

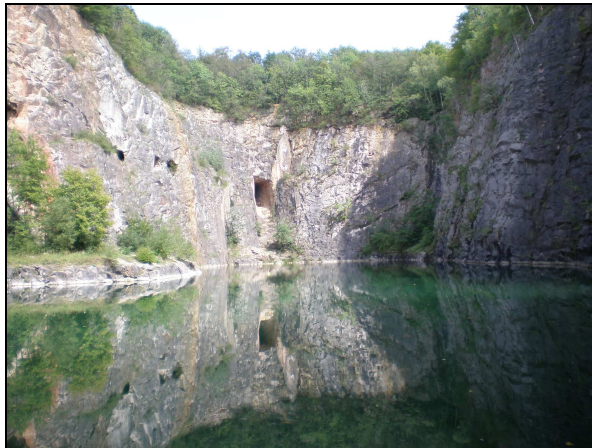
**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

**Přírodovědecká fakulta**



# **Aerofytické sinice z oblasti lomu Malá Amerika**

Bakalářská práce



**Luboš Kočvara**

Vedoucí práce: RNDr. Tomáš Hauer, Ph.D.

České Budějovice

2008

**Kočvara, L. 2008.** Aerofytické sinice z oblasti lomu Malá Amerika. [Aerophytic cyanobacteria from limestone quarry Malá Amerika. Bc. Thesis, in Czech] University of South Bohemia, Faculty of Biological Sciences, České Budějovice, 33 pp.

**Annotation:**

The presented work was aimed on discovery of diversity of aerophytic cyanobacterial vegetation of Malá Amerika limestone quarry located in Český kras Protected Landscape Area, Czech Republic. It was found and determined 20 morphotypes of cyanobacteria. Moreover, putative effects of light, water availability and a distance from water level on species diversity have been studied. It has been shown that the limiting factor on this locality is humidity, not light.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou 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 bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě – 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 dne 5. května 2008

Luboš Kočvara

### Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval všem lidem, kteří mi pomáhali při vytváření této práce. Chtěl bych poděkovat svému školiteli Tomáši Hauerovi za odbornou pomoc, cenné připomínky a technické rady a Hanysovi za pomoc při určování druhů.

Dále bych chtěl poděkovat Jirkovi a mému bratru Michalovi, kteří mi pomáhali při odběrech vzorků.

V neposlední řadě děkuji Petře za její trpělivost se mnou a rodině, která mi je oporou během celého studia.

# Obsah

1. Úvod .....	1
1.1 Aerofytické sinice .....	1
1.1.1 Osídlování nových biotopů .....	2
1.2 Aerofytické sinice ve světě .....	3
1.3 Sinice na budovách a kulturních památkách .....	4
1.4 CHKO Český kras .....	7
1.4.1 Stručná charakteristika přírodních poměrů .....	8
1.4.1.1 Geologie .....	8
1.4.1.2 Krajinná charakteristika .....	8
1.4.1.3 Flora .....	9
1.4.1.4 Fauna .....	10
1.4.1.5 Klimatické poměry .....	11
1.5 NPR Karlštejn .....	11
1.5.1 Lomy .....	11
1.5.1.1 Historie lomů .....	12
1.5.1.2 Malá a Velká Amerika .....	12
1.6 Cíle práce .....	13
2. Materiál a metody .....	14
2.1 Popis lokality Malá Amerika – místa odběrů .....	14
2.2 Sběr materiálu .....	14
2.3 Mikroskopování a determinace .....	15
2.4 Kultivace .....	15
3. Výsledky .....	16
3.1 Nalezené taxony sinic a jejich popis .....	18
3.2 Výsledky kultivací .....	22
4. Diskuse .....	23
5. Závěr .....	26
6. Seznam literatury .....	27
7. Obrazové přílohy	

# 1. Úvod

## 1.1 Aerofytické sinice

Vzdušné (aerofytické, atmofytické) sinice jsou takové, které žijí mimo vodní prostředí. Na jimi osídlované biotopy se voda dostává pouze ve formě deště, mlhy aj. (Komárek & Anagnostidis 1998). Některá stanoviště aerofytických sinic jsou dočasně smáčena prosakující vodou. V místech, kde se dostává prosakující voda na povrch skalního substrátu a v místech, kde se vlhkost udrží po delší dobu, sinice utvářejí viditelné pruhy, někdy nazývané tintenstriche, inkoustové pásy (Jaag 1945). Je-li zdroj prosakující vody silný a stálý, přecházejí ve stanoviště vodní.

