc. Gen. 193, 1843;

Tabule 3a, b

Mikroskopická izopolární vlákna s rovnými, mírně zúženými konci sdružená do hustých prstenců hnědavé barvy, 4.5-6 μm široká, bez viditelného zaškrvcování na přepážkách. Buňky kratší než široké až izodiametrické, olivově zelené až mírně modrozelené. Koncové buňky vláken s polokulovitou kalyptrou.

Taxon byl nalezen písčivcovém, částečně zastíněném, suchém výchozu.

Lokalita: B.

Poznámka: Nalezený materiál morfologicky odpovídá popisu v literatuře. Taxon je uváděn ze „Střední Evropy“, výskyt jmenovitě v ČR nikde uveden není. Vlákná v nalezeném materiálu byla sdružená do svazečků, které byly stočené do prstenců (Tabule 3a).

Phormidium cf. uncinatum

Mikroskopická izopolární vlákna se zahnutými konci, 5-9 μm široká. Buňky kratší než široké až izodiametrické, špinavě zelené. Koncové buňky vláken s polokulovitou až kónickou kalyptrou.

Taxon byl nalezen na ortorulové a písčivcových, plně zastíněných, mokřích stěnách.

Lokalita: A, B, C12.

Poznámka: Nalezený materiál morfologicky odpovídá popisu *P. uncinatum* v literatuře. Dle literatury je *P. uncinatum* primárně sladkovodní.

Pseudocapsa dubia ERCEGOVIĆ, Acta bot. Univ. Zagreb 1: 95, 1925;

Mikroskopické, kulovité až amorfní bezbarvé slizové kolonie. Buňky nepravidelně kulovité, oválné nebo nepravidelné, 3-5 μm v průměru. Ve starších koloniích jsou buňky uspořádány radiálně.

Vyskytuje se na částečně až plně zastíněných, vlhkých nebo periodicky zvlhčovaných vápencových a serpentinitových výchozech a stěnách.

Lokality: C2, M.

Poznámka: Nalezený materiál je mírně větší než udává literatura.

3.5.3 Podtřída Nostocophycideae

Calothrix parietina (NÄGELI) THURET ex BORNET et FLAHAULT, Ann. Sci. Nat. Bot. 7, 3: 366, 1886;

Synonyma:

Schizosiphon parietinus NÄGELI 1849 – pre-starting point synonymum;

Tabule 3d

Nepravě větvená heteropolární jednořadá vlákna s jednotlivými bočními větvemi a hnědými pochvami. Vlákna mohou být někdy uspořádána do makroskopických, temně zelených chomáčů. Trichomy zaškrcované na přepážkách, ke konci se zužují. Pochvy až 3 μm široké, na apikálním konci často roztřepené, bezbarvé až hnědé. Buňky krátce soudečkovité, cylindrické nebo oválné, 8-11 μm široké, 2-3x širší než dlouhé, s viditelnou chromatoplazmou. Heterocyty polokulovité až oválné, 11 x 5-6 μm .

Taxon je relativně hojný. Vyskytuje se na částečně zastíněných, mírně vlhkých až mokrých vápencových stěnách.

Lokality: C1, C4, C19, C20.

Poznámka: Nalezený materiál morfologicky odpovídá popisu v literatuře.

Nostoc cf. microscopicum

Nevětvená izopolární jednořadá vlákna v mikroskopických až makroskopických kulovitých koloniích s až 2 mm v průměru. Buňky krátce soudečkovité až téměř kulovité, 5-7 μm široké. Heterocyty interkalární, kulovité 6-8 μm v průměru.

Vyskytuje se na částečně zastíněných, suchých nebo mírně vlhkých až mokrých vápencových a sivorových stěnách.

Lokality: A, C24, C26, M, P7, P8.

Poznámka: Nalezený materiál morfologicky odpovídá popisu v literatuře.

Hassallia byssoidea HASSALL ex BORNET et FLAHAULT, Ann. Sci. Nat. Bot. 7, 5: 116, 1888;

Synonyma:

Scytonema byssoideum C. AGARDH 1812 – pre-starting point synonymum; *Tolypothrix byssoidea* (C. AGARDH) KIRCHNER in ENGLER et PRANTL 1900;

Tabule 3c

Nepravě větvená heteropolární jednořadá vlákna s jednotlivými bočními větvemi a hnědými pochvami. Vlákna mohou být někdy uspořádána do makroskopických, temně zelených chomáčů. Trichomy jasně zaškrcované na přepážkách, ke konci se nezužují. Pochvy až 4 μm široké, zužující se ke konci. Buňky krátce soudečkovité, 8-11 μm široké, 2-3x širší než dlouhé, koncové buňky téměř kulovité. Heterocyty polokulovité až oválné, 11 x 5-6 μm .

Taxon je relativně hojný. Vyskytuje se na částečně zastíněných, mírně vlhkých nebo periodicky zvlhčovaných vápencových a serpentinitových výchozech a stěnách. Byl nalezen také v puklinách na biotitické žule.

Lokality: C1, C12, C15, C24, M, P1, P7.

Poznámka: Výskyt druhu na území ČR poprvé uvádí NOVÁČEK (1934) z Mohelenské hadcové stepi, zmiňuje jej však pouze v seznamu druhů bez jakékoli doplňující informace. Ze stejné lokality uvádí výskyt i KOVÁČIK (1998). Další výskyt v ČR uvádí ŠKALOUDEK (2004) z lokality Boreč v Českém středohoří (znělec). KOMÁREK (pers. comm.) i vlastní sběry potvrzují, že se typ často vyskytuje na betonových konstrukcích, panuje-li na nich vhodný vlhkostní režim.

Tolypothrix cf. distorta

Nepravě větvená heteropolární jednořadá vlákna se žlutohnědou až hnědou, až 2 μm mocnou, slizovou pochvou. Buňky 7-10 μm široké, asi 1,2x širší než dlouhé až izodiametrické, olivově zelené; trichomy heteropolární se zaoblenými konci. Bazální heterocyty kulovité až polokulovité, 8-10 μm v průměru.

Vyskytuje se na plně osluněných až částečně zastíněných, mírně vlhkých nebo periodicky zvlhčovaných vápencových a serpentinitových výchozech a stěnách.

Lokality: C15, M, P7.

Poznámka: Pravá *Tolypothrix distorta* se vyskytuje ve sladkých vodách, nalezený materiál tedy neodpovídá publikované ekologii.

Tolyptothrix elenkinii HOLLERBACH, Bot. Mater. Inst. Sporov. Rast. Glavn. Bot. Sada

R.S.F.S.R. 2(12): 183, 1923;

Tabule 3e, f

Nepravě větvená heteropolární jednořadá vlákna se žlutou, až 7 μm mocnou, slizovou pochvou. Buňky 4-7 μm široké a asi 2x širší než dlouhé, olivově zelené; trichomy heteropolární se zaoblenými konci. Bazální heterocyty kulovité až polokulovité, 8-10 μm v průměru.

Taxon je relativně hojný. Vyskytuje se na plně osluněných až částečně zastíněných, mírně vlhkých nebo periodicky zvlhčovanych vápencových a serpentinitových výchozech a stěnách.

Lokality: C15, C24, C26, C30, M, P7.

Poznámka: Morfotyp se vyskytuje ve dvou formách: „keříčkovitá“ forma (Tabule 3e) – v jedné slizové pochvě může být více trichomů, konce pochev nejsou zakulacené; „trubicovitá“ forma – v jedné slizové pochvě je pouze jeden trichom, konce pochev jsou zakulacené.

Scytonema crustaceum C. AGARDH ex BORNET et FLAHAULT, Ann. Sci. Nat. Bot. 7, 5: 107, 1887

Synonyma:

Scytonema crustaceum C. AGARDH 1834 (basionym);

Petalonema crustaceum KIRCHNER in ENGLER et PRANTL 1900;

Nepravě větvená jednořadá vlákna, 16-24 μm silná s hnědou pochvou. Buňky 7-11 μm široké, kratší než široké, olivově zelené. Heterocyty interkalární, oválné až polokulovité, 11 μm široké, 5-7 μm dlouhé; trichomy izopolární. Před vytvořením větve tvoří vlákna dlouhé smyčky.

Vyskytuje se na částečně zastíněných, mírně vlhkých nebo periodicky zvlhčovanych vápencových a serpentinitových výchozech a stěnách.

Lokality: C24, C26, M, P7.

Poznámka: Morfotyp byl poprvé uváděn PASCHEREM (1903) z území Šumavy. Výskyt na této lokalitě se nepodařilo potvrdit.

Stigonema minutum (C. AGARDH) HASSALL ex BORNET et FLAHAULT, Ann. Sci. Nat. Bot. 7, 5: 71, 1887

Synonyma:

Scytonema minutum C. AGARDH 1817 (basionym); *Stigonema crustaceum* BORZI 1879;

Tabule 3h

Většinou dvou- až víceřadá, zřídka jednořadá pravě větvená vlákna, 15-25 μm silná se žlutohnědou až hnědou pochvou. Buňky 7-10 μm široké, kratší než široké, olivově zelené. Heterocyty interkalární, polokulovité až kubické, až 11 μm v průměru.

Na sledovaných lokalitách vzácně. Vyskytuje se na částečně zastíněných, mírně vlhkých až mokrych, vápencových či serpentinitových výchozech a stěnách.

Lokality: C15, C24, M.

Poznámka: Nalezený materiál morfologicky odpovídá popisu v literatuře.

Stigonema panniforme C. AGARDH ex BORNET et FLAHAULT, Ann. Sci. Nat. Bot. 7, 5: 71, 1887

Synonymum:

Scytonema panniforme C. AGARDH 1817 (basionym);

Tabule 3g

Většinou jednořadá, zřídka dvou- až třířadá pravě větvená vlákna, 10-24 μm silná s hnědou, zřetelně podélně strukturovanou pochvou uspořádaná do temně zelených makroskopických chomáčů vysokých až 2 mm. Buňky 7-16 μm široké, kratší než široké, olivově zelené. Heterocyty interkalární nebo laterální, oválné až polokulovité, až 10 μm široké, 5-8 μm dlouhé.

Na sledovaných lokalitách vzácně. Vyskytuje se na částečně zastíněných, mírně vlhkých nebo periodicky zvlhčovaných serpentinitových výchozech a stěnách.

Lokality: C15, M.

Poznámka: Nález na lokalitě C15 je prvním publikovaným z území České republiky.

Stigonema tomentosum (KÜTZING) HIERONYMUS, Hedwigia 34: 166, 1895

Synonymum:

Sirosiphon tomentosus KÜTZING 1847 (basionym);

Většinou jednořadá, zřídka dvou- až třířadá pravě větvená vlákna, 13-24 μm silná se žlutohnědou, uspořádaná do temně zelených makroskopických chomáčů vysokých až 2 mm. Buňky 7-13 μm široké, kratší než široké, olivově zelené. Heterocyty interkalární nebo laterální, polokulovité, až 12 μm široké, 5-8 μm dlouhé.

Vyskytuje se na částečně slunných nebo mírně zastíněných, mírně vlhkých nebo periodicky zvlhčovaných serpentinitových výchozech a stěnách.

Lokality: M.

Poznámka: Nalezený materiál je mírně větší buňky než uvádí literatura.

4. Diskuse

V práci jsou pro přehlednost a srovnatelnost s jinými díly uváděny „druhy“ sinic, nicméně autor si je vědom skutečnosti, že pojetí druhu u sinic je předmětem diskusí (např. CASTENHOLZ & NORRIS 2005, JOHANSEN & CASAMATA 2005, JOHANSEN 2007)

Na uvedených lokalitách bylo nalezeno celkem 41 druhů sinic, z toho pět (*Chroococcus spelaeus*, *Gloeocapsa atrata*, *Gloeocapsa kuetzingiana*, *Gloeocapsa violascea* a *Stigonema panniforme*) bylo na území ČR nalezeno poprvé. Vyjma *S. panniforme* se uvedené taxony vyskytovaly společně. Nejbohatším byl rod *Gloeocapsa* se šesti zástupci. Druhově nejpestřejší společenstva byla nalezena na vlhkých bazických substrátech.

Relativně malé množství nalezených taxonů ve srovnání s literaturou je možné vysvětlit nedostatkem biotopů preferovaných zájmovými organizmy, tj. smáčených stěn. Stejně tak se v případě rezervací na Broumovsku ukázalo, že dostatek vhodných biotopů nemusí automaticky vést k vyšší diverzitě. Nižší počet nalezených taxonů v NPR Mohelenská hadcová step ve srovnání s Nováčkovou prací (NOVÁČEK 1934) může mít několik příčin. Může být způsoben úbytkem biotopů způsobeného změnou způsobu využívání vlastního území rezervace či razantní změnou způsobu využívání okolní krajiny v období intenzifikace zemědělství v druhé polovině 20. století. Na změně vlhkostních poměrů a tedy na složení sinicového společenstva může mít také podíl blízkost elektrárny Dukovany a související vodní nádrže Mohelno. Není ale možné vyloučit ani nezachycení výskytu některých typů kvůli kratšímu období sledování.

4.1 Společenstva

Na všech studovaných lokalitách převládají kokální typy (62 %), dále co do druhové početnosti následují typy heterocytózní (24 %). Nejméně je vláknitých zástupců řádu Oscillatoriales (14 %). Je pravděpodobné, že tento poměr je dán schopnostmi jednotlivých typů přizpůsobit se extrémním podmínkám, které na skalních výchozech a stěnách často panují.

Nejčastějším typem společenstva je tmavý film s mocností do jednoho milimetru složený ze zástupců všech tří skupin, opět s převahou kokálních typů.

Kokální formy často tvoří mocné slizové obaly, které je chrání nejen mechanicky, ale hrají také důležitou roli v hospodaření s vodou a v ochraně před nadměrných osvětlením a ultrafialovým zářením – jsou do nich ukládána ochranná barviva jako scytonemin či gloeocapsin, jako například u rodů *Gloeocapsa* či *Gleothece* (KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS 1998, GRÖNINGER et al. 2000). Ochranný účinek slizových obalů se ještě násobí sdružováním jejich nositelů do velkých, makroskopických společenstev (Obrázek 3). V takovýchto společenstvech, která jsou často vícedruhová, je pak patrný pokles množství barviv ve slizu směrem od exponovaného okraje dovnitř kolonie. Ve slizových koloniích bývají vtroušeny i typy s velice tenkými slizovými pochvami, jako je například rod *Leptolyngbya*.



Obrázek 3: makroskopická společenstva sinic se slizovými pochvami na vápencovém výchozu

Vláknité heterocytózní typy mohou tvořit plstnaté chomáče. Tyto chomáče trochu připomínají „mikroles“, jak jej uvádí GOLUBIĆ (1967a) nebo BÜDEL (1999). Jsou však daleko chudší. Tento jev byl pozorován na třech geograficky odlišných lokalitách studovaných v rámci této práce – na Mohelenské hadcové stepi, ve Znojmě a na Holubovských hadcích. Totéž bylo pozorováno během analýzy vlastních jednorázových sběrů ve skleníku Fata Morgana v Botanické zahradě v Praze Tróji, v materiálu z několika míst národního parku Great Smoky Mountains v USA a ve sběrech ze zřícenin mayského města Palenque v Mexiku (HAUER unpubl.).

4.2 Ekologické nároky

Ze 41 druhů nalezených v rámci této práce bylo 11 nalezeno na místech s jinými abiotickými podmínkami, typem substrátu či vlhkostními poměry než uvádí literatura. Zejména výskyt na jiných substrátech ve srovnání s determinační literaturou je možné odůvodnit relativně malou prozkoumaností a/nebo širší ekologickou valencí.

Zajímavé je srovnání druhové bohatosti sinic na kyselých substrátech na lokalitách sledovaných v rámci této práce a tropickými oblastmi. Tak například BÜDEL et al. (1994) nebo DOJANI (2007) uvádějí množství zástupců, zejména heterocytózních, ze žulových a pískovcových výchozů či stolových hor. Naproti tomu na lokalitách zařazených do této práce nebyl nalezen žádný heterocytózní zástupce a jen velmi málo kokálních a ostatních

vláknitých. Tak patrný rozdíl by mohl být způsoben klimatickými podmínkami, zejména dostupností vody. V náhodném sběru za západočeské části Šumavy (Čeňkova pila) však byla nalezena *Stigonema minutum* a PASCHER (1903) taktéž uvádí některé zástupce heterocytózní typy. Vlastní nález i nálezy Pascherovy jsou většinou z míst s přítomností mechů a tedy s delší dostupností tekuté vody.

Rovněž je rozdíl v druhové bohatosti sinic pískovců. Diverzita na zkoumaných lokalitách v ČR (kam je možno zahrnout i výsledky z průzkumu v národním parku České Švýcarsko – PAŽOUTOVÁ & HAUER unpubl.) je podstatně menší (13 morfotypů) než diverzita, jakou uvádějí CASAMATA et al. (2005, 43 morfotypů) a velmi podobná údajům HOFFMANN & DARIENKO (2005, 15 morfotypů). Zde může hrát důležitou roli klima, které je na zkoumaných lokalitách v ČR zpravidla inverzní – jedná se o úzké hluboké rokle. Lokality se také mohou lišit pojivem pískovce.

Výše uvedené se vztahuje na biotopy přírodní. Jak ukázala příležitostná pozorování nezahrnutá do této práce, mohou mnohé (sub)aerofytické sinice skalních stěn úspěšně osidlovat i substráty zcela nepřírodní, jako jsou epoxidové nátěry nebo starý sklenářský tmel, jsou-li tyto ve vhodných podmínkách (HAUER unpubl.). Bohatým místem výskytu sinicových biofilmů jsou, mimo jiné také vnitřní strany



Obrázek 4: nárosty sinic uvnitř chladicí věže

chladicích věží (Obrázek 4), zejména železobetonových rotačních hyperboloidů typu Itterson s přirozeným tahem, kde jsou takřka ideální podmínky. Nad rozstříky chladicí vody se na stěnách tvoří až milimetr mocné biofilmy, které během vysychání při odstavení věže pravděpodobně přispívají k poškození ochranných epoxidových nátěrů tahovým namáháním. V ostatních typech věží je menší množství vhodného substrátu (ošetřený železobeton). O výskytu sinicových biofilmů v chladicích věžích vědecké databáze neuvádí žádný záznam.