Typický biotop aerofytických sinic je tvořen skalními nebo jinými exponovanými povrchy (substráty), které jsou přímo spjaté s klimatickými činiteli (srážky, proudění vzduchu, teplota vzduchu, sluneční záření aj.) (Metting 1981, Büdel 1996). Tyto biotopy jsou z hlediska kolísání teplot a vlhkosti extrémními stanovišti, protože rozdíl teplot mezi ránem a polednem může být až 34 °C i více (Jaag 1945, Potts 1994). Těmto organismům se může dařit nejen na skalách a balvanech, ale i na stavbách, na rostlinách (listech, kmenech, kůře) a vzácně i na velkých zvířatech (Fott 1967). Aerofytické sinice můžeme rozdělit na epilittické a endolittické. Epilittické žijí přímo na povrchu substrátu, zatímco endolittické se usilují pod jeho povrchem. Buď vyhledávají vhodné životní podmínky v různých puklinách a prohlubních (chasmaendolittické), některé žijí pod povrchem bez přímého spojení s vnějším prostředím (kryptoendolittické) nebo mohou do substrátu pronikat jeho aktivním narušováním (euendolittické) (Golubić et al. 1981).

Zajímavým fyziologickým detailem, který částečně objasňuje jejich dokonalé přizpůsobení na časté vysychání (Potts 1999), je přítomnost ochranných membránových pouzder a slizu, kterými jsou obaleny. Pouzdro slouží jako rezervoár vody, která je držena značnými molekulárními silami, přispívá také k tloušťce a stabilitě vytvářené krusty. Retence vody v krustě a její odpar se odráží i ve změnách objemu krusty. Při rychlém vysychání a zvlhčování vznikají síly, které vedou k uvolnění zrnků substrátu (Wasserbauer 2006).

Pochvy některých aerofytických sinic obsahují pigmenty, které jim slouží jako ochrana před UV-zářením. Jsou to například žlutohnědý pigment scytonemin nebo červenofialový gloeocapsin, které absorbují světlo o maximální vlnové délce 400nm (Brandt 1900, Potts 1994). Dalšími prostředky sloužícími sinicím k ochraně před UV-zářením jsou látky označované jako MAA (mycosporine-like amino acids). Tyto deriváty jsou bezbarvé, mají nízkou molekulovou hmotnost a jsou rozpustné ve vodě (Garcia-Pichel 1998). Druhy, které tato barviva postrádají, se mohou například spojovat se stélkami mykobiontů produkujícími barvivo melanin. Endolittické sinice jsou zase schopné se před UV-zářením

„schovat“ zavrtáním do substrátu (Nienow et al. 1988). Na kolísání teplot jsou aerofytické sinice adaptované přítomností stabilních pigmentů, proteinů a chlorofylu (Tripathi & Talpasayi 1980).

### **1.1.1 Osídlování nových biotopů**

Terestrické epilitické sinice jsou velice důležitou složkou prostředí. Patří totiž mezi organismy, které osidlují dosud neobsazené nebo jinými druhy velmi těžko obsaditelné ekologické niky – skály a kameny ve všech částech světa (Broady 1981a). Můžeme je nalézt na územích horkých i chladných pouští, v oblastech mírného pásma, v polopouštích, savanách, deštných pralesech a dokonce i v polárních oblastech (Fritsch 1907, Diels 1914, Jaag 1945, Fjerdingsstad 1965, Golubić 1967a, Broady 1981a, Wessels a Büdel 1995, Büdel 1999, Büdel et al. 2004). Vyskytují se v různých stupních rozvoje a na jejich konkrétním složení se podílí souhra abiotických podmínek stanoviště a zároveň vzájemné interakce, stáří biotopu a náhodné faktory (Casamatta et al. 2002, Nováček 1934). V závislosti na přírodních podmínkách mohou řasy a sinice měnit svou morfologii a fyziologii. Tyto změny mohou být způsobené mnoha přírodními faktory: teplotou, intenzitou ozáření, dostupností živin, přítomností toxických složek, pH aj. a také jejich vzájemnými kombinacemi (Kvíderová 2004, Šabacká 2001). Morfologické změny jsou patrné u řady druhů krátce po přenesení do kultury nebo při pěstování v podmínkách neodpovídajících růstovému optimu (Prát et al. 1972). Díky této objevené schopnosti sinic se taxonomie stala opět o něco složitější.