Z analýz vzorků z přírodních a umělých substrátů je možné usuzovat, že některé typy, které v kulturách nerostou nebo rostou velmi špatně jsou k typu podkladu poměrně tolerantní. O substrátové toleranci mnoha typů svědčí i informace o jejich výskytu uváděné v literárních pramenech, případně na internetu. Tak například druh *Hassallia byssoidea*, někde uváděný jako *Tolypothrix byssoidea* nebo *Scytonema byssoideum*. Byl nalezen na serpentinitu (např.

NOVÁČEK 1934, JAAG 1945, HAUER 2007), vápenci (např. TAYLOR 1950, WHITTON & DONALDSON 1977, TIAN 2004), pískovci (HOFFMANN 1986), žule (JAAG 1945, tato práce), zásaditých břidlicích (JAAG 1945) nebo půdě (např. ROTHER & WHITTON 1988, NAGY 2005), betonech (tato práce), ale také na kůře stromů (GEITLER 1934). Nejvíce záznamů však pochází z vápenců (k nim lze přičítat i betony). Nabízí se nejméně dvě vysvětlení. První je, že na všech publikovaných stanovištích výskytu *H. byssoidea* je dostatek nějaké klíčové látky pro její růst, například vápnitých iontů. Tento dostatek mohou způsobovat průsaky nebo například atmosférická depozice. Druhým vysvětlením může být chybné určení materiálu, které je nezjistitelné, pokud autor práce nepřiloží kresbu nebo fotografii. Velmi pravděpodobná je však kombinace obou vysvětlení.

Jak bylo uvedeno výše, aerofytické epilitické sinice jsou velmi špatně kultivovatelné. Dokládá to i skutečnost, že ve světových sbírkách nejsou tyto organismy vůbec obsaženy. V rámci této práce se podařilo do kultury převést pouze druh *Hassallia byssoidea*, který existuje v několika izolátech v neveřejných sbírkách. Izolovaný kmen byl proto uložen do Sbírký autotrofních mikroorganismů Botanického ústavu AV ČR (CCALA) a je dostupný jako kmen CCALA 823.

4.3 Rozšíření

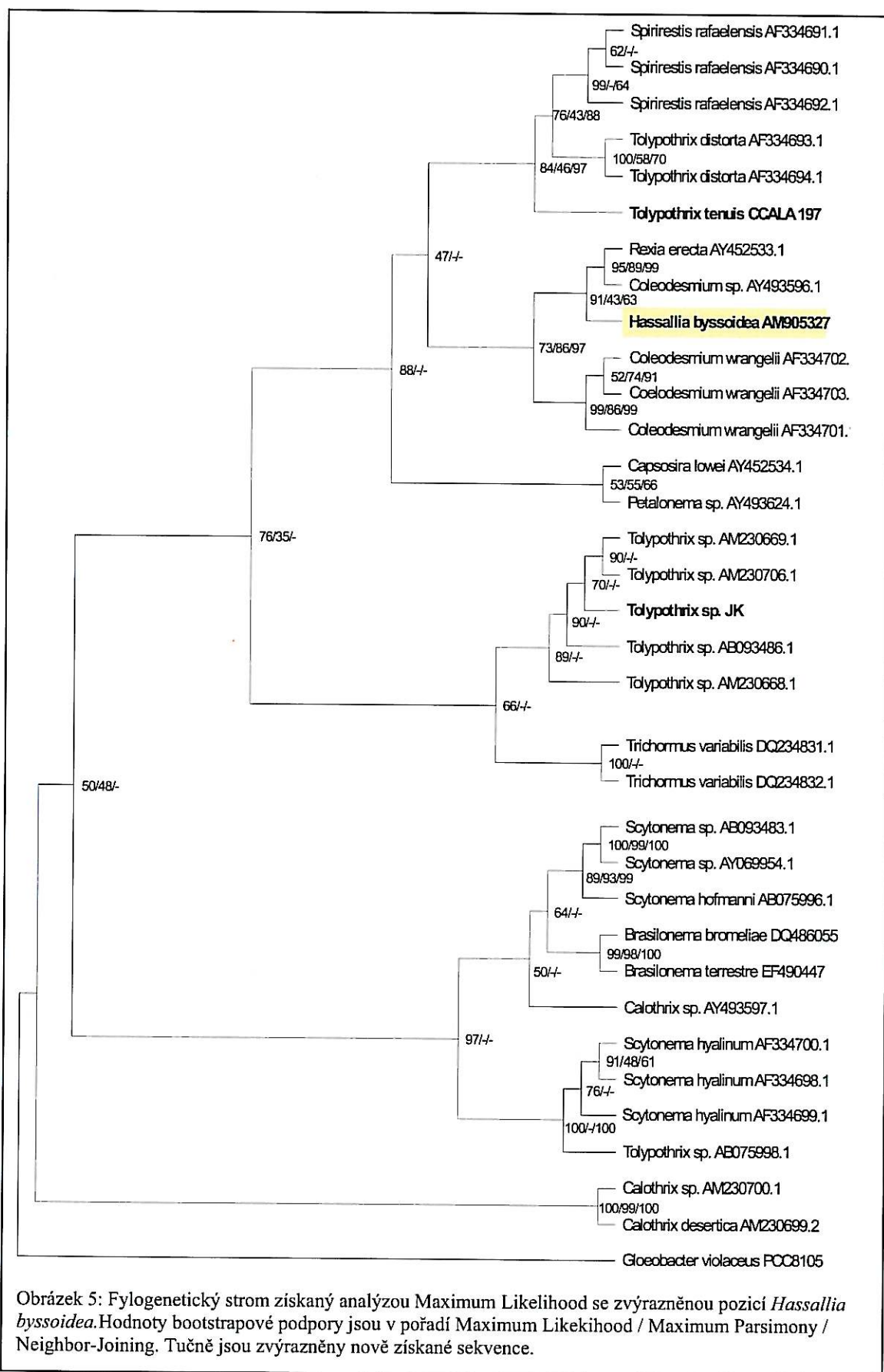
Ze získaných dat a informací v literatuře vyplývá, že mnoho morfotypů nalezených v rámci této práce je nejen dosti tolerantních vůči substrátu, na kterém rostou, ale má také (téměř) celosvětové rozšíření, což by podporovalo myšlenku kosmopolitního rozšíření mikroorganismů zastávanou například B. FINLAYEM (FINLAY 2002) – uvedená práce pojednává o eukaryotických mikroorganismech, ale není důvod nevzít ji v úvahu i pro prokaryota. Dobrým příkladem může být nejen výše zmíněná *Hassallia byssoidea*, ale také *Gloeocapsa sanguinea*, *Scytonema myochrous* či *Stigonema panniforme*. O rozšíření uvedených sinic nejsou data z celého světa k dispozici, ale poměrně rovnoměrné geografické rozložení údajů o nálezech ukazuje, že jejich kosmopolitní rozšíření je možné. Vystává zde ale opět otázka správného určení nalezeného materiálu. Nežřídká jsou literární údaje dosti pochybné.

4.4 Taxonomie

4.4.1 *Hassallia*

Rod *Hassallia*, vláknitá heteropolární sinice z čeledi Microchaetaceae, je primárně terestrickým rodem. Byl popsán původně popsán BERKELEYem (in HASSALL 1845). Typovým druhem byla stanovena *Hassallia byssoidea*. Rod po té uznali BORNET & FLAHAULT (1888 – starting-point) a GEITLER (1942). Existenci rodu však neakceptoval KIRCHNER (1900), uvedl jej pouze jako sekci rodu *Tolypothrix*, což převzali v sinicových monografiích GEITLER (1932), STARMACH (1966) a BOURRELLY (1970) a rodové jméno *Hassallia* uvádí jako synonymum. Toto pak převzalo mnoho dalších autorů nejen floristických (např. KOVÁČIK 1998, BELLINZONI et al. 2003, UHER et al. 2005), ale také biochemických či fyziologických prací (např. JAKI et al. 2001). Existenci rodu neuznal ani HOFFMANN (1986) a spolu s rodem *Tolypothrix* jej zahrnul do rodu *Scytonema*. Později však ve své studii o ultrastruktuře (HOFFMANN 1993) rody *Hassallia* a *Tolypothrix* uznává. Jak je patrné z výše uvedeného, názory na existenci samostatného rodu *Hassallia* a tím pádem i jeho používání se liší. Je ale pravděpodobné, že se často jedná o převzetí názoru autorů klasických a hojně používaných determinačních děl (např. GEITLER 1932).

Do současné doby nebyly v žádné z velkých veřejných databází (GenBank, EMBL, DDBJ) k dispozici žádné sekvence 16S rRNA, jejichž analýza by přispěla k rozhodnutí o oprávněnosti či neoprávněnosti existence rodu *Hassallia*. V rámci této práce se podařilo získat jednu sekvenci typového druhu *Hassallia byssoidea* (kmen HAUER 2007/1, uložený ve sbírce CICALA pod číslem 823). Tato sekvence byla vložena do databáze EMBL pod číslem AM905327. Bylo provedeno její srovnání s dostupnými sekvencemi zástupců čeledi Microchaetaceae a dalších epilitických a půdních sinic. Do analýzy byly přidány ještě vlastní sekvence *Tolypothrix tenuis* CICALA 197 a sekvence izolátu *Tolypothrix* sp. poskytnutá Janou Korelusovou. Vzhledem k tomu, že se jedná o sekvenci jedinou, není možné z analýz vyvodit jednoznačný závěr. Získané předběžné výsledky však ukazují, že existence rodu *Hassallia* je oprávněná. V matici podobností, do níž byla mimo získané sekvence zařazena dostupná data o zástupcích rodů *Tolypothrix*, *Coleodesmium* a *Rexia*, které jsou získané sekvenci podle provedených fylogenetických analýz pravděpodobně nejpříbuznější (viz. Obrázek 5), oscilují hodnoty podobností kolem 93 % což je hranice, pod níž je možné u prokaryot s jistotou hovořit o rozdílných rodech (STACKEBRANDT & GOEBEL 1994). Z uvedené matice též vyplynulo, že zahrnutí rodů *Hassallia* a *Tolypothrix* do rodu *Scytonema* (viz. výše) nebylo opodstatněné.



Obrázek 5: Fylogenetický strom získaný analýzou Maximum Likelihood se zvýrazněnou pozicí *Hassallia byssoidea*. Hodnoty bootstrapové podpory jsou v pořadí Maximum Likelihood / Maximum Parsimony / Neighbor-Joining. Tučně jsou zvýrazněny nově získané sekvence.

4.4.2 *Gloeocapsa*

Rod *Gloeocapsa*, kokální sinice s charakteristickými slizovými obaly z čeledi Microcystaceae je typickým terestrickým rodem s rozšířením od nížin do vysokých hor. Někteří zástupci jsou však uváděni i ze sladkých vod či termálních pramenů (např. MANN & SCHLICHTING 1967) a dokonce mořského bentosu (DE PHILIPPIS et al. 2005). Typovým druhem je *Gloeocapsa atrata* KÜTZING 1843 (viz. výše). Protože jsou zástupci rodu přítomni v epilithických společenstvech téměř na celém světě, patří tento k těm prostudovanějším i přes to, že prací, které by se jím zevrubně zabývaly, je nemnoho (NOVÁČEK 1934, JAAG 1945, GOLUBIĆ 1965, RIFÓN-LASTRA & NOGUEROL-SEOANE 2003, ABDELAHAD & BAZICHELLI 1991).

Jedním z důležitých morfologických znaků na druhové úrovni je barva slizových pochev kolonií. Podle tohoto zbarvení je druhů v rámci rodu možné rozdělit do tří hlavních a dobře odlišitelných skupin, a to na červené, (fialovo)modré až černé a žluté až žlutohnědé. Jak ale uvádí JAAG (1945), může se tato barva měnit v závislosti na dostupnosti železa, pH prostředí a intenzitě světla. Barevné přechody uvádí ve své studii i ABDELAHAD & BAZICHELLI (1991), v rámci této práce však barevné přechody pozorovány nebyly.

GOLUBIĆ (1965) se zevrubně zabýval šířkou buněk jako dalším důležitým znakem. Zjistil, že konstantnějším rozměrem je šířka buněk spíše než délka, která má vysokou variabilitu.

Kvůli podobnosti některých životních stadií mohou být zástupci rodu zaměňováni s rodem *Asterocapsa* CHU nebo *Aphanocapsa* NÄGELI.

Vyjma několika kmenů vodních zástupců ve světových sbírkách kultur rod chybí. Důsledkem této skutečnosti je pak absence sekvencí 16 S rRNA typických epilithických zástupců a tedy jasnější evoluční vztahy s dalšími sinicemi.

5. Literatura

- ABDELAHAD, N. & BAZICHELLI, G. (1991): The genus *Gloeocapsa* KÜTZ. (Cyanophyta) on Calcareous Rock Surface in the Upper Halley of the river Anione (Latium, Italy). – *Cryptogamic Botany* **2/3**: 155-160.
- ABOAL, M. & ASENSIO-MARTINEZ, A. (2001): Biodeterioration of wall paintings in caves of Murcia (SE Spain) by epilithic and chasmoendolithic microalgae. – *Algological Studies* **103**: 131-142.

- ALBERTANO, P.; KOVÁČIK, L. & GRILLI, C.M. (1994): Preliminary investigations on epilithic cyanophytes from a Roman Necropolis. – *Algological Stududies* **75**: 71-74.
- ALBRECHT, J. et al. (2003): Českobudějovicko. In: MACKOVČIN, P. & SEDLÁČEK, M.(eds): Chráněná území ČR, svazek VIII. – 808 pp., Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha.
- ANAGNOSTIDIS, K.; ECONOMOU-AMILI, A. & ROUSSOMOUSTAKAKI, M. (1983): Epilithic and chasmoendolithic microflora (Cyanophyta, Bacillariophyta) from marbles of the Parthenon (Acropolis – Athens, Greece). – *Nova Hedwigia* **38**: 227-287.
- BELEZZA, S. & ALBERTANO, P. (2003): A chroococcalean species from Roman hypogean sites: characterisation of *Gloeothece membranacea* (Cyanobacteria, Synechococcaceae). - *Algological Stududies* **109**: 103-112.
- BELLINZONI, A.M.;CANEVA, G. & RICCI, S. (2003): Ecological trends in travertine colonisation by pioneer algae and plant communities. – *International Biodeterioration & Biodegradation* **51**: 203-210.
- BISCHOFF, H.W. & BOLD, H.C. (1963): Phycological Studies. IV. Some soil algae from Enchanted Rock and related algal species. – *Univ. Texas Publ.* 6318, 1-95.
- BHATTACHARJEE, S.K.; MATHUR, M.; RANE, S.S. & DAVID, K.A.V. (1987): UV-sensitivity of cyanobacterium *Anacystis nidulans* Part I. Evidence for photosystem II (PSII) as a lethal target and constitutive nature of a dark repair system against damage to PSII. – *Indian J. Exper. Biol.* **25**: 832-836.
- BLACKFIELD, M.K. & HARRIS, D.O. (1994): Delay of cell differentiation in *Anabaena aequalis* caused by UV-B radiation and the role of photoreactivation and excision repair. – *Photochem. Photobiol.* **59**: 204-208.
- BOURRELLY, P. (1970): Les algues d'eau douce 3. – 512 p., Boubée & Cie, Paris.
- BRANDT, F. (1900): Morphologisch-physiologische Betrachtungen über Cyanophyceen. – *Beih. Zum Bot. Zentralblatt* **XV**.
- BROADY, P.A. (1981): The ecology of chasmoendolithic algae at coastal locations of Antarctica. – *Phycologia* **20**: 259-272.
- BRUNO, L.; DILLI, D. & ALBERTANO, P. (2004): Molecular characterisation of aerophytic cyanobacteria from Roman hypogea. – 16th Symposium of the International Association for Cyanophyte research, Luxemburg.
- BÜDEL, B. (1999): Ecology and diversity of rock-inhabiting cyanobacteria in tropical regions. – *Eur. J. Phycol.* **34**: 361-370.

- BÜDEL, B. & LANGE, O.L. (1991): Water status of green and blue-green phycobionts in lichen thali after hydration by water vapour uptake: do they become turgid? – *Bot. Acta* **104**: 361-366.
- BÜDEL, B.; LÜTTGE, U.; STELZER, R.; HUBER, O. & MEDINA, E. (1994): Cyanobacteria of Rocks and Soils of the Orinoco Lowlands and the Guayana Uplands, Venezuela. – *Bot. Acta* **104**: 422-431.
- BÜDEL, B.; WEBER, H.-M.; POREMBSKI, S. & BARTHLOTT, W. (2002): Cyanobacteria of inselbergs in the Atlantic rainforest zone of eastern Brazil. – *Phycologia* **41**: 498-506.
- BÜDEL, B.; WEBER, B.; KÜHL, M.; SÜLTEMAYER, D. & WESSELS, D. (2004): Reshaping of sandstone surfaces by cryptoendolithic cyanobacteria: bioalkalization causes chemical weathering in arid landscapes. – *Geobiology* **2**: 261-268.
- BÜDEL, B. & WESSELS, D.C.J. (1991): Rock inhabiting blue-green algae/cyanobacteria from hot arid regions. – *Algological Studies* **64**: 385-398.
- CASAMATA, D.A.; VERB, R.G.; BEAVER, J.R. & VIS, M.L. (2002): An investigation of the cryptobiotic community from sandstone cliffs in southeast Ohio. – *Int. J. Plant. Sci.* **163**(5): 837-345.
- CASTENHOLZ, R.W. & GARCIA-PICHEL, F. (2000): Cyanobacterial responses to UV radiation. . – In WHITTON, B.A. & POTTS, M. (eds): *Ecology of cyanobacteria*. – 669 p., Kluwer Academic Publisher.
- CASTENHOLZ, R.W. & NORRIS, T.B. (2005): Revisionary concepts of species in the Cyanobacteria and their applications. – *Algological Studies* **117**: 53-69.
- Česká geologická služba (2004): Geologická mapa území České republiky 1 : 50 000. – <http://www.geology.cz/extranet/geodata/mapserver>.
- CYRUS, Z.Z. & ŠULA, J. (1936): Některé Cyanophyceae Bielských a Vysokých Tater. – *Carpatica* (Praha), 1-18.
- DILLON, J.G.; TATSUMI, C.M.; TANDINGAN, P.G. & CASTENHOLZ, R.W. (2002): Effect of environmental factors on the synthesis of scytonemin, a UV-screening pigment, in a cyanobacterium (*Chroococcidiopsis* sp.). – *Arch. Microbiol.* **177**: 322-331.
- DODDS, W.K.; GUDDER, D.A. & MOLLENHAUER, D. (1995): The ecology of *Nostoc*. – *Journal of Phycology* **31**: 2-18.
- DOJANI, S.; LAKATOS, M.; RASCHER, U.; WANER, W.; LÜTTGE, U. & BÜDEL, B. (2007): Nitrogen input by cyanobacteria biofilms of an inselberg into a tropical rainforest in French Guiana. – *Flora* **202**: 521-529.

- FAVRE-BOMVIN, J.; ARPIN, N. & BREVARD C. (1976): Structure de la mycosporine (P310). – Can. J. Chem. **54**: 1105-1113.
- FINLAY, B.J. (2002): Global dispersal of free-living microbial eukaryote species. – Science **296**: 1061-1063.
- FRIEDMANN, E.I.; DRUK, A.Y. & MCKAY, C.P. (1994): Limits of life and microbial extinction in the Antarctic desert. – Antarct. J. U. S. **29**: 176-179.
- GARCIA-PICHEL, F. & CASTENHOLZ, R.W. (1993): Occurrence of UV-absorbing mycosporine-like compounds among cyanobacterial isolates and an estimate of their screening capacity. – Appl. Environ. Microbiol. **59**: 163-169.
- GAYLARDE, P.M. & GAYLARDE, C.C. (1999): Algae and cyanobacteria on painted surfaces in Southern Brazil. - Revista de Microbiologia **30**: 209-213.
- GEITLER, L. (1932): Cyanophyceae. – In: L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz **14**: 1-1196. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- (1934): Beitrag zur Kenntnis der aërophytischen Mikroflora Griechenlands. - Österr. bot. Zeitschr. **83**(1): 17-22.
- (1945): Schizophyta: Klasse Schizophyceae. In ENGLER, A. & PRANTL, K.: Die natürlichen Pflanzenfamilien 1b. – 232 p., Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- GEODIS & Seznam.cz (2004): Mapy.cz. – <http://www.mapy.cz>.
- GOLUBIĆ, S. (1965): Zur Revision der Gattung *Gloeocapsa* Kützing (Cyanophyta). – Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie **27**(2): 218-232.
- (1967a): Algenvegetation der Felsen. In: ELSTER, H.J. & OHLE, W.: Die Binnengewässer. – 183 p., Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- (1967b): Die Algenvegetation an Sandsteinfelsen Ost-Venezuelas (Cumaná). – Int. Rev. Ge. Hydrobiol. **52**(5): 693-699.
- GOLUBIĆ, S.; FRIEDMAN, I. & SCHNEIDER, J. (1981): A lithobiontic niche, with special reference to microorganisms. – J. Sed. Petrol. **51**: 475-478.
- GORBUSHINA, A. (2007): Life on the rocks. – Environmental Microbiology **9**(7): 1613-1631.
- GRAHAM, L.E. & WILCOX L.W.(2000): Algae. – 640 p., Prentice Hall, Upper Saddle River.
- GRÖNINGER, A.; SINHA, R.P.; KLISCH, M. & HÄDER, D.-P. (2000): Photoprotective compounds in cyanobacteria, phytoplankton and macroalgae – a database. – J. Photochem. and Photobiol. B: Biology **58**: 115-122.
- GUINDON, S. & GASCUEL, O. (2003): A simple, fast, and accurate algorithm to estimate large phylogenies by maximum likelihood. – Systematic Biology **52**(5): 696-704.

- HALL, T.A. (1999): BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. – Nucl. Acids. Symp. Ser. **41**: 95-98.
- HANSGIRG, A. (1892): Prodromus der Algenflora von Böhmen. 2. – Arch. Naturwiss. – Landesdurchforsch. Böhmen **8**(4): 1-182.
- HASSALL, A.H. (1845): A history of the British Freshwater Algae (including descriptions of Diatomaceae and Desmidiaceae) with upwards of one hundred plates. Vol. 1 – 402 p. Taylor, Walton and Maberly, London.
- HAUER, T. (2007): Rock-inhabiting cyanoprokaryota from South Bohemia (Czech Republic). – Nova Hedwigia **85** (3-4): 379-392.
- HOFFMANN, L. (1986): Cyanophycées aériennes et subaériennes du Grand-Duché de Luxembourg. – Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. **56**: 77-127.
- (1993): Ultrastructure of the genus *Scytonema* and the related genera *Hassallia* and *Tolypothrix* (Cyanophyceae, Cyanobacteria). – Algological Studies **69**: 29-42.
- HOFFMANN, L. & DARIENKO, T. (2005): Algal biodiversity on sandstone in Luxemburg. – Ferrantia **44**: 99-100.
- HOFFMANN, L.; KOMÁREK, J. & KAŠTOVSKÝ, J. (2005): System of cyanoprokaryotes (cyanobacteria) – state in 2004. – Algological Studies **117**: 95-115.
- JAAG, O. (1945): Untersuchungen über die Vegetation und Biologie der Algen des nackten Gesteins in den Alpen im Jura und im Schweizerischen Mittelland. – 560 p., Böhler & Co., Bern.
- JAKI, B.; ZERBE, O.; HEILMANN, J. & STICHER, O. (2001): Two novel cyclic peptides with antifungal activity from the cyanobacterium *Tolypothrix byssoidea* (EAWAG 195). – Journal of natural products **64**(2): 154-158.
- JANZA, L. (1958): Riasová flóra na brale „Večný dážď“. – Ochrana přírody (Praha) **13**: 78-79.
- JOHANSEN, J.R. (2007): Strategies and methods for recognizing new taxa of Cyanobacteria. – Program 17. Symposia International Association for Cyanophyte Research, Mérida, Mexiko, p. 24.
- JOHANSEN, J.R. & CASAMATA, D.A. (2005): Recognizing cyanobacterial diversity through adoption of a new species paradigm. – Algological Studies **117**: 71-93.
- JOSHI, C.D. & MUKUNDAN, U. (1997): Algal disfigurement and degradation of architectural paints in India. – Paintindia **47**: 27-32.
- KAMIŠOVÁ, P. (1995): Aerofytní mikrovegetace rezervace Mohelenská hadcová step. – 16 p., SOČ, Třeboň.

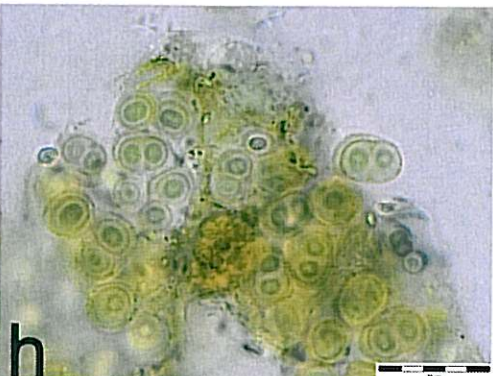
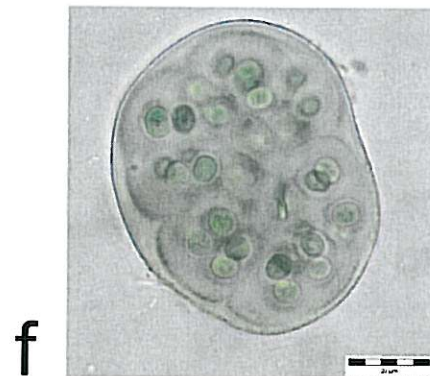
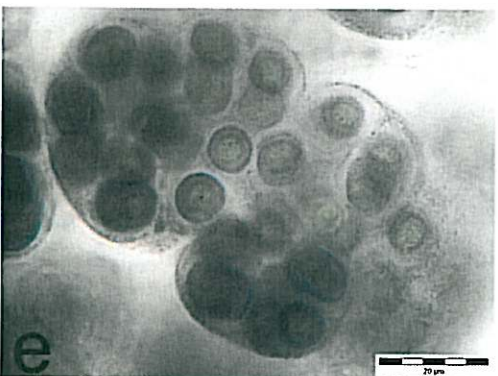
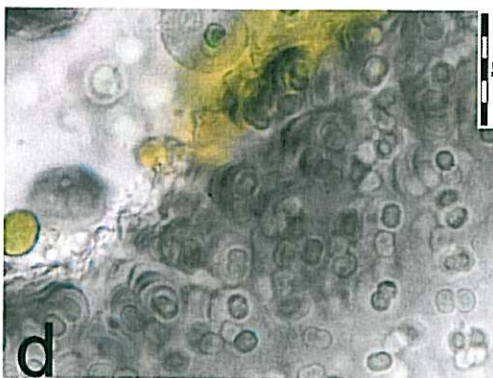
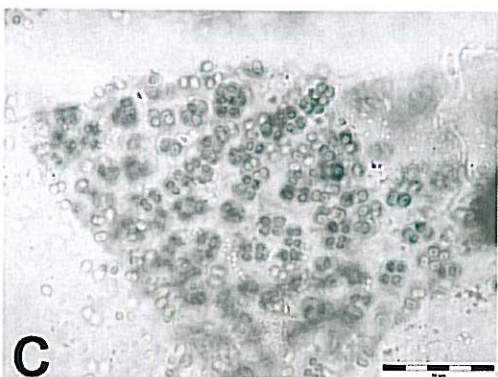
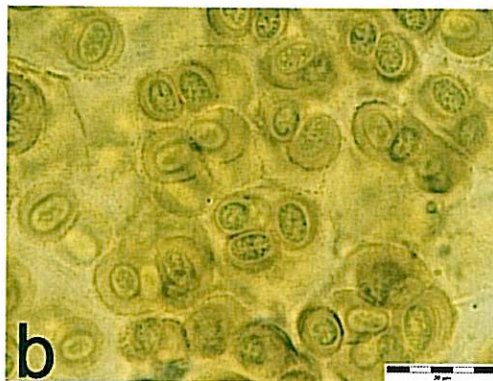
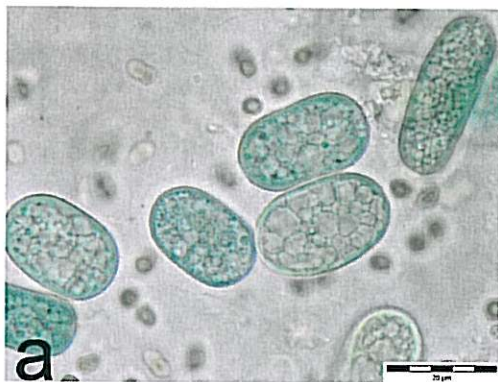
- KIRCHNER, O. (1900): Schizophyceae. In ENGLER, A. & PRANTL, K. : Die Natürlichen Pflanzenfamilien I (1a): 45-92.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. (1998): Cyanoprokaryota, 1. Teil/ 1st Part: Chroococcales. – In: Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds): Süßwasserflora von Mitteleuropa **19/1**. – 548 p., Gustav Fischer, Jena.
- - (2005): Cyanoprokaryota, 2. Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales. – In: Büdel, B., Krienitz, L., Gärtner, G. & Schagerl, M. (eds): Süßwasserflora von Mitteleuropa **19/2**. – 759 p., Elsevier/Spektrum Akademischer Verlag, München.
- KOVÁČIK, L. (1998): Aerofytní mikrovegetace rezervace Mohelenská hadcová step.[Aerophytic microvegetation of Mohelenská hadcová steppe.] – Sborník Západoomoravského muzea v Třebíči **35**: 47-62.
- LAKATOS, M.; BILGER, W. & BÜDEL, B. (2001): Carotenoid composition of terrestrial Cyanobacteria: response to natural light conditions in open rock habitats in Venezuela. – Eur. J. Phycol. **36**: 367-375.
- LANGE, O.L.; BÜDEL, B.; MEYER, A. & KILIAN, E. (1993): Further evidence, that activation of net photosynthesis by dry cyanobacterial lichens requires liquid water. – Lichenologist **25**: 175-189.
- LEVINE, E. & THIEL, T. (1987): UV-inducible DNA repair in the cyanobacteria *Anabaena* spp. – J. Bacteriol. **160**: 3988-3993.
- LÜTTGE, U. (1997): Cyanobacterial Tintenstrich communities and their Ecology. – Naturwissenschaften **84**: 526-534.
- MANN, J.E. & SCHLICHTING, H.E. Jr. (1967): Benthic Algae of Selected Thermal Springs in Yellowstone National Park. – Transactions of the American Microscopical Society **86**(1): 2-9.
- MISZALSKI, Z.; BÜDEL, B. & LÜTTGE, U. (1995): Sensitivity of Terrestrial Cyanobacteria to Light and Sulphite stress. – Polish J. Environ. Stud. **4**(4): 55-59.
- NAGY, L.R.; JOHANSEN, J.R.; ST. CLAIR, L.L. & WEBB, B.L. (2005): Recovery patterns of microbiotic soil crusts 70 years after arsenic contamination. – J. Arid Environments **63** (1): 307-323.
- NOGUEROL-SEOANE, A. & RIFÓN-LASTRA, A. (2003): Spatial and temporal distribution of Cyanoprokaryota in edified granite walls. Taxonomical considerations. – Algological Studies **109**: 443-454.

- NOVÁČEK, F. (1930): Příspěvek k poznání životního cyklu *Gloeocapsa sanguinea* AG.[Remarks to the life cycle of *Gloeocapsa sanguinea* AG.] – Sborn. Kl. přírodověd. v Brně **13**: 1-13.
- (1934): Epilithické sinice serpentínů mohelenských. Pars I.: Chroococcales. In PODPĚRA, J.(ed.): Mohelno. – 178 p., Svaz pro ochranu přírody a domoviny v zemi Moravskoslezské, Brno.
- NÜBEL, U.; GARCIA-PICHEL, F. & MUYZER G. (1997). PCR primers to amplify 16S rRNA genes from cyanobacteria. – Applied and Environmental Microbiology **63**(8): 3327-3332.
- O'BRIEN, P.A. & HOUGHTON, J.A. (1982): Photoreactivation and excision repair on UV pyrimidine dimers in the unicellular cyanobacterium *Gloeocapsa alpicola* (*Synechocystis* PCC6803). – Photochem. Photobiol. **35**: 359-364.
- ORTEGA-CALVO, J.J.; ARIÑO, X.; STAL, L.J. & SAIZ-JIMENEZ, C. (1994): Cyanobacterial sulphate accumulation from black crust of a historic building. – Geomicrobiol. J. **12**: 15-22.
- ORTEGA-MORALES, O.; GUEZENNEC, J.; HERNÁNDEZ-DUQUE, G; GAYLARDE, C.C. & GAYLARDE, P.M.(2000): Phototrophic Biofilms on Ancient Mayan Buildings in Yucatan, Mexico. – Current Microbiology **40**: 81-85.
- PAGE, R.D.M. (2001): TreeView 1.6.6. - <http://taxonomy.zoology.gla.ac.uk/rod/treeview.html>
- PASCHER, A. (1903): Zur Algenflora des südlichen Böhmerwaldes. - Lotos **23**:161-211.
- PENTECOST, A. (1992): Growth and distribution of endolithic algae in some North Yorkshire streams. – Br. Phycol. J. **27**: 145-151.
- PENTECOST, A. & WHITTON, B.A. (2000): Limestones. – In WHITTON, B.A. & POTTS, M. (eds): Ecology of cyanobacteria. – 669p., Kluwer Academic Publisher.
- DE PHILIPPIS, R.; FARALONI, C.; SILI, C. & VINCENZINI, M. (2005): Populations of exopolysaccharide-producing cyanobacteria and diatoms in the mucilaginous benthic aggregates of the Tyrrhenian Sea (Tuscan Archipelago). – The Science of the total environment **353** (1-3): 360-368.
- POULÍČKOVÁ, A.; LHOTSKÝ, O. & DRÍMALOVÁ, D. (2004): Prodróm sinic a řas České republiky. – Czech Phycology **4**: 19-33.
- PÓCS, T. (2005): Aerophytic cyanobacteria from the Mții Apuseni (Romanian western Carpathians, Transylvania), I. The epilithic crusts at the entrance of Huda lui Păpără Cave. – Kanitzia **13**: 99-108.