V přírodě se spóry nebo buňky sinic v anabióze šíří vzduchem (nebo vodními toky) a jsou prvními obyvateli na čerstvě utvořeném anorganickém podkladě, ať vznikl lidskou činností nebo přírodními silami (po sopečných výbuších, zemětřeseních, povodních atd.). Jejich význam jako průkopníků života spočívá v tom, že první tvoří na minerálním podkladu organickou hmotu, jejíž přítomnost umožňuje život dalších organismů (Fott 1967). Na povrchu kamene vytvářejí mikrobiální povlaky, tzv. biofilmy, které mají různou barvu, konzistenci a druhové složení (Kováčik 2000). Vedle sinic můžeme v těchto biofilmech najít také řasy, houby, jiné bakterie, prvoky a drobné živočichy (Gaylarde & Gaylarde 2005). Buňky řas a sinic žijících na vzduchu, snadno vstupují do symbiózy s vlákny lišejníkových hub a dávají vznik stélkám lišejníků, jejichž porosty jsou další etapou v osídlování skalního povrchu (Fott 1967).

S tvorbou biomasy pak postupně dochází k obohacování substrátu o organické látky, které umožňují růst dalších organismů. Uhlík a další látky se do substrátu dostávají fotosyntetickou aktivitou sinic a na povrchu biofilmu se také zachytávají částičky

půdy a prachu (Hirsch et al. 1995, Goméz-Alarcón et al. 1995, Souza-Egipsy et al. 2004). Některé sinice přispívají k obohacení substrátu i fixací dusíku (Ortega-Calvo et al. 1995).

## 1.2 Aerofytické sinice ve světě

Tyto epilitické a endolitické organismy mohou potenciálně hodně přispívat k rozkládání skalních krystalických struktur jako je pískovec, žula, rula, vápenec, dolomit, amfibolit, dolerit, čedič a dokonce mohou narušovat i substráty umělé (malta, sádra, omítka, beton, glazury a nátěry) (Hirsch et al. 1995, Saiz-Jimenez 1997, Welton et al. 2003). Přítomnost sinic na stěnách (v přírodním prostředí) je pozorována velmi často a to i proto, že je můžeme nalézt takřka všude. Jejich mikrobiální degradace povrchů není závislá na klimatu nebo lokalitě a dokonce ani na střídání ročních období. Byla pozorována v horkých i studených pouštích, v subtropických i tropických klimatech, ve středozemí, v Evropě, Americe a Asii. V současné době se mnoho studií zaměřuje hlavně na poškozování stavebních materiálů, kulturních památek v hustě osídlených oblastech. Avšak o mechanismu a rychlosti poškozování se ví celkem málo a přesná data chybí (Hirsch et al. 1995).

Jak již bylo řečeno, epilitické sinice osidlují odkryté skalní povrchy a vytvářejí krusty nebo několik milimetrů silné vrstvy. Jsou obvykle prvními fotosyntetizujícími organismy, které kolonizují tato stanoviště a často jsou také jediní, kteří dokáží na těchto místech přežít (Fritsch 1907, Treub 1888). Asi nejvíce dostupných informací pochází z výzkumů prováděných ve střední Evropě a Středomoří. Zde se o některé práce postarali např. Anagnostidis a kol. (1983), Diels (1914), Ercegović (1925), Fjerdingstad (1965), Frémy (1925), Golubić (1967a), Hoffmann (1986), Jaag (1945), Messikommer (1942), Nováček (1934). V severní Evropě to byli např. Cedecreutz (1941), Häyrén (1940), Jalas (1949) a Strøm (1926). Méně rozsáhlé studie epilitických sinic pocházejí z území Jižní Ameriky (Golubić 1967b), Severní Ameriky (Johansen et al. 1983), Afriky (Behre 1953, Frémy 1930, Zehnder 1953), Antarktidy (Broady 1981a) a z Ceylonu (Fritsch 1907). Složení a vlastnosti společenstev epilitických sinic detailně studovali hlavně Jaag (1945) a Golubić (1967a,b). Nejčastěji se setkávali s rody *Gloeocapsa*, *Aphanocapsa*, *Chroococcus*, *Calothrix*, *Schizothrix* a *Scytonema*.

Chasmoendolitické sinice obsazují místa uvnitř skalních stěn tam, kde se jejich povrch nějakým způsobem „otevřít“. Může to být hrubými štěrbinami, ale klidně i mikroskopickými trhlinkami. Tato vegetace pak vytváří zelené pásy vedoucí několik milimetrů pod povrchem (Hoffmann 1989). Na tento typ sinic nejčastěji narazíte na pouštích a v alpských oblastech. Zaznamenány byly na pouštích ve střední Asii (Glazovskaya 1950, Odintsova 1941), v severozápadních Spojených Státech a Mexiku (Friedmann 1972), v Namibii, střední

Austrálii, Jižní Americe (Friedmann & Ocampo-Friedmann 1984) a také na území Arktidy (Gromov 1957, Royzin 1960) a Antarktidy (Broady 1981b, Friedmann 1982). Obejveny byly v alpských oblastech Evropy (Diels 1914, Jaag 1945) a také v méně extrémních podmínkách v Řecku (Anagnostidis et al. 1983).

Substráty kolonizované kryptoendolitickými sinicemi jsou hlavně vápenec a pískovec, které jsou primárně světle zbarvené a mají porézní strukturu. Kryptoendolitické sinice obývají prostory mezi částčkami porézních hornin a v hloubce od jednoho do několika milimetrů utvářejí 0,1-2,5 milimetrů široké, zřetelně zbarvené vrstvy (Hoffmann 1989). Tato skupina je doposud popsána pouze z lokalit nalézajících se v extrémně suchých, horkých a chladných pouštích a polopouštích, jakou je například Negev (Friedmann 1971), dále pak z jihozápadu Spojených Států (Friedmann & Ocampo-Friedmann 1984) a z území Transvaal v Africe (Büdel 1987). Kryptoendolitická flora je nejbohatší v teplých polopouštích a mezi nejčastější rody patří *Chroococcidiopsis*, *Chroococcus*, *Gloeocapsa*, *Gloeotheca*, *Synechococcus* a *Phormidium* (Bell et al. 1986).

Euendolitické sinice aktivně pronikají do horniny a tak v ní utvářejí stejné struktury, jako „zavrtávající se“ organismy. Sinice pronikající do vápence jsou dlouho známé ze sladkovodních i mořských lokalit, kde mohou hrát důležitou roli v destrukci pobřežního vápence (Golubić et al. 1975). Nicméně, jejich formy obývající terestrická stanoviště, jsou stále ještě nedostatečně prozkoumané. Nálezy euendolitických sinic jsou zaznamenány ze střední Evropy (Bachmann 1915, Ercegović 1925, Palik 1938), ze středního Východu (Danin 1983, Danin & Garty 1983, Krumbein & Jens 1981) a z tropických oblastí, např. z Jávy (Koster 1939). Vápenec narušující sinice uvedené v literatuře jsou *Gloeocapsa* spp., *Scytonema* sp., *Chroococcus* sp., *Chroococcus lithophilus*, *Aphanocapsa endolithica*, *Lithococcus ramosus* a *Schizothrix coriacea* var. *endolithica* (Ercegović 1925).

### **1.3 Sinice na budovách a kulturních památkách**

Význam řas jako dílčího biokorozního faktoru byl objeven relativně nedávno. Ještě v sedmdesátých letech minulého století byly řasy považovány pouze za předchůdce vyšších rostlin a symbionty lišejníků. Teprve další výzkum prokázal jejich spoluúčast při postupné degradaci uměleckých kamenných artefaktů, některých typů střešních krytin, archeologických objektů a zejména fasád domovních objektů (Wasserbauer 2006).