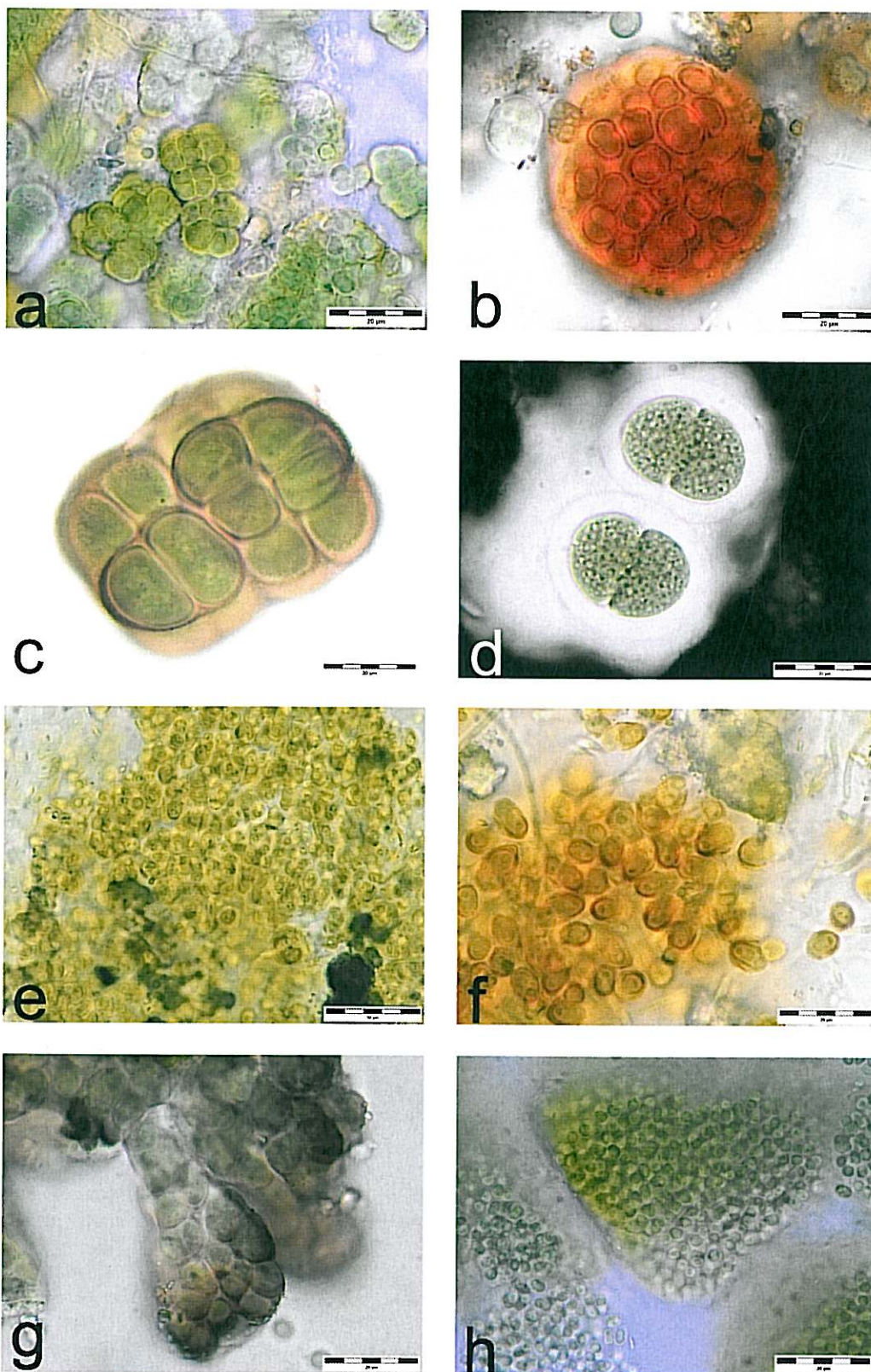
- REED, R.H.; RICHARDSON, D.L.; WARR, S.R.C. & STEWART, W.D.P. (1984): Carbohydrate accumulation and osmotic stress in cyanobacteria. – J. Gen. Microbiol. **130**: 1-4.
- RIFÓN-LASTRA, A. & NOGUEROL-SEOANE, Á. (2003): Life cycles of *Gloeocapsa biformis* ERCEGOVIĆ, *G. kuetzingiana* NÄGELI and *G. violascea* (CORDA) RABENHORST (Chroococcales, Cyanoprokaryota). – Algological Studies **109**: 525-536.
- RINDI, F. & GUIRY, M.D. (2003): Composition and distribution of subaerial algal assemblages in Galway City, western Ireland. – Cryprogamie, Algol. **24**(3): 245-267.
- SAIZ-JIMENEZ, C. (1997): Biodeterioration vs. Biodegradation: the Role of Microorganisms in the Removal of Pollutants Deposited on Historic Buildings. – Int. Biodeterioration & Biodegradation **40**(2-4): 225-232.
- SASS, L.; SPETEA, C.; MÁTÉ, Z.; NAGY F. & VASS, I. (1997): Repair of UV-B induced damage via de novo synthesis of the D1 and D2 reaction centre subunits in *Synechocystis* sp. PCC 6803. – Photosyn. Res. **54**: 55-62.
- SCHORLER, B. (1915): Die Algenvegetation an den Felswänden des Elbsandsteingebirges.- Abh. Naturwiss. Ges. Isis, Dresden, 1914: 3-27.
- STACKEBRANDT, E. & GOEBEL, B.M. (1994): Taxonomic note: a place for DNA-DNA reassociation and 16S rRNA sequence analysis in the present species definition in bacteriology. – Int. J. Syst. Bacteriol. **44**: 846-849.
- STANIER, R.Y., KUNISAWA, R., MANDEL, M & COHEN-BAZIRE, G. (1971): Purification and properties of unicellular blue-green algae (Order Chroococcales). – Bacteriol. Rev. **35**: 171-205.
- STARMACH, K. (1966): Cyanophyta. In Flora słodkowodna Polski. – 807 p., Państwowe wydawnictwo naukowe, Warszawa.
- ŠKALOUD, P. (2004): Aero-terestrické řasy vrcholových partií NPP Boreč. – Diplomová práce, 109 p., Univerzita Karlova, Praha.
- TAMURA, K.; DUDLEY, J.; NEI, M. & KUMAR, S. (2007): MEGA 4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0. – Molecular Biology and Evolution **24**: 1596-1599.
- TAYLOR, W.R. (1950). Plants of Bikini and other Northern Marshall Islands. – 227 p., Univ. of Michigan Press, Ann Arbor.
- TIAN, Y.-P.; ZHANG, J.; SONG, L.-H.; BAO, H.-S. (2002): A study on Aerial Cyanophyta (Cyanobacteria) on the Surface of Carbonate Rock in Yunnan Stone Forest, Yunnan Province, China. – Acta Ecologica Sinica **22**(11): 1793-2020.

- TOMASELLI, L.; LAMENTI, G.; BOSCO, M. & TIANO, P.(2000): Biodiversity of photosynthetic micro-organisms dwelling on stone monuments. - Int. Biodeterioration & Biodegradation **46**: 251-258.
- UHER, B. (2001): Sinice/Cyanobaktérie v roklinách národního parku Slovenský raj. – diplomová práce, 117 p., Univerzita Komenského, Bratislava.
- UHER, B.; ABOAL, M. & KOVÁČIK, L. (2004): Primitive coccal cyanobacteria of genus *Chroococciopsis* as the constantly appearing organisms in the extreme urban environments. - 16th Symposium of the International Association for Cyanophyte research, Luxemburg.
- - - (2005): Epilithic and chasmoendolithic phycoflora of monuments and buildings in South-Eastern Spain. – Cryptogamie, Algologie **26**(3): 275-358.
- VAN LIERE, L. & WALSBY, A.E. (1982): Interactions of cyanobacteria with light. – In CARR, N.G.& WHITTON, B.A.: The biology of cyanobacteria. – pp. 9-45. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- WASSERBAUER, R. (2006): Řasy na stavebních objektech. – Stavební obzor **5**: 149-152.
- WEE, Y.C. & LEE, K.B. (1980): Proliferation of algae on surfaces of buildings in Singapore. - Int. Biodeterioration Bulletin **16**: 113-117.
- WESSELS, D.C.J. & BÜDEL, B (1995): Epilithic and Cryptoendolithic Cyanobacteria of Clarens Sandstone Cliffs in the Golden Gate Highlands National Park, South Africa. – Bot. Acta **108**: 220-226.
- WHITTON, B.A. & DONALDSON, A. (1977): Terrestrial and freshwater algae of three western Indian ocean islands (Astove, Farquhar, and St. Pierre). – Atoll research bulletin 216, The Smithsonian Institution, Washington.
- WILMOTTE A., VAN DER AUWERA G. & DE WACHTER R. (1993): Structure of the 16S ribosomal RNA of the termophilic cyanobacterium *Chlorogloeopsis* HTF (*Mastigocladus laminosus* HTF) strain PCC 7518, and phylogenetic analysis. FEBS Letters, 317 (1-2): 96-100.
- WYNN-WILLIAMS, D.D. (2000): Cyanobacteria in deserts. – In: WHITTON, B.A. & POTTS, M. (eds): Ecology of cyanobacteria. – 669 p., Kluwer Academic Publisher.

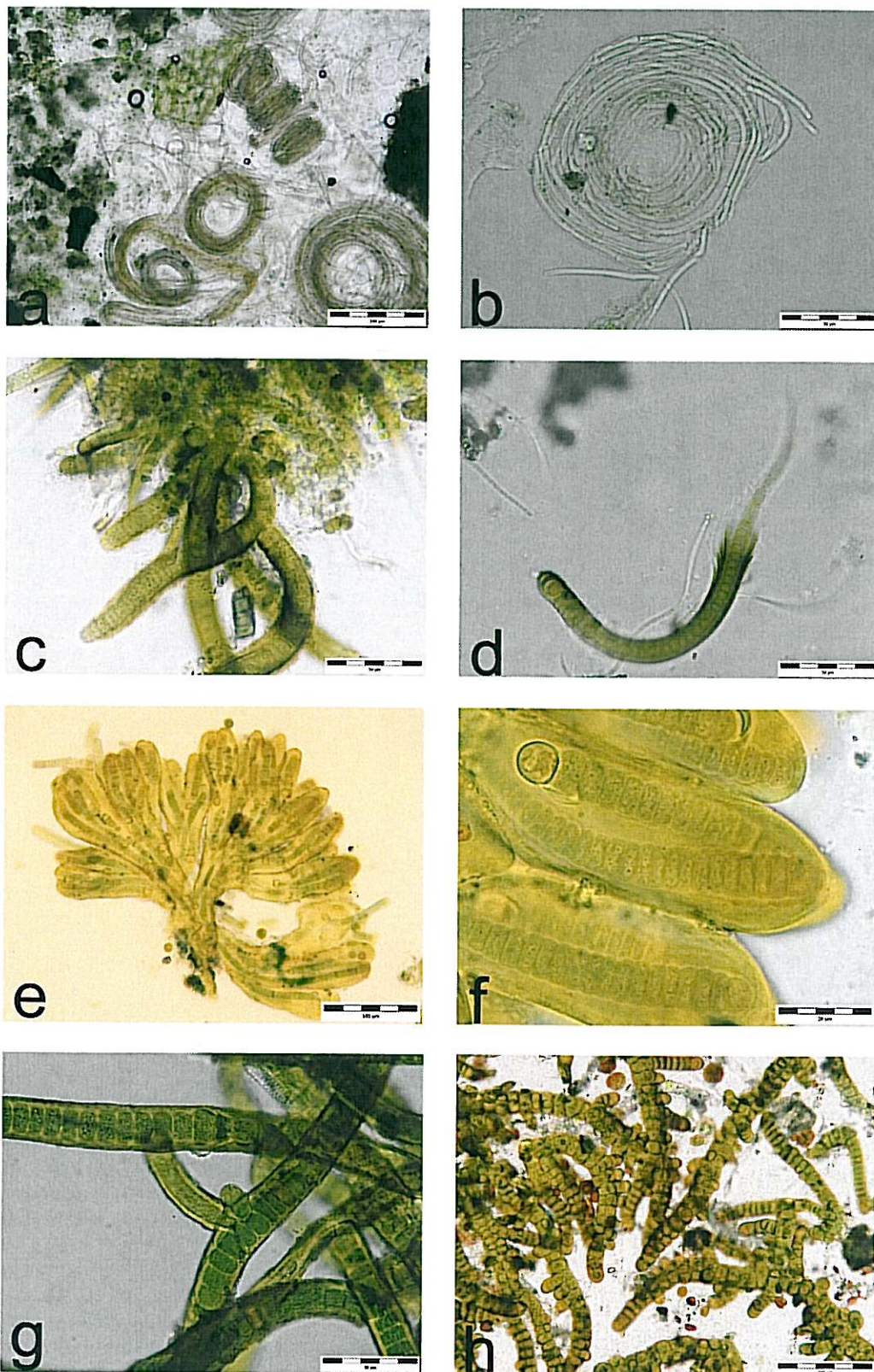
6. Obrazové přílohy



Tabule 1: a - *Cyanothece aeruginosa*; b - *Gloeotheca rupestris*; c, d *Gloeocapsa atrata*; e - *Gloeocapsa nigrescens*; f - *Gloeocapsa violascea*; g - *Gloeocapsa novacekii*; h - *Gloeocapsa kuetzingiana*
[Délka měřítka a, b, d, e, f, g, h = 20 μm, c = 50 μm]



Tabule 2: a - *Gloeocapsopsis pleurocapsoides*; b - *Gloeocapsopsis dvorakii*; c - *Gloeocapsopsis chroococcoides*; d - *Chroococcus spelaeus*; e - *Chlorogloea microcystoides*; f - *Chamaesiphon polonicus*; g - *Entophysalis atroviolacea*; h - *Aphanocapsa muscicola*
[Délka měřítka a, b, c, d, f, g, h = 20 μm, e = 50 μm]



Tabule 3: a, b - *Phormidium vulgare*; c- *Hassallia byssoidea*; d - *Calothrix parietina*; e, f - *Tolypothrix elenkinii*; g - *Stigonema panniforme*; h - *Stigonema minutum*
 [Délka měřítka a, e, h = 100 μ m; b, c, d, g = 50 μ m; f = 20 μ m]

7. Příložené publikace

1. HAUER, T. (2007): Rock-inhabiting cyanoprokaryota from South Bohemia (Czech Republic). – *Nova Hedwigia* **85** (3-4): 379-392.
2. KOMÁREK, J. & HAUER, T. (in press): Three rare cyanobacterial species in Podyjí National Park. – *Thayensia*

7. Příložené publikace

1. HAUER, T. (2007): Rock-inhabiting cyanoprokaryota from South Bohemia (Czech Republic). – *Nova Hedwigia* **85** (3-4): 379-392.
2. KOMÁREK, J. & HAUER, T. (in press): Three rare cyanobacterial species in Podyjí National Park. – *Thayensia*

Rock-inhabiting cyanoprokaryota from South Bohemia (Czech Republic)

by

Tomáš Hauer*

University of South Bohemia, Faculty of Biological Sciences, Branišovská 31,
CZ-370 05 České Budějovice, Czech Republic

and

Institute of Botany, Academy of Sciences of the Czech Republic, Dukelská 145,
CZ-379 01 Třeboň, Czech Republic

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

Abstract: Rock-inhabiting cyanobacteria play an important role in terrestrial ecosystems. They colonize new ecological niches together with lichens and green algae, and they are an important factor in weathering. In contrast to their high significance, there is a low level of knowledge about these organisms. This article summarizes the results of a pilot study of the rock-inhabiting cyanobacterial flora of the South Bohemian region. Eleven substrates in 30 sites were sampled; 35 cyanobacterial morphospecies were found; four of which were new to the flora of the Czech Republic.

Introduction

Rock-inhabiting cyanobacteria are an interesting group of organisms. The environment inhabited by aerophytic cyanobacteria is extreme, for a variety of reasons. First, dispersal and establishment, especially on vertical rock walls, is difficult. Second, cyanobacteria of these habitats must survive widely fluctuating temperatures. For example, Geiger in Jaag (1945) reported a temperature of 71.5°C (at a depth of 4 millimeters) under the rock surface during a sunny summer day. On the other hand, temperature lows below zero, particularly during winter (or during the whole year in polar regions) are quite usual. For example, Friedmann et al. (1994) found the lower temperature limit for survival of cyanobacteria (at 50% relative humidity) to be -24.5°C. In some regions, the epilithic cyanobacteria tolerate large temperature fluctuations between day and night (e.g. from -20°C to +40°C in the Atacama desert;

*e-mail: hauer@isactis.net

Wynn-Williams 2000). Strong irradiation (Büdel 1999) and the mechanical impacts of rain or falling substrate (Jaag 1945, Wynn-Williams 2000), are the other environmental factors to which epilithic organisms, in general, must adapt. They also have to protect themselves against damage caused by rapid cycles of desiccation/rehydration, and freezing/thawing. Additionally, the accessibility of liquid water, which is required by cyanobacteria, can also be a problem (Büdel & Lange 1991, Lange et al. 1993).

Epilithic aerophytic cyanobacteria are an important group of organisms in the environment. They colonize new, unsettled ecological niches around the world, including both the extremely arid parts of Antarctica (Broady 1981) and hot deserts. They also colonize new niches such as buildings, stone pits or lava fields. They settle on almost all kinds of rocky substrates including man-made concrete, mortar, and others. The microrelief is important for settlement by cyanobacteria. Microscopic cracks and grains of substrate provide partial protection against solar irradiation, mechanical protection against falling fractions of substrate or rain, and extend the availability of water due to their decreased rate of evaporation (Golubić 1967).

Epilithic cyanobacteria may actively crack the substrate and make the site accessible for other organisms. They sometimes actively modify the substrate; e.g. euendolithic cyanobacteria bore into the substrate (Golubić et al. 1981).

The diversity of epilithic aerophytic cyanobacteria has been studied in several regions around the world, yet our knowledge is still quite poor. Classical works are those by Nováček (1934), Jaag (1945) and Golubić (1967) in the temperate zone. More recently, Casamatta et al. (2002) and Pócs (2005) have also dealt with the same topic in this area. The epilithic cyanobacterial flora in the natural environment from tropical and subtropical regions has been reported by Büdel (1999) and Büdel et al. (2002), whereas Ortega-Morales et al. (2000) and Pattanaik & Adhikary (2002) reported on epilithic biofilms from buildings.

The state of knowledge on rock-inhabiting cyanobacteria in the Czech Republic (CR) is also very poor. Only the first part of the prospective (and at the time very modern) study by Nováček (1934) about the cyanobacterial flora of serpentinitic rocks in the Mohelenská hadcová steppe nature reserve has been published. Another work, dealing with the same topic and on the same locality remains unpublished (Kamišová 1995). Some information on cyanobacterial diversity upon rocky substrates is mentioned in Pascher's (1903) and Schorler's (1915) studies.

Material and methods

LOCALITIES: The sampling was carried out on rock outcrops and in quarries in South Bohemia at 30 localities; aimed at coverage of the main rock substrates in the region. Samples from dolomite, erlan, granite, granodiorite, granulite, limestone, migmatite, orthogneiss, paragneiss, serpentine and syenite were taken at localities mentioned in Table 1 and Figure 1, at least from five sites at each locality. Sites within one locality often differed in light and moisture conditions.

SAMPLING AND SAMPLE PROCESSING: Sampling was performed during 2005 and in the spring of 2006. The biomass was scraped from the substrate and the type of substrate, as well as moisture and light conditions, on semi-quantitative scales, were recorded. The scales are as follows: F - fully insolated

Table 1. List of localities sampled in this study.

Locality No.	Locality description	Latitude/longitude	Altitude [m.a.s.l.]	Substrate
1	An abandoned quarry at Chýnov near Tábor	49°25'50"N, 14°49'52"E	550	dolomite
2	Kladrubská hora Nature Reserve near Tábor	49°25'49"N, 14°50'57"E	570	limestone
3	Granátová skála Nature Monument in Tábor	49°24'43"N, 14°39'30"E	430	paragneiss with K-feldspar syenite
4	Tábor, in southern part of the town above the Lužnice river	49°24'48"N, 14°38'38"E	400	
5	Choustník Nature Reserve near Tábor	49°19'53"N, 14°51'11"E	630	orthogneiss
6	Židova strouha Nature Reserve near Bechyně	49°16'42"N, 14°27'35"E	375	orthogneiss
7	Kořensko, outcrops on the shore of the Vltava river	49°14'33"N, 14°22'51"E	440	migmatite
8	Hněvkovice, walls along the Hněvkovice reservoir	49°5'49"N, 14°27'52"E	370	orthogneiss and erlan granite
9	Landštejn, outcrops in the surroundings of the castle	49°1'24"N, 15°13'50"E	600	
10	An abandoned quarry near Trhové Sviny - granodiorite	48°50'9"N, 14°39'16"E	475	
11	Hojná voda, stones and outcrops	48°43'42"N, 14°42'54"E	880	granite
12	An abandoned quarry nearby Vidov	48°55'10"N, 14°29'53"E	445	migmatite and limestone
13	wall above the Vltava river	48°54'3"N, 14°25'16"E	450	paragneiss
14	Dívčí kámen Nature Reserve	48°53'22"N, 14°21'31"E	430	granulite
15	Holubovské hadce Nature Reserve	48°53'31"N, 14°20'27"E	470	serpentine
16	Zrcadlová huť quarry near Brloh	48°53'12"N, 14°13'55"E	770	granulite
17	Āuklov near Brloh	48°55'51"N, 14°10'59"E	700	granulite
18	Čertova stěna, Luč Nature Reserve	48°37'51"N, 14°16'42"E	630	granite
19	Dobrkovická jeskyně (cave) Nature Monument	48°49'1"N, 14°17'27"E	515	limestone
20	Muckovské vápencové lomy Nature Reserve	48°44'14"N, 14°8'37"E	810	limestone
21	Jelení vrchy in the Šumava National Park, from outcrops around the village	48°49'19"N, 13°53'54"E	995	granite
22	Stožecká skála Nature Reserve	48°52'28"N, 13°50'1"E	850	granite
23	Vitějovice near Prachatice, from outcrops around the village	49°1'40"N, 14°4'34"E	540	granulite
24	Opolenc Nature Reserve	49°5'29"N, 13°47'44"E	620	limestone
25	Pastvina u Přeštovic Nature Reserve	49°16'40"N, 13°57'11"E	415	limestone
26	Krty - Hradec near Strakonice, from outcrops in the village	49°17'29"N, 13°51'2"E	430	limestone
27	Kněží hora Nature Reserve	49°16'54"N, 13°48'27"E	425	paragneiss
28	Kadovský viklan Nature Monument	49°24'4"N, 13°47'0"E	505	granodiorite
29	Kopaniny Nature Reserve	49°26'27"N, 14°11'17"E	357	granodiorite
30	Nerestský lom Nature Reserve	49°30'28"N, 14°4'6"E	470	limestone

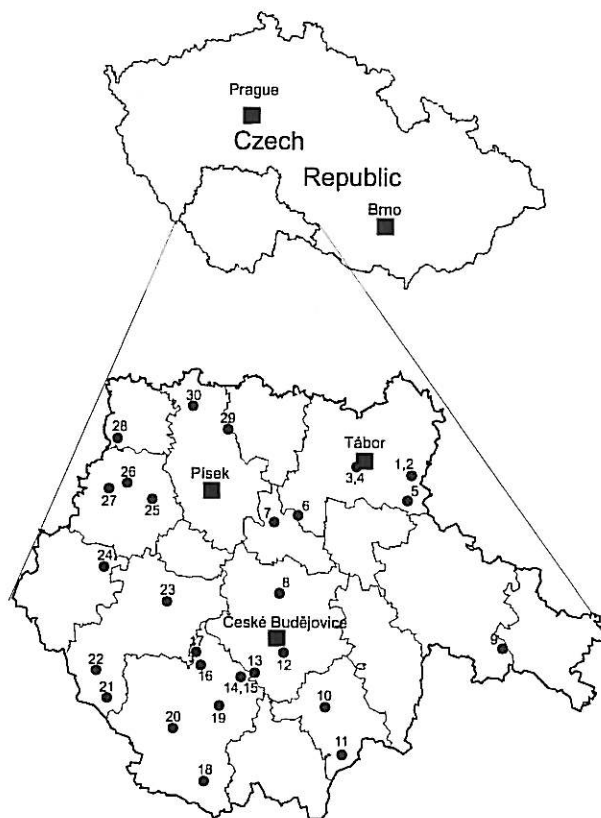


Fig. 1: Map of localities mentioned in Table 1.

whole day; P - partly shaded (insolated some part of day); S - shaded whole day; D - drippy; M - slightly moist; Y - dry (moistened by precipitations only). A piece of substrate with an epilithic community was taken, whenever possible. The collected material was split in two parts - one was left without any preservation and was examined immediately after return to the laboratory. The other part was left to dry on silica gel for the sample archive. Samples from drippy walls were preserved with 2% formaldehyde in addition to drying. Part of the fresh material was inoculated on agar plates enriched with BBM medium (Bischoff & Bold 1963) and cultivated at 22°C, 22 mmol of photons per m²s⁻¹.

Species identification of fresh, preserved samples and cultures (if available) was performed using a light microscope and basic literature (Komárek & Anagnostidis 1998, 2005 and Geitler 1932). The taxonomic position of the taxa used in Table 2 is according to CyanoDB.cz (Komárek & Hauer 2006).

Results

Thirty-five cyanobacterial morphospecies were found in this study (21 coccoid and 14 filamentous forms). Four of these are recorded for the first time within the Czech Republic. All morphospecies and their localities are listed in Table 2 (localities with no cyanobacterial record are omitted). Among them, morphospecies mentioned below

Table 2. List of morphospecies and localities of their occurrence, species new to the flora of the Czech Republic are marked with an asterisk. Localities with no cyanobacterial records have been omitted.

Species\Locality	1	2	4	5	6	12	15	19	20	24	25	26	30
Synechococcophycideae													
<i>Aphanocapsa muscicola</i> (Meneghini) Wille		+			+	+		+					
<i>Chamaesiphon polonicus</i> (Rostafiński) Hansgirg	+												
<i>Leptolyngbya</i> sp. I [short cells]	+	+		+		+				+			
<i>Leptolyngbya gracillima</i> (Zopf ex Hansgirg) Anagnostidis et Komárek		+						+					
<i>Pseudanabaena</i> sp.	+										+		
Oscillatoriophyycideae													
<i>Aphanothece castagnei</i> (Brébisson) Rabenhorst								+					
<i>Aphanothece saxicola</i> Nägeli					+								
<i>Chlorogloea microcystoides</i> Geitler										+		+	
* <i>Chroococcus spelaeus</i> Ercegović										+		+	
<i>Chroococcus tenax</i> (Kirchner) Hieronymus								+					
<i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli					+								
<i>Chroococcus varius</i> A. Braun in Rabenhorst					+				+				
<i>Cyanosarcina</i> sp.		+				+							
<i>Entophysalis atroviolacea</i> Nováček										+			
<i>Gloeocapsa alpina</i> (Nägeli) Brand													+
* <i>Gloeocapsa atrata</i> Kützing										+		+	+
<i>Gloeocapsa kuetzingiana</i> Nägeli										+		+	
<i>Gloeocapsa nigrescens</i> Nägeli in Rabenhorst		+								+	+	+	+
<i>Gloeocapsa novacekii</i> Komárek et Anagnostidis	+	+				+				+		+	+
* <i>Gloeocapsa violascea</i> (Corda) Rabenhorst		+	+			+	+			+	+	+	+
<i>Gloeocapsopsis chroococcoides</i> (Nováček) Komárek													+
<i>Gloeocapsopsis dvorakii</i> (Nováček) Komárek et Anagnostidis	+							+		+	+		
<i>Gloeocapsopsis pleurocapsoides</i> (Nováček) Komárek et Anagnostidis	+	+								+		+	+
<i>Gloeothece rupestris</i> (Lyngbye) Bornet in Wittrock et Nordstedt													+
<i>Microcoleus vaginatus</i> Gomont ex Gomont								+					
<i>Phormidium</i> cf. <i>uncinatum</i> Gomont ex Gomont						+							
Nostocophycideae													
<i>Calothrix parietina</i> Thuret ex Bornet et Flahault	+		+						+	+			
<i>Hassallia byssoidea</i> Hassall ex Bornet et Flahault	+					+	+			+			
<i>Nostoc</i> cf. <i>commune</i> Vaucher ex Bornet et Flahault													+
<i>Nostoc</i> cf. <i>microscopicum</i> Carmichael ex Bornet et Flahault										+		+	
* <i>Tolypothrix elenkini</i> Hollerbach								+		+		+	+
<i>Tolypothrix</i> sp.								+					
<i>Scytonema crustaceum</i> C. Agardh ex Bornet et Flahault										+		+	
<i>Stigonema minutum</i> (C. Agardh) Hassall ex Bornet et Flahault								+		+			
<i>Stigonema panniforme</i> (C. Agardh) Hassall ex Bornet et Flahault								+					
Total species number	8	8	2	1	5	7	8	3	2	17	3	15	6

are either new to the flora of the Czech Republic (marked with an asterisk), or were found in CR after more than 70 years, or are not completely in accordance with the literature (ecology, dimensions).

Chamaesiphon polonicus (Rostafiński) Hansgirg, Österr. Bot. Z. 37: 100, 1887.

Fig. 2g

SYNONYM: *Sphaerogonium polonicum* Rostafiński, Rozpr. Spraw. Posiedzeń Wydz. Mat.-Przyr. Akad. Umiejetn. Krakow. 10: 299, 1883 (basionym);

Microscopic flat colonies of clustered cells among other cyanobacteria. Cells spherical to oval, longer than wide, $5-7 \times 3-5 \mu\text{m}$, pale green, with one distinctive granule. Sheath rusty, thick, opened and frayed at apical ends. Exocytes $2 \mu\text{m}$ in diameter, sometimes attached to mother cell sheath.

Rarely found in the region, in subaerophytic biotopes. It was only found on limestone, on partly shaded, drippy rock wall.

LOCALITY: 1.

NOTE: The species usually occurs on stones in clear oligo- or stenothermal running waters.

Chlorogloea microcystoides Geitler, Arch. Protistenk. 51: 357, 1925. Fig. 3g

Microscopic to macroscopic amorphous colonies, gelatinous sheath, colourless to yellowish. Cells spherical to ellipsoidal, $3,5-4,0 \mu\text{m}$ in diameter, olive-green, irregularly arranged in the colony. Some cells have an individual envelope. Nanocytes were not observed.

Rarely found in the region, in subaerophytic biotopes. It was only found on limestone, on partly shaded, wet rock walls.

LOCALITIES: 24, 26.

NOTE: The species usually occurs on benthic stones and the splash zone of clear calcareous alpine streams. Its occurrence in the Czech Republic was first mentioned by Nováček (1934); this current record is the second report from the Czech Republic after more than 70 years.

***Chroococcus spelaeus** Ercegović, Acta Bot. Inst. Univ. Zagreb 1: 76, 1925.

Figs 2a, 3e

Microscopic, 2-4-celled colonies. Cells spherical to hemispherical, $20-27 \mu\text{m}$ in diameter, slightly granulated, olive-green. The slime envelope is $5-8 \mu\text{m}$ thick, not lamellate, colourless.

Rare in the region. It was found between filaments of *Tolypothrix elenkinii* on a limestone wall with mosses, partly shaded, moist to wet.

LOCALITIES: 24, 26 - first published record from the Czech Republic.

NOTE: Morphospecies was first described from a wet wall in Croatia. Slime envelopes sometimes thicker than in original description.

Chroococcus tenax (Kirchner) Hieronymus, Beitr. Biol. Pflanzen 5 (3): 483, 1892.
Fig. 2b

SYNONYM: *Chroococcus turgidus* var. *tenax* Kirchner, Alg. Schles.: 262, 1878 (basionym).

Microscopic, 2-4-celled colonies. Cells spherical to hemispherical, 10 µm in diameter, slightly granulated, olive-green. The slime envelope is colourless, thin, distinctly lamellate and delimited.

Rare in the region. It was found in a moist spot inside a small limestone cave with shaded (S) light conditions.

LOCALITY: 19.

NOTE: Cells of investigated material are slightly smaller than those mentioned in the literature.

Entophysalis atrovioleacea Nováček, Práce Morav. přír. společn. (Acta Soc. Sci. Natur. Moravicae) 7(3): 1-12, 1932; Fig. 3f

Microscopic, many-celled, slimy, bladder-shaped, polarized colonies attached to the substrate, dirty violet to blackish, sometimes composed of smaller sub-colonies. Cells spherical to subspherical, 4-7 µm in diameter, olive-green, sometimes with individual envelopes. Cells are sometimes arranged in rows.

Rare in the region. It was found on limestone, in a partly shaded, moist outcrop.

LOCALITY: 24.

NOTE: This morphospecies was firstly described by Nováček (1932) from serpentinic rock in western Moravia (Czech Republic); this record is on different substrate.

***Gloeocapsa atrata** Kützing, Phyc. Gener.: 174, 1843. Figs 2d, 3a

Microscopic, later macroscopic, dirty gray, slimy colonies, in peripheral parts with distinctly delimited sub-colonies. Cells spherical, olive-green, 3-6 µm in diameter. Cells in peripheral part of colony arranged in 2-4-celled sub-colonies with delimited, violet to grayish, granulated envelopes.

Relatively common in the region. Occurs on limestone on shaded, slightly moist to wet walls and outcrops, especially with mosses.

LOCALITIES: 24, 26, 30 - first published record from the Czech Republic.

Gloeocapsa novacekii Komárek et Anagnostidis, Preslia 67: 19, 1995. Fig. 3b

Microscopic, more or less spherical slimy colonies composed of 2-4-celled sub-colonies, coloured red of different intensities, often granulated. Cells spherical, olive-green, 4-8 µm in diameter.

Common in the region. It occurs on limestone walls and outcrops that are fully insolated or partly shaded, periodically moistened.

LOCALITIES: 1, 2, 12, 24, 26, 30.

NOTE: Described from serpentinic rocks in western Moravia (Czech Republic); this record is on different substrate.

***Gloeocapsa violascea** (Corda) Rabenhorst, Fl. Eur. Algar. 2: 41, 1865. Fig. 2c

SYNONYM: *Protococcus violasceus* Corda in Sturm, Deutsch. Fl. II., 6: 37, 1833 (basionym);

Microscopic, spherical slime colonies composed of 2-4 celled subcolonies, dirty gray to dirty violet of different intensities, often slightly granulated. Cells spherical, 3-4 μm in diameter.

Common in the region. It occurs on limestone, serpentine, syenite (rarely paragneiss) walls and outcrops, fully shaded, slightly moistened.

LOCALITIES: 2, 4, 12, 15, 24, 25, 26, 30.

NOTE: Morphospecies also occurs on wet concrete walls of the outflow constructions of ponds and reservoirs in the neighbourhood of town Třeboň (Komárek, pers. comm., author's personal experience).

Gloeocapsopsis chroococcoides (Nováček) Komárek, Bull. Natl. Sci. Mus. Tokyo, Ser. B (Bot.) 19: 24, 1993. Fig. 3c

SYNONYM: *Gloeocapsa chroococcoides* Nováček in Podpěra (ed.): Mohelno. - Arch. Svazu pro ochranu přírody a domoviny v zemi Moravskoslezské 3a: 100, 139, 1934 (basionym).

Microscopic, spherical to irregular colonies, often composed of subcolonies. Cells irregularly spherical, oval or polygonal, 10-15(-18) μm in diameter, green. Cell envelopes closely follow the outline of the cell and are colourless or pale green to blackish, sometimes also slightly reddish to violet; sometimes granulated.

This species is rare in the region. It occurs on partly shaded, periodically moistened limestone.

LOCALITY: 26.

NOTE: Some cells of investigated material are larger and envelopes sometimes coloured in a different way than in original description. Described from serpentinic rocks in western Moravia (Czech Republic); this record is on different substrate.

Gloeocapsopsis dvorakii (Nováček) Komárek et Anagnostidis, Arch. Hydrobiol. Suppl. 73,2/Algol. Stud. 43: 191, 1986. Fig. 3d

SYNONYM: *Gloeocapsa dvorakii* Nováček, Zprávy Komis. přír. výzk. Moravy a Slezka, Oddíl. Bot. 7: 1-11, 1929 (basionym).