Biofilmy jsou vlastně drobné mikrobiotopy tvořené fototrofními mikroorganismy, které se výrazně odlišují od okolního prostředí. Termín „subaerický biofilm“ byl vytvořen pro mikrobiální společenstva, která se vyvíjejí na pevném, ničím nechráněném minerálním podkladu. Subaerické biofilmy jsou všudypřítomné, soběstačné miniaturní ekosystémy. Jsou



charakteristické svým nepravidelným růstem a dominují v nich řasy, sinice, houby a heterotrofní bakterie (Gorbushina 2007). Z výzkumu, který prováděli Gaylarde & Gaylarde (2005) vyplývá, že dominance jednotlivých složek v biofilmu se může měnit v závislosti na klimatických podmínkách, na typu substrátu (vápenec, cementová omítka, pískovec, mramor) nebo na povrchové úpravě budovy. Avšak na prvních dvou příčkách se téměř vždy objevují sinice a řasy. Na zkoumaných stavbách v Latinské Americe byl pozorován největší výskyt kokálních sinic, zatímco v Evropě tvořily hlavní biomasu řasy a až po nich následovaly sinice. V celkovém srovnání se v Latinské Americe díky vlhčímu klimatu vyskytovalo více sinic a řas než v Evropě.

Mikrobiální biofilmy na historických i moderních budovách a památkách se výrazně podílejí na znehodnocování a poškozování jejich povrchů. Epilitické sinice, které rostou na povrchu stavebního kamene, jsou agresivní především svými metabolity. Syntetizují polysacharidy, aminokyseliny, vitamíny, organické kyseliny, dusíkaté báze, barviva a další látky, které průvodní bakterie a plísně asimilují rovněž za tvorby kyselin. Anionty kyselin reagují s kationty kamene za vzniku vodorozpustných solí, jejichž hydratace přispívá k výskytu vody v pórech stavebního kamene a k pozvolnému uvolňování kationtů chelatizací. To po delší době vede ke zvýšené pórovitosti a pozvolnému rozpadu povrchu stavebního kamene. Endolitické sinice aktivně penetrují stavební kámen, tvoří mikrodutinky různých tvarů a sekrecí rozpouštějí a vyluhují karbonáty přítomné ve stavebním kameni (Wasserbauer 2006). Danin (1983) zjistil, že jednobuněčné euendolitické sinice pronikají do podkladu rychlostí 5  $\mu\text{m}$  ročně.

Ještě před tím, než byla prokázána schopnost těchto fototrofních mikroorganismů mechanicky narušovat stavební materiály, byly lidem trnem v oku „pouze“ z estetického hlediska. Z tohoto pohledu však sinice napáchají asi nejvíce škod. Zachytávají velké množství prachu, sazí a jiných vzdušných nečistot a následně se na stavbách objevují v podobě špinavých mokvajících skvrn. Na pískovcích tvoří porosty řas spolu s prachovými částicemi, vlákny hub a bakteriemi krustu, která produkuje na spodní straně sliz obsahující drobné částičky uvolněného kamene. Proto můžeme na budovách a památkách pozorovat výrazné skvrny nebo pruhy, nejčastěji šedavé či černé barvy. Výjimkou však nejsou skvrny hnědé, oranžové, červené nebo zelené (Gaylarde & Gaylarde 2005).