Microscopic, spherical, gelatinous colonies up to 120 μm in diameter. Cells irregularly spherical, oval or polygonal, 6-10 μm in diameter. Cell envelopes closely follow the outline of the cell and are coloured in different intensities of orange-red; sometimes granulated.

This species is relatively common in the region. It occurs on partly shaded, periodically moistened limestone, or serpentine walls and outcrops.

LOCALITIES: 1, 15, 24, 25.

NOTE: Collected material was found on serpentine as after description, but also on limestone.

Gloeocapsopsis pleurocapsoides (Nováček) Komárek et Anagnostidis, Arch. Hydrobiol. Suppl. 73,2 / Algal. Stud. 43: 191, 1986. Figs 2e, 2f

SYNONYM: *Gloeocapsa pleurocapsoides* Nováček in Podpěra (ed.): Mohelno. - Arch. Svazu pro ochranu přírody a domoviny v zemi Moravskoslezské 3a: 93, 133, 1934 (basionym).

Microscopic, later macroscopic, spherical to amorphous gelatinous colonies, coloured in different intensities of brownish-yellow. Cells spherical, oval to irregular, 4-8 µm in diameter. The species also occurs in the form of dense packs of brownish polygonal cells within a thin, firm envelope.

Common in the region, also on man-made walls. It occurs on partly shaded, periodically moistened limestone, or serpentine walls and outcrops.

LOCALITIES: 1, 2, 24, 26, 30.

NOTE: Morphospecies also occurs commonly on wet concrete walls (author's personal experience).

Hassallia byssoidea Hassall ex Bornet et Flahault, Ann. Sci. Nat. Bot., Ser. 7, 5: 116, 1887. Fig. 2i

SYNONYMS: *Scytonema byssoideum* C. Agardh, Disp. Alg. Suec.: 39, 1812 - pre-starting point synonym

Tolypothrix byssoidea (C. Agardh) Kirchner in Engler et Prantl, Natürl. Pflanzenfam. 1 (1A): 80, 1900;

Falsely branched with solitary lateral branches, heteropolar, filaments in brownish sheaths, sometimes arranged in macroscopic, dark green mats. Trichomes clearly constricted at the cross walls, not attenuated towards the ends. Sheaths up to 4 µm wide, narrowing towards the ends. Cells short barrel-shaped, 8-11 µm wide, 2-3× wider than long, apical cells subspherical. Heterocytes hemispherical to oval, 11 × 5-6 µm.

Common in the region. It occurs on limestone, or serpentine walls and outcrops, that are partly shaded, periodically moistened to slightly moist.

LOCALITIES: 1, 12, 15, 24.

NOTE: The occurrence of this species in the Czech Republic was first reported by Nováček (1934) from rock in the Mohelenská hadcová steppe nature reserve, but mentioned in a list of species only, without any additional information. No other published sources mention this species, yet recent reports from Mohelno (Kamišová unpublished); Znojmo (Komárek pers. comm.) - rocks in river Dyje valley; Boreč hill in north Bohemia (Škaloud pers. comm.) and the author's personal experience show that the species is more widespread.

***Tolypothrix elenkinii** Hollerbach, Bot. Mater. Inst. Sporov. Rast. Glavn. Bot. Sada R.S.F.S.R. 2 (12): 183, 1923. Figs 2j, 2k, 3h

Falsely branched heteropolar filaments with up to 7 µm thick yellow sheaths. Cells 4-7 µm wide, about 2× wider than long, olive-green; trichomes heteropolar with

rounded ends. Heterocytes basal, spherical to hemispherical, 8-10 µm in diameter. Relatively common in the region. It occurs on limestone walls and outcrops, fully insolated to partly shaded, periodically moistened.

LOCALITIES: 15, 24, 26, 30 - first published record from the Czech Republic.

NOTE: Morphospecies occurs in two forms: "shrub" form (Fig. 2j) - more than one trichome might be in one sheath, ends of sheaths not rounded; "tube-like" form (Fig. 2k) with just one trichome per sheath, ends of sheaths rounded. Occurs also commonly on artificial stone substrates.

Scytonema crustaceum C.Agardh ex Bornet et Flahault, Ann. Sci. Nat. Bot., Ser. 7, 5: 107, 1887. Fig. 2h

SYNONYMS: *Scytonema crustaceum* C.Agardh, Sys. Alg.: 39, 1834 (basionym); *Petalonema crustaceum* Kirchner in Engler et Prantl, Natürl. Pflanzenfam. I (1A): 79, 1900.

Falsely branched, uniseriate filaments, 16-24 µm wide with brown sheath. Cells 7-11 µm wide, shorter than wide, olive-green. Heterocytes intercalar, oval to hemispherical, 11 µm wide, 5-7 µm long; trichomes isopolar. Before creation of a false branch, it forms long loops.

Rather rare in the region. It was found on a limestone wall and outcrop, partly shaded, periodically moistened.

LOCALITIES: 24, 26.

NOTE: This morphospecies was firstly reported by Pascher (1903) from the area of the present Šumava National Park (Czech Republic); this current record is the second, after more than 100 years.

Discussion

Most of the morphospecies in this study prefer non-acidic substrates. No cyanobacterium was found on granites, metagranites and migmatites. This is interesting in comparison with reports published, e.g. by Jaag (1945) from Switzerland or Büdel et al. (2002) from Brazil who mentioned 40 and 16 morphospecies on granitic substrates.

Generally, diversity of rock-inhabiting cyanobacteria growing on natural substrates in the region is lower in comparison with past studies. This might be caused by the relatively low number of biotopes - the prevailing types are dry walls and outcrops. Substrates, which are wet for an extended time and which according to the literature host many species, are not present in the region. Lack of such substrates may also explain higher diversity of coccoid (21 morphospecies) than of filamentous types (14 morphospecies). This is in accordance with records of Büdel et al. (2002), who found more filamentous (10) than coccoid (6) morphospecies in Atlantic rainforest in Brazil.

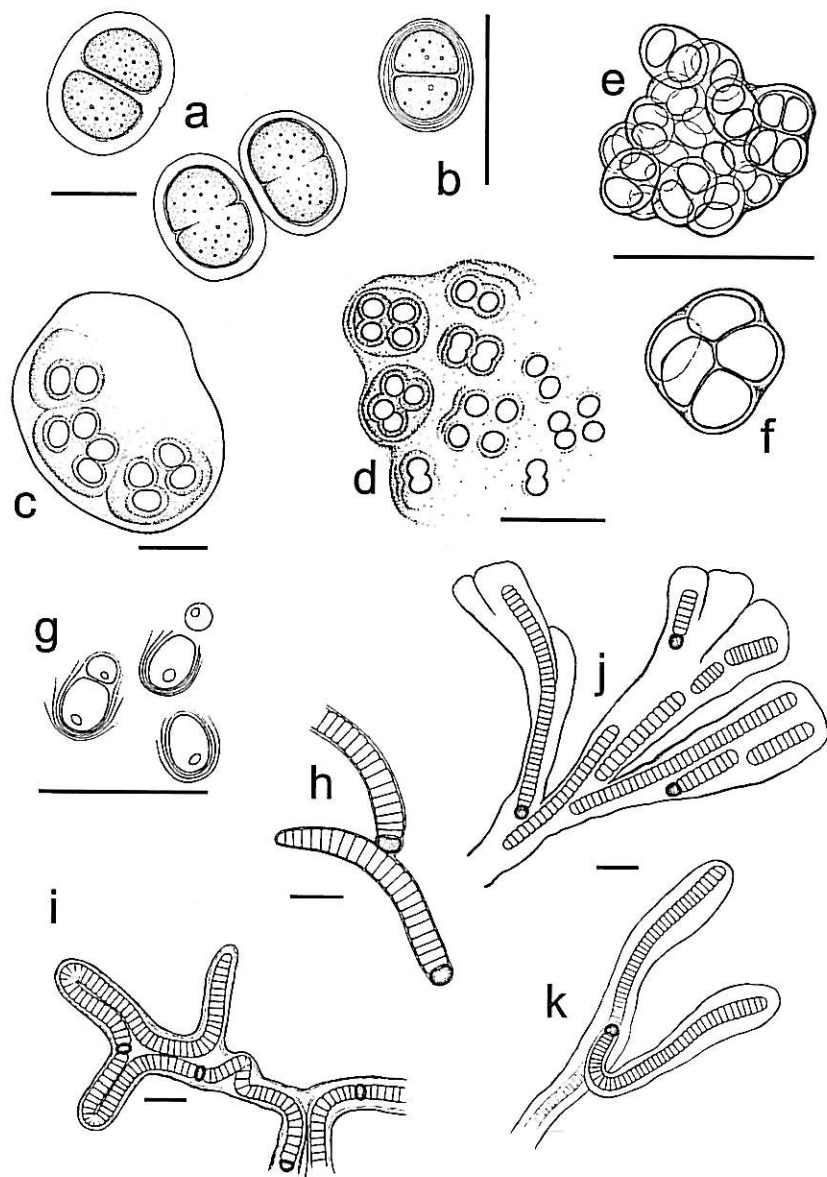


Fig. 2: a - *Chroococcus spelaeus*; b - *Chroococcus tenax*; c - *Gloeocapsa violascea*; d - *Gloeocapsa atrata*; e, f - *Gloeocapsopsis pleurocapsoides*; g - *Chamaesiphon polonicus*; h - *Scytonema crustaceum*; i - *Hassallia byssoidea*; j, k - *Tolypothrix elenkinii* [Bars = 20 μ m].

Acknowledgements

The study was supported by Ministry of Education of the Czech Republic, projects FRVŠ 2221/2005 and MSM6007665801. The author is indebted to Professor Jiří Komárek (University of South

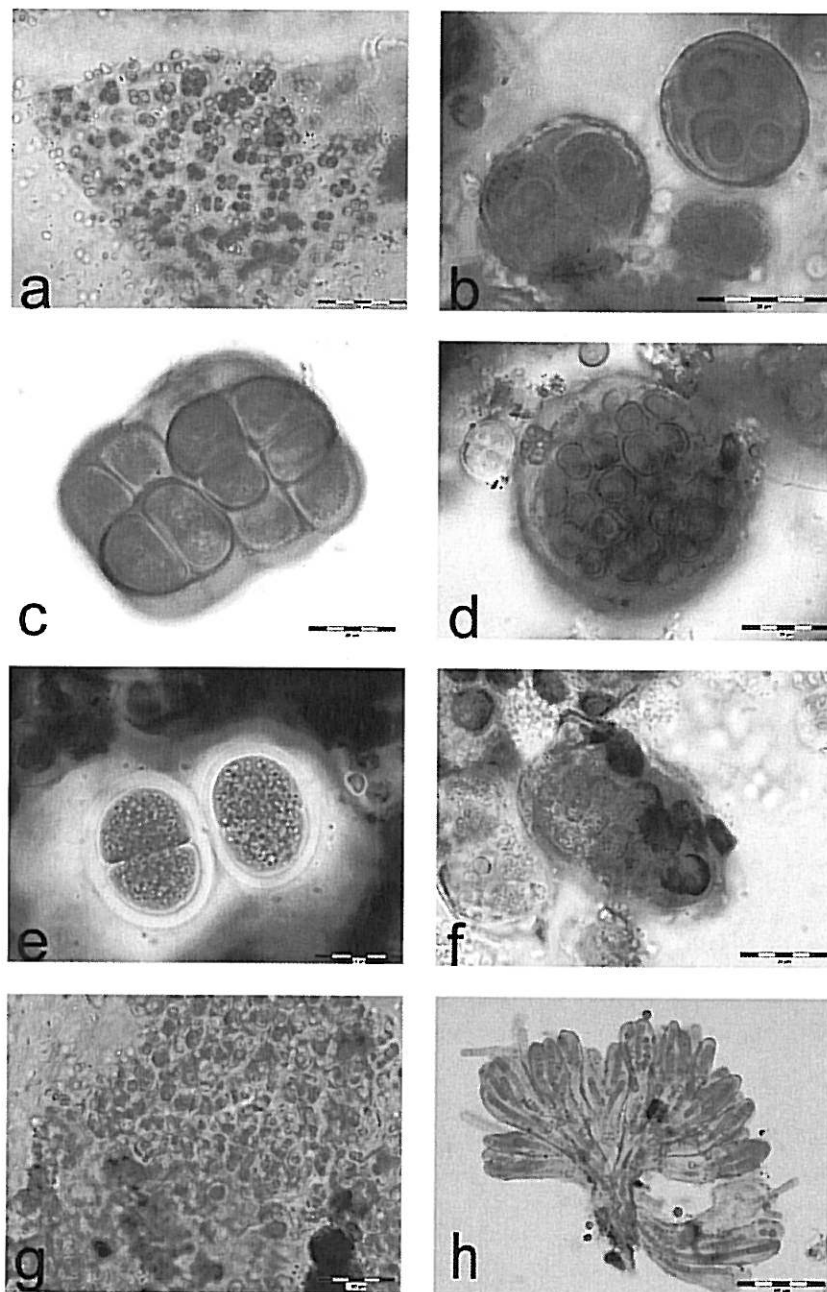


Fig. 3: a - *Gloeocapsa atrata* [Bar = 50 μm]; b - *Gloeocapsa novacekii* [Bar = 20 μm]; c - *Gloeocapsopsis chroococcoides* [Bar = 20 μm]; d - *Gloeocapsopsis dvorakii* [Bar = 40 μm]; e - *Chroococcus spetaeus* [Bar = 20 μm]; f - *Entophysalis atrovioacea* [Bar = 20 μm]; g - *Chlorogloea microcystoides* [Bar = 40 μm]; h - *Tolypothrix etenkinii* [Bar = 100 μm].

Bohemia) for help with the determination of problematic materials and for valuable comments on this manuscript. The author also thanks Ms. Markéta Krautová for preparation of the drawings and anonymous reviewers for comments leading to improvement of the manuscript.

References

- BISCHOFF, H.W. & H.C. BOLD (1963): Phycological studies. IV. Some soil algae from Enchanted Rock and related algal species. - Univ. Texas Publ. **6318**: 1-95.
- BROADY, P.A. (1981): The ecology of chasmoendolithic algae at coastal locations of Antarctica. - *Phycologia* **20**: 259-272.
- BÜDEL, B. (1999): Ecology and diversity of rock-inhabiting cyanobacteria in tropical regions. - *Eur. J. Phycol.* **34**: 361-370.
- BÜDEL, B. & O.L. LANGE (1991): Water status of green and blue-green phycobionts in lichen thalli after hydration by water vapour uptake: do they become turgid? - *Bot. Acta* **104**: 361-366.
- BÜDEL, B., H.-M. WEBER, S. POREMBSKI & W. BARTHLOTT (2002): Cyanobacteria of inselbergs in the Atlantic rainforest zone of eastern Brazil. - *Phycologia* **41**: 498-506.
- CASAMATTA, D.A., R.G. VERB, J.R. BEAVER & M.L. VIS (2002): An investigation of the cryptobiotic community from sandstone cliffs in southeast Ohio. - *Int. J. Pl. Sci.* **163**: 837-845.
- FRIEDMANN, E.I., A.Y. DRUK & C.P. MCKAY (1994): Limits of life and microbial extinction in the Antarctic desert. - *Antarc. J.U.S.* **29**: 176-179.
- GEITLER, L. (1932): Cyanophyceae. - In: L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz **14**: 1-1196. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- GOLUBIĆ, S. (1967): Algenvegetation der Felsen. - In: ELSTER, H.J. & W. OHLE (eds): Die Binnengewässer **23**: 1-183. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- GOLUBIĆ, S., I. FRIEDMAN & J. SCHNEIDER (1981): A lithobiotic niche, with special reference to microorganisms. - *J. Sediment. Petrol.* **51**: 475-478.
- JAAG, O. (1945): Untersuchungen über die Vegetation und Biologie der Algen des nackten Gesteins in den Alpen, im Jura und im Schweizerischen Mittelland. - *Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz* **9** (3): 1-560. Bührler & Co., Bern.
- KAMIŠOVÁ, P. (1995): Aerofytní mikrovegetace rezervace Mohelenská hadcová step. [Aerophytic microvegetation of Mohelenská hadcová steppe nature reserve.] - Manuscript, Třeboň, 16 pp.
- KOMÁREK, J. & K. ANAGNOSTIDIS (1998): Cyanoprokaryota, 1. Teil/ 1st Part: Chroococcales. - In: Ettl, H., G. Gärtner, H. Heynig & D. Mollenhauer (eds): Süßwasserflora von Mitteleuropa **19/1**: 1-548. Gustav Fischer, Jena.
- KOMÁREK, J. & K. ANAGNOSTIDIS (2005): Cyanoprokaryota, 2. Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales. - In: BÜDEL, B., L. KRIENITZ, G. GÄRTNER & M. SCHAGERL (eds): Süßwasserflora von Mitteleuropa **19/2**: 1-759, Elsevier/Spektrum Akademischer Verlag, München.
- KOMÁREK, J. & T. HAUER (2004): CyanoDB.cz - On-line database of cyanobacterial genera (state May 2006). - Available online at <http://www.cyanodb.cz>
- LANGE, O.L., B. BÜDEL, A. MEYER & E. KILIAN (1993): Further evidence, that activation of net photosynthesis by dry cyanobacterial lichens requires liquid water. - *Lichenologist* **25**: 175-189.
- NOVÁČEK, F. (1932): *Entophysalis atrovioleacea* Nčk., nový druh rodu *Entophysalis* - ad interim. (De nova specie generis *Entophysalis* - *Entophysalis atrovioleacea* Nčk. notula.) - *Práce Morav. přír. společn.* (Acta Soc. Sci. Natur. Moraviae) **7** (3): 1-12.

NOVÁČEK, F. (1934): Epilithické sinice serpentínů mohelenských. [Additamentum ad oecologiam morphologiamque Cyanophycearum ad rupes serpentinas prope Mohelno Moraviae occidentalis epilithice habitantium.], Pars I: Chroococcales. - In: PODPĚRA, J. (ed.): Mohelno. Arch. Svazu pro ochranu přírody a domoviny v zemi Moravskoslezské, Brno 3a: 1-178.

ORTEGA-MORALES, O., J. GUEZENNEC, G. HERNÁNDEZ-DUQUE, C.C. GAYLARDE & P.M. GAYLARDE (2000): Phototrophic biofilms on ancient Mayan buildings in Yucatan, Mexico. - *Curr. Microbiol.* **40**: 81-85.

PASCHER, A. (1903): Zur Algenflora des südlichen Böhmerwaldes. - *Lotos* **23**: 161-211.

PATTANAIK, B. & S.P. ADHIKARY (2002): Blue-green algal flora at some archaeological sites and monuments of India. - *Feddes Repert.* **113**: 289-300.

PÓCS, T. (2005): Aerophytic cyanobacteria from the Mții Apuseni (Romanian western Carpathians, Transylvania), I. The epilithic crusts at the entrance of Huda lui Papară Cave. - *Kanitzia* **13**: 99-108.

SCHORLER, B. (1915): Die Algenvegetation an den Felswänden des Elbsandsteingebirges. - *Sitzungsber. Abh. Naturwiss. Ges. Isis Dresden* **1914**: 3-27.

WYNN-WILLIAMS, D.D. (2000): Cyanobacteria in deserts - Life at the limit?. - In: WHITTON, B.A. & M. POTTS (eds): *Ecology of cyanobacteria*: 341-366. Kluwer Academic Publishers, Boston.

Received 30 August 2006, accepted in revised form 11 April 2007.

THREE RARE CYANOBACTERIAL SPECIES IN NATIONAL PARK PODYJÍ

TŘI VZÁCNÉ CYANOBAKTERIÁLNÍ DRUHY Z NÁRODNÍHO PARKU PODYJÍ

Jiří K o m á r e k, Tomáš H a u e r

*Institute of Botany AS CR Dukelská 135, CZ-379 82 Třeboň and University of South Bohemia,
Faculty of Biological Sciences, Branišovská 31, CZ-37005 České Budějovice, Czech Republic*

Abstract: During the investigation of algal and cyanobacterial microflora of Podyjí National Park were found three rare species of heterocytous cyanobacteria, *Hassallia byssoidea*, *Petalonema crustaceum* and *Nostoc parmelioides*. All these species are sensitive to pollution and their occurrence is restricted. Our results confirmed, that protected areas and national parks can be suitable refugia for endangered cyanobacterial species. The description of our populations and discussion about their ecology and distribution are included in our article.

Key words: Heterocytous cyanobacteria, taxonomy, ecology, distribution, endangered species.

INTRODUCTION

Easy transport of diaspores and wide areas of distribution were commonly supposed in cyanobacteria. However, the modern investigations proved the strictly delimited areas of distribution in dependence on restricted ecological demands of different morphotypes. The habitats with specialised environmental conditions contain particularly characteristic assemblages of cyanobacterial types.

Protected areas and nature reserves are suitable sites for refugia of ecologically distinct and endangered cyanobacterial eco- and morphotypes under conditions of central Europe. The Podyjí National Park has several attractive habitats, where rare and endangered species of microalgae and cyanobacteria can occur. Particularly endangered species of algae are ecologically closely connected with localities destroyed in populated areas, which are under impact of increasing eutrophication of the biosphere. The small eutrophic ponds and fields at the edge of Podyjí NP and the artificial Znojmo reservoir on the river Dyje are the localities with lot of common and widely distributed species. However, there exist also large protected biotopes, which contain several rare species in the area of National Park. The advantage of such localities is particularly just their localisation in large protected area, where the direct impact of critical localities is filtered by unpolluted marginal regions.

The following habitats belong particularly among valuable refugia with rare microflora:

(i) Pools, small ponds and periodical water bodies in forested areas, and on the boundary between forest and natural grasslands and fields. Rare phytoflagellates, especially Chryomonads and few members of Charophytes were found in such localities. The submersed water vegetation is colonized by several interesting epiphytic species of green algae and cyanobacteria.

(ii) The part of the river Dyje between the dam of the Vranov-reservoir and the stagnant Znojmo-reservoir has a special character, and it is particularly valuable as a habitat for rare and ecologically important species of microflora. The stenotherm cold water flowing out from the near bottom layers of Vranov-reservoir, the morphology of steep, forested and canyon-like shores of the river and its stony river bed characterise the special and unique habitat, enabling formation of specialised communities, which can be compared with similar biotopes in mountain rivers of Alps and Carpathians. However, the locality of Dyje River in Podyjí NP is unique by its distinct lower altitude, which provides an extraordinary value to this ecosystem.

(iii) Podyjí National Park is characterised by the special composition of forests, which are continually and purposely recultivated to original state of species composition. The comparison of soil algal microflora is dependent on the substrate, but also on the composition of the forest communities. The soil microalgal vegetation is almost unknown in Podyjí, the study of the changes in microvegetation during the process of the renovation of forests would be extremely important.

(iv) The central valley of Dyje river with its numerous rocky walls and far from the inconvenient impact of air (and other) pollution is a perfect and convenient habitat for rare and vanishing sensitive species adapted to epilithic and endolithic life strategy. The preliminary investigations confirm the specificity of these habitats, particularly on periodically wetted rocks in lower parts of the valley near the water-level of the river. The ecological significance of the epilithic microflora (esp. cf. cyanobacteria) is its function as first colonisers of stony substrates and participation on their erosion. The epilithic species are adapted to extreme fluctuation of temperature, insolation and desiccation, and represent a very sensitive and ecologically valuable assemblages in rocky ecosystems.

In our article are presented three rare cyanobacterial species, for which the National Park Podyjí represent an extremely valuable and characteristic refugium. Two species, *Hassallia byssoidea* and *Petalonema crustaceum* were found in epilithic habitats, one species, *Nostoc parmelioides* is typical for cold-stenotherm, not polluted streaming waters. All three species belong to rare species, the occurrence of which is endangered and restricted in few protected areas in Czech Republic.

METHODS

The samples were collected in selected localities in Podyjí National Park irregularly over the vegetation seasons in the years 2003–2006. The sampling sites were directly in the stream of Dyje River and on stony walls and outcrops in the valley. The

biomass of aerophytic epilithic communities was scratched from the substrate to microtubes and left to dry. Samples of submersed epilithic communities were scratched to the tubes filled with water from the sampling site and preserved with 4% formaldehyde.

The unpreserved material was cultivated on solidified BG11 medium with 12/12 light/dark regime at for ten days at 22°C, 22 μmol . of photons per $\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. All material was examined on light microscope Olympus BX51 and documented by photographs using digital camera Olympus C5060WZ, and by line drawings.

RESULTS

Hassallia byssoidea [Agardh 1812] ex Bornet et Flahault, Ann. Sci. Nat. VII, Bot. 5: 116, 1887 (Fig. 1).

Syn.: [*Scytonema byssoideum* Agardh, Disp. Alg. Suec., p. 39, 1812.]

Tolypothrix byssoidea Kirchner in Engler et Prantl, Natürl. Pflanzenfam. 1 (1A): 80, 1900.

Description: Falsely branched filaments with solitary lateral branches, heteropolar, uniseriate. Filaments in brownish or brownish sheaths, sometimes arranged in macroscopic, dark green mats. Trichomes clearly constricted at the cross walls, not attenuated towards the ends. Sheaths up to 4 μm wide, narrowing towards the ends. Cells olive-green, short barrel-shaped, 8–11 μm wide, 2–3 \times wider than long, apical cells subspherical. Heterocytes basal, hemispherical to oval, 11 \times 5–6 μm .

Ecology: Grows subaerophytically on wet, slightly alkaline rocks, in fissures, in not polluted regions.

Distribution: *H. byssoidea* is registered from numerous tropical and temperate regions, however, the confirmed data are only from temperate zone of North hemisphere. The revised localities are few, and the area of distribution is not well known. In Czech Republic (Fig. 2) is *H. byssoidea* known on seven localities, from which are five in various protected areas. One from these populations is taxonomically uncertain (a special morphotype). – In Podyjí NP grows on one locality on rocks in the valley of Dyje River near Znojmo town.

Petalonema crustaceum Kirchner in Engler et Prantl, Natürl. Pflanzenfam. 1 (1A): 79, 1900 (Fig. 3).

Syn.: *Scytonema crustaceum* [Agardh 1824] ex Bornet et Flahault, Ann. Sci. Nat. VII, Bot. 5: 107, 1887.

Description: Falsely branched, uniseriate filaments, 16–24 μm wide, with wide, lamellated, yellowish-brown to brown sheath, closed at the apex. Trichomes cylindrical, slightly constricted at cross walls, clearly widened towards ends. Cells 7–11 μm wide, approximately 1,3–2 \times wider than long, olive-green; terminal cells widely rounded. Heterocytes intercalary, oval to hemispherical, 11 μm wide, 5–7 μm long; trichomes isopolar. Before creation of a branch, it forms long loops.

Ecology: On wet calcareous rocks.

Distribution: In old literature considered to be cosmopolitan, but confirmed localities are known from Europe only. – In Czech Republic known from three localities,

two in South Bohemia near Strakonice, and from limestone blocks near Čížov in Podyjí NP.

Nostoc parmelioides [Kützing 1843] ex Bornet et Flahault, Ann. Sci. Nat. VII, Bot. 7: 219, 1888 (Fig. 4).

Description: More or less spherical, macroscopic colonies, brownish, with smooth surface, up to 2 cm in diameter, attached to the substrate, with firm periderm. Filaments irregularly coiled, inside of a colony entangled or slightly fasciculated and apparently radially arranged, more densely agglomerated near the surface of a colony. Mucilage inside colonies colourless, at the periphery yellowish-brownish, wide sheaths visible only indistinctly near the colonial margin. Cells barrel-shaped up to almost spherical, 3–4.5 μm wide. Heterocytes spherical or slightly oval, terminal or intercalary, 3.2–4.8 μm in diameter. Akinetes not observed.

Ecology: Typical cold-stenotherm species, occurring exclusively in mountain clear rheocrenes, large alpine streams and in littoral of lakes and mountain pools with stony bottom, at not calcareous substrates.

Distribution: Considered as widely distributed by old authors, but after revision of Mollenhauer (1985, 1999) were defined exactly the morphological characters and recognised the ecology of this species. Numerous data about other ecology of this species, particularly from tropical regions, are incorrect (cf., e.g., Frémy 1930, sec. Geitler 1932). The confirmed localities are from Alps, Pyrenees, North Europe, and few other mountainous areas in Europe (Carpathians, known locality from high Tatra Mountains, Slovakia); the localities outside Europe should be revised. – In Czech Republic only one proved locality from NP Podyjí, where it grows attached to stones on the bottom of Dyje River in the part between Vranov and Znojmo, mainly in the vicinity of weirs.

DISCUSSION

The epilithic flora of Cyanobacteria is commonly little known (cf. Hauer submitted). There were published only three studies from the first 50 years of the 20th century from the area of the Czech Republic (Pascher 1903, Schorler 1915, Nováček 1934). The most interesting study is the monographic review of unicellular blue-green algae (cyanobacteria) by Nováček (1934), who investigated carefully the subaerophytic vegetation from serpentine rocks of the nature reserve "Mohelenská step". His study was very modern and prospective in that time, but, unfortunately remained in torso after the death of the author during the 2nd world war. The epilithic microvegetation is ecologically important and should be now urgently revised in the light of modern cyanobacterial classification, based on the "polyphasic" approach (combined molecular, ecophysiological, biochemical and phenotypic evaluation). The population of *Hassallia byssoidea* from Podyjí NP was used to the solution of generic taxonomy of the related genera *Tolypothrix* – *Hassallia* – *Petalonema*.

The example of *Nostoc parmelioides* is characteristic for modern studies of cyanobacterial diversity. Almost all heterocytous genera should be taxonomically and ecologically revised (Komárek & Anagnostidis 1989). *N. parmelioides* was described in the first period of cyanobacterial research (Kützing 1843) and misinterpreted and used by numerous later authors in different concepts. The careful revision by

Mollenhauer (1966, 1985–1986) enabled the identification in the original sense. This study confirmed also perfectly the importance of ecology and microecology for different cyanobacterial types. The occurrence of *N. parmelioides* in Dyje River is unexpected, but it is quite in agreement with the ecological demands of this species.

Our study confirmed the specificity of algal microalgae in protected areas, and importance of NP Podyjí (and other protected areas) for endangered species of microflora.

SOUHRN

Moderní výzkumy prokázaly, že i u mikroskopických rostlin a u cyanobakterií existuje úzká závislost jednotlivých genotypů na ekologických podmínkách. Většina druhů nemá proto kosmopolitní rozšíření jak bylo dříve předpokládáno a je vázána na specifické ekologické podmínky. Bylo zjištěno, že u prokaryotních cyanobakterií existují podobné typy a mnohé z nich jsou ohroženy ničením specifických zejména extrémních biotopů. Chráněná území a národní parky jsou proto důležitými refugii těchto ohrožených druhů řas a cyanobakterií.

Během výzkumu flóry mikroskopických řas a cyanobakterií v Národním parku Podyjí byly nalezeny tři vzácné druhy heterocytózních sinic, *Hassalia byssoidea*, *Petalonema crustaceum* a *Nostoc parmelioides*. Všechny tyto druhy jsou citlivé na znečištění a jejich výskyt je tedy stále vzácnější. První dva druhy žijí subaerofyticky na periodicky zavlažovaných skalách. *H. byssoidea* je známa z ČR pouze z sedmi lokalit, z nichž pět je v chráněných územích. *P. crustaceum* byla u nás zjištěna dosud jen na třech lokalitách. *N. parmelioides* je druh vázaný na stenotermní chladné toky a prameniště většinou v horských oblastech a počet lokalit je omezen pouze na několik desítek. Nález v úseku Dyje mezi Vranovskou a Znojenskou přehradou je proto unikátní a jediný na území ČR.

V článku je dokumentace všech tří druhů z našeho území a popis populací studovaných z NP Podyjí.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors are indebted to Podyjí National Park Administration for the support of our studies. The study was supported by the grant projects AV0Z60050516 and MSM6007665801.

REFERENCES

- BACKHAUS D. (1976): Beiträge zur Ökologie der benthischen Algen des Hochgebirges in den Pyrenäen II. Cyanophyceen und übrige Algengruppen. – Int. Rev. Ges. Hydrobiol., 61: 471–516.
- ELENKIN A. S. (1938, 1949): Monographia algarum cyanophycearum aquidulcium et terrestrium in finibus URSS inventarum. [Sinezelenye vodorosli SSSR.] – Izd. AN SSSR, Moskva–Leningrad, 1–2(1–2): 1–1908. [in Russian, Latin diagnoses and descriptions.]
- FRÉMY P. (1930): Les Myxophycées de l'Afrique équatoriale française. – Arch. Bot., 2: 1–507.
- GEITLER L. (1932): Cyanophyceae. – In: Rabenhorst's Kryptogamenflora, Akad. Verlagsges, Leipzig (1932), 14, 1–1196.
- HAUER T. (submitted): Rock-inhabiting cyanoprokaryota in South Bohemia (Czech Republic). – Nova Hedwigia.
- JOHANSSON C., KRONBORG L. (1975): Attached algae in running waters. – Medd. Växtbiol. Inst. Uppsala, 1975(6): 40 pp.
- JOHANSSON C., KRONBORG L., THOMASSON K. (1977): Attached algal vegetation in running waters. – Exc. Bot. Sec. B., 16: 126–178.
- KOMÁREK J., ANAGNOSTIDIS K. (1989): Modern approach to the classification system of cyanophytes 4 – *Nostocales*. – Arch. Hydrobiol./Algolog. Stud., Stuttgart, 56: 247–345.
- KÜTZING F.T. (1843): Phycologica generalis. – Brockhaus, Leipzig.

- MOLLENHAUER D. (1966): Beiträge zur einer Revision der Gattung *Nostoc* unter besonderer Berücksichtigung der Art *Nostoc pruniiforme*. – Doctoral thesis [ms. depon. in University of Kiel 239 pp].
- MOLLENHAUER D. (1985–6): Blaualgen der Gattung *Nostoc*: ihre Rolle in Forschung und Wissenschaftsgeschichte. I–IV. – Natur u. Museum, Frankfurt a. M. 115: 305–319, 369–379; 116: 43–59, 104–120.
- MOLLENHAUER D., BENGTTSSON R., LINDSTRÖM E. A. (1999): Macroscopic cyanobacteria of the genus *Nostoc*: a neglected and endangered constituent of European inland aquatic biodiversity. – Eur. J. Phycol., 34: 349–360.
- MOLLENHAUER D., BÜDEL B., MOLLENHAUER R. (1994): Approaches to species delimitation in the genus *Nostoc* Vaucher ex Bornet et Flahault 1888. – Arch. Hydrobiol./Algolog. Stud., 75: 189–209.
- NOVÁČEK F. (1934): Additamentum ad oecologiam morphologiamque Cyanophycearum ad rupes serpentinas prope Mohelno Moraviae occidentalis epilithice habitatium. I. Chroococcales. – In: ANONYMUS: Mohelno, Arch. Sv. Ochr. Přír., Brno, 3a, 1–178.
- PASCHER A. (1903): Zur Algenflora des südlichen Böhmerwaldes. – Lotos, 23:161–211.
- SCHORLER B. (1915): Die Algenvegetation an den Felswänden des Elbsandsteingebirges. – Abh. Naturwiss. Ges. Isis, Dresden, 1914: 3–27.

Fig. 1. *Hassallia byssoidea*: a – typical habitats from Podyjí NP; c–d – population from rocks near Znojmo reservoir dam, e – drawing according to Frémy from Geitler 1932 (typical material).

Obr. 1. *Hassallia byssoidea*: a – typické stanoviště z NP Podyjí; c–d – populace ze skalních stánovišť poblíž Znojma; e – kresba typického materiálu podle Frémyho z monografie Geitlera (1932).

Fig. 2. Distribution of *Hassallia byssoidea* in Czech Republic: 1 – National Park Podyjí, 2 – Natural reserve Mohelno serpentine rocks, 3 – Natural reserve Pacova hora, 4 – abandoned quarry near České Budějovice, 5 – Natural reserve Holubov serpentine rocks, 6 – Natural reserve Opolenec, 7 – Boreč Hill near Lovosice. Map © www.mapy.cz.

Obr. 2. Rozšíření *Hassallia byssoidea* v České republice: 1 – Národní park Podyjí, 2 – přírodní rezervace Mohelenská hadcová step, 3 – přírodní rezervace Pacova hora, 4 – opuštěný lom u Českých Budějovic, 5 – přírodní rezervace Holubovské hadce, 6 – přírodní rezervace Opolenec, 7 – Boreč u Lovosic. Map © www.mapy.cz.

Fig. 3. *Petalonema crustaceum*: a – typical habitat from NP Podyjí near Čížov, b–d – specimens from NP Podyjí, e–f – original drawing according to Kosinskaja from Geitler 1932 (typical material).

Obr. 3. *Petalonema crustaceum*: a – charakteristické stanoviště (vápencový blok) v NP Podyjí u Čížova, b–d – materiál z NP Podyjí, e–f – originální obrázky typického materiálu podle Kosinské z Geitlera (1932).

Fig. 4. *Nostoc parmelioides*: a – weir on the river Dyje near „Papírna“, b – bottom of the river with colonies of *N. parmelioides* and accompanying spots of *Hildenbrandia rivularis*, c – solitary colonies, d–f – details of trichomes in colonies, g–h – details of heterocytes.

Obr. 4. *Nostoc parmelioides*: a – jez na řece Dyji u lokality „Papírna“ (*N. parmelioides* roste na kamenech nad jezem), b – říční dno s koloniemi *N. parmelioides* a červenými skvrnami ruduchy *Hildenbrandia rivularis*, c – jednotlivé makroskopické kolonie, d–f – detaily vláken v kolonii, g–h – detaily heterocytů.

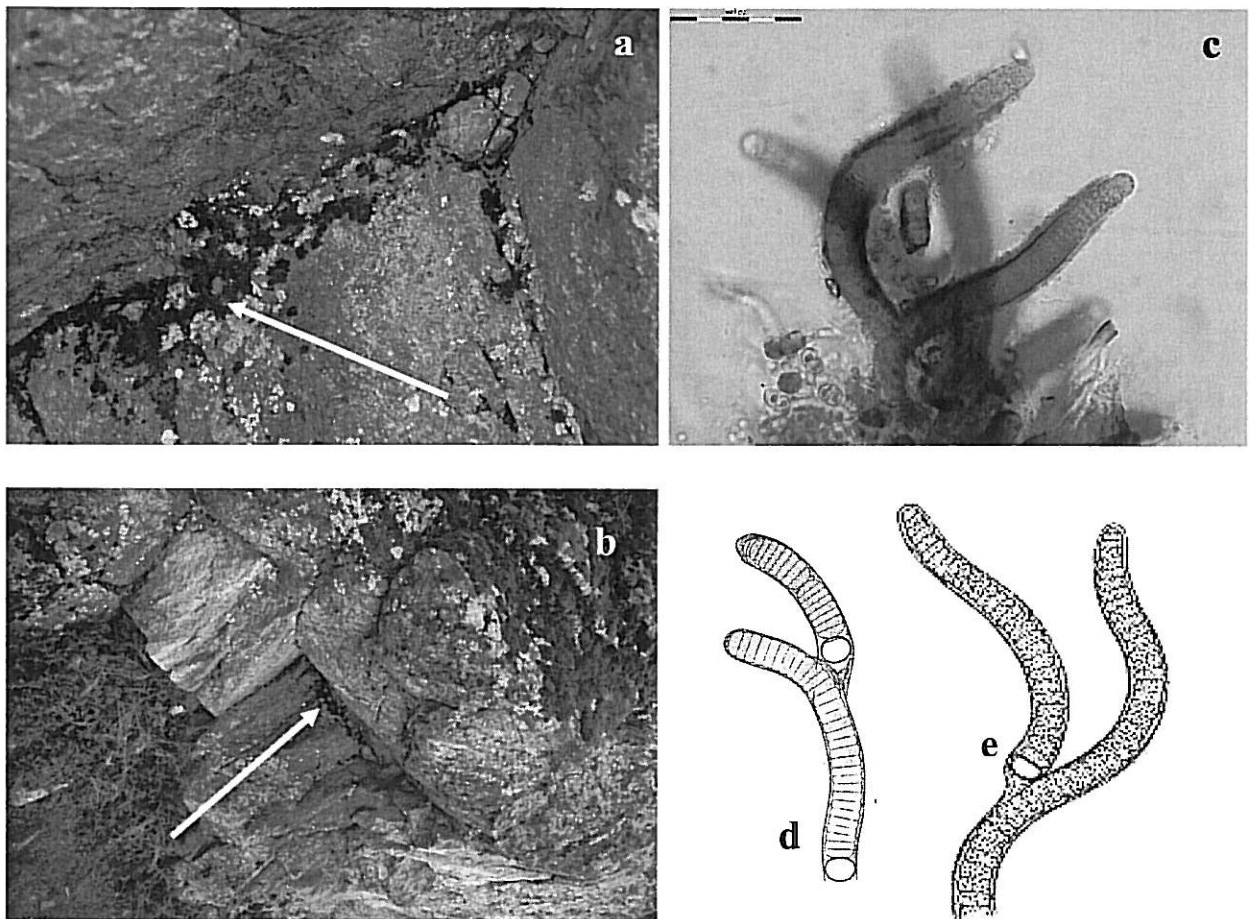


Fig. 1. *Hassallia byssoidea*: **a-b** – typical habitats from Podyjí NP, **c-d** – population from rocks near Znojmo reservoir dam, **e** – drawing according to Frémy from Geitler 1932 (typical material).

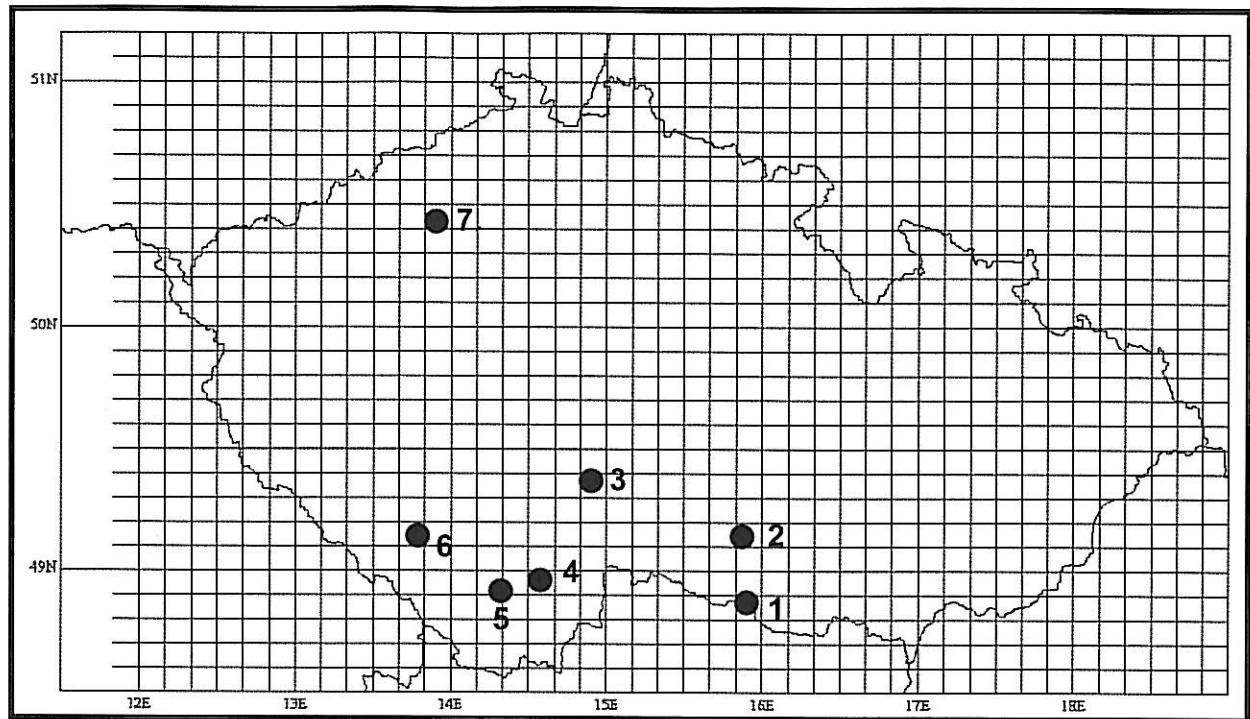


Fig. 2. Distribution of *Hassallia byssoidea* in Czech Republic: 1 –National Park Podyjí, 2 – Natural reserve Mohelno serpentine rocks, 3- Natural reserve Pacova hora, 4 – abandoned quarry near České Budějovice, 5 – Natural reserve Holubov serpentine rocks, 6 – Natural reserve Opolenec, 7 – Boreč Hill near Lovosice.

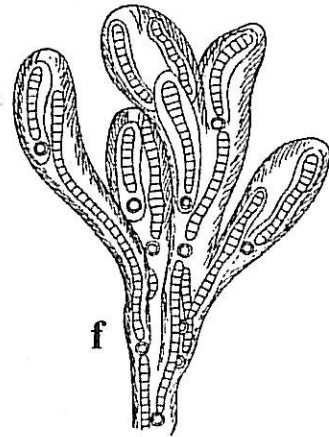
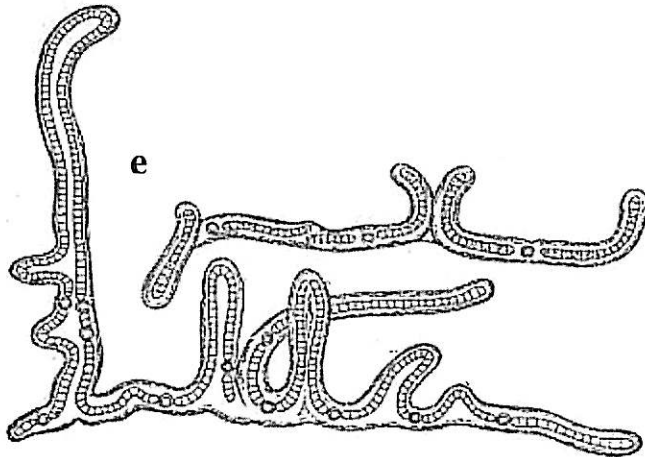
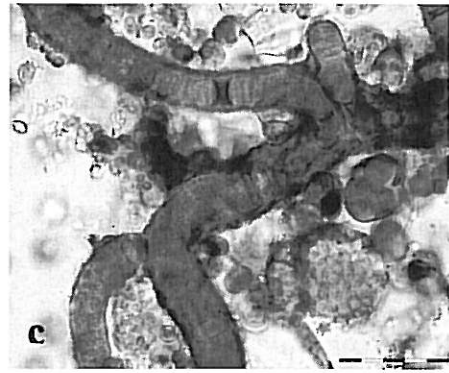
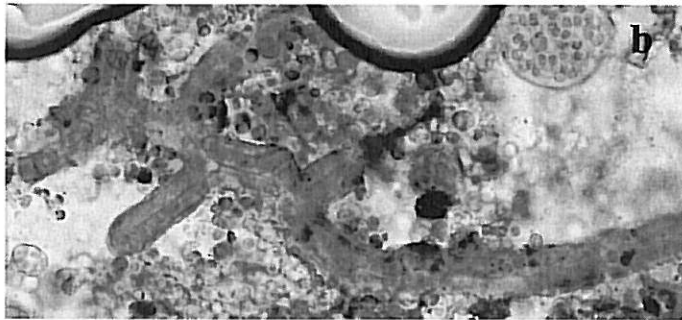
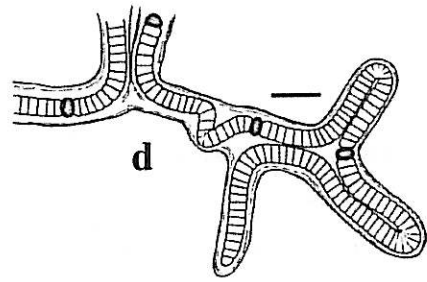
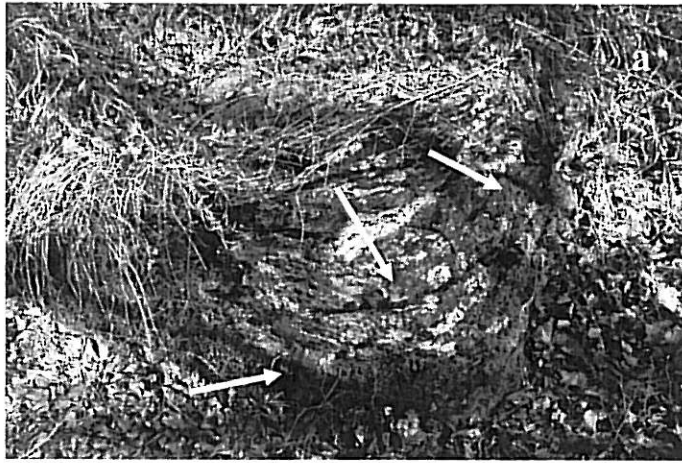


Fig. 3. *Petalonema crustaceum*: **a** – typical habitat from NP Podyjí near Čížov, **b-d** – specimens from NP Podyjí, **e-f** – original drawing according to Kosinskaja from Geitler 1932 (typical material).

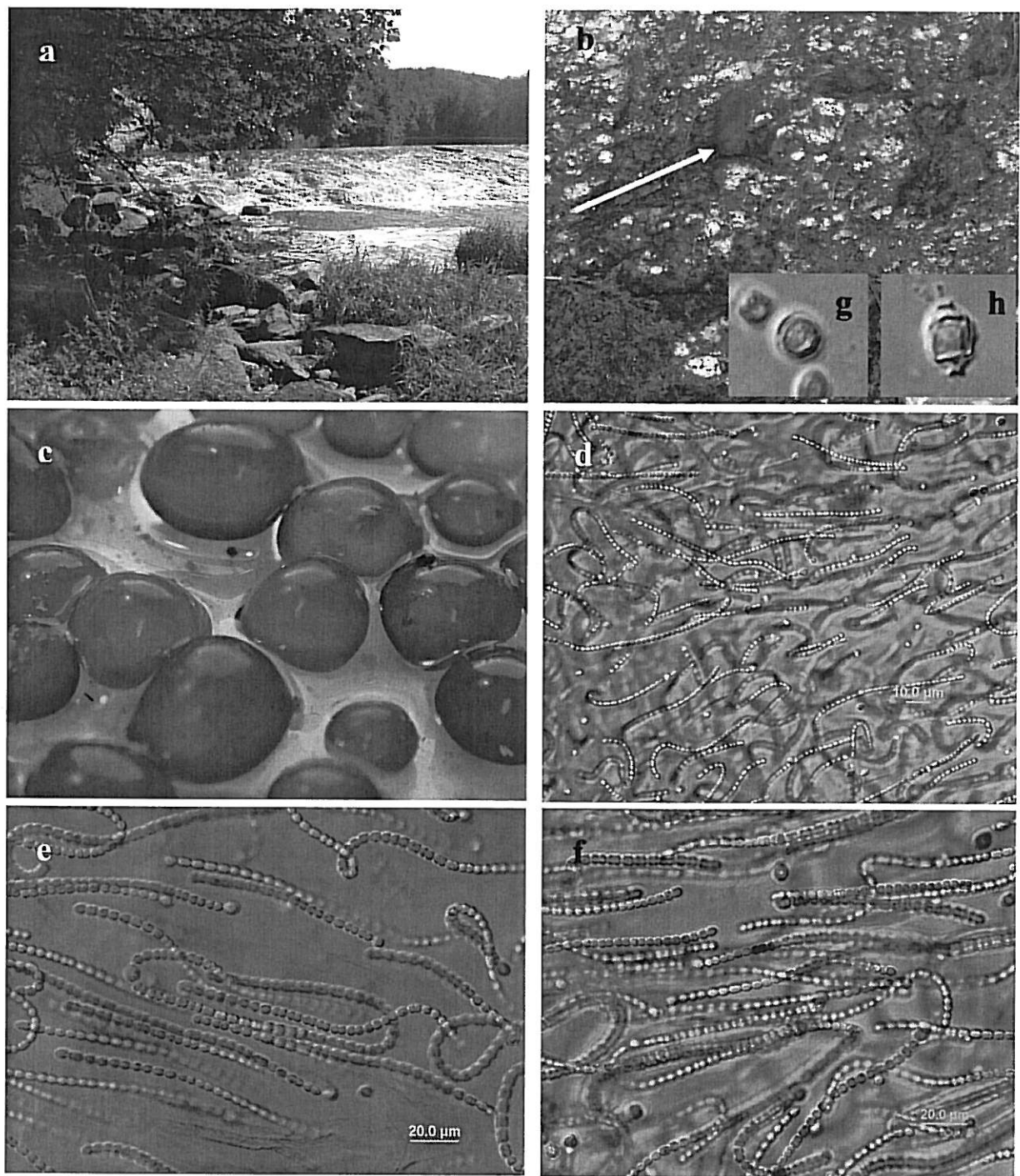


Fig. 4. *Nostoc parmelioides*: **a** – weir on the river Dyje near „Papírna“, **b** – bottom of the river with colonies of *N. parmelioides* and accompanying spots of *Hildenbrandia rivularis*, **c** – solitary colonies, **d-f** – details of trichomes in colonies, **g-h** – details of heterocysts.