Extrémní případ biologické kolonizace byl popsán v Benátkách, kde byl nejrozsáhlejší růst sinic zaznamenán na historických budovách (Paleni & Curri 1972). Del Monte & Sabbioni (1983) popisují perforační aktivitu endolitických sinic rostoucích na mramorových památnících na ostrově Torcello v Itálii. Stejnou problematikou se zabýval

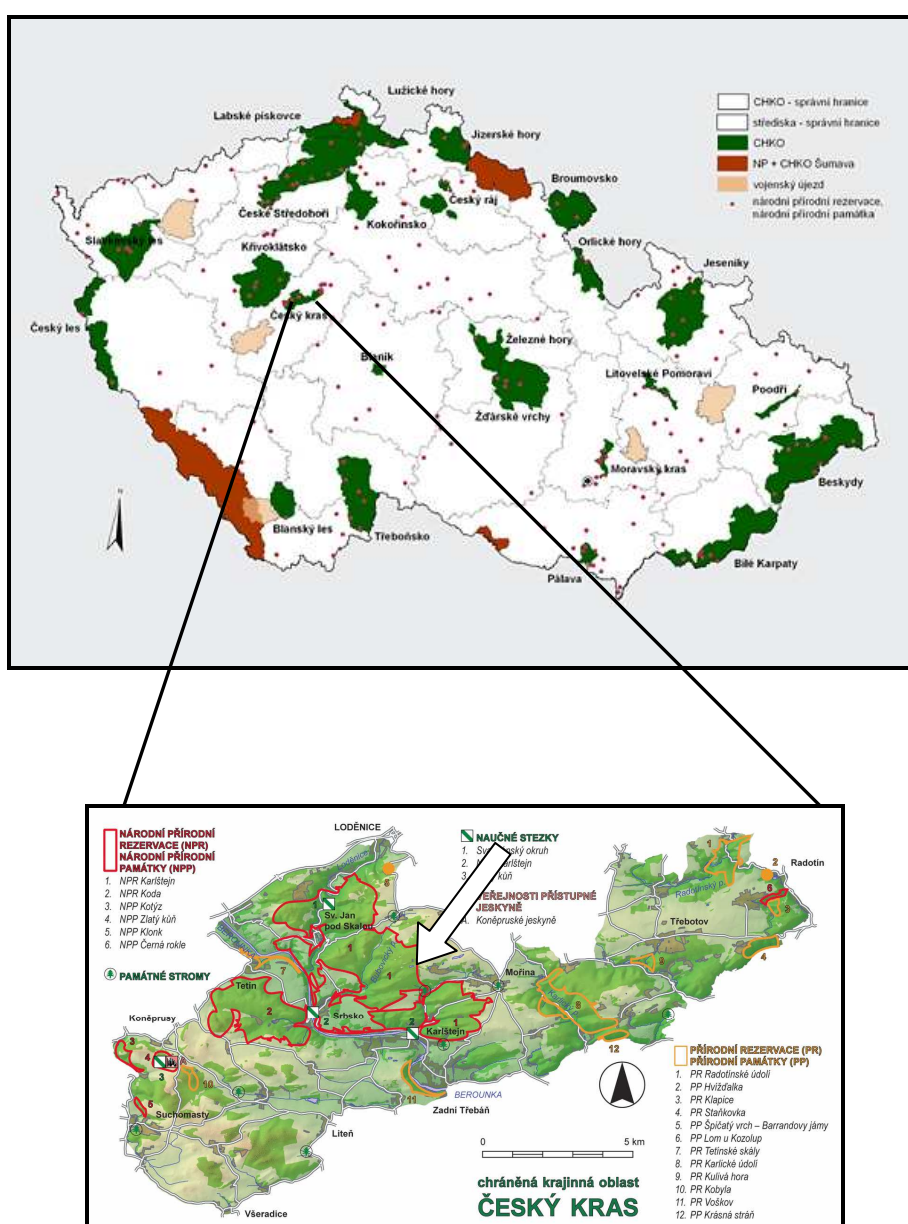
například i Uher a kol. (2005), kteří mapovali fykofloru na památnících a budovách ve Španělské oblasti Murcia.

Když nahlédneme také mimo Evropu, narazíme nejdříve na již zmiňovaný pár Gaylarde & Gaylarde (2005), který porovnával vliv sinic na moderní a historické budovy v Latinské Americe (severní Argentina, Bolívie, Brazílie, Peru, Columbie, Ekvádor) a Evropě (Česká republika, Anglie, Francie, Itálie, Polsko, Španělsko). V Americkém St. Augustine byla prováděná vědecká práce například na hradě San Marcos (Rands et al. 1984). Fusey & Hyvert (1964) pracovali na pískovcovém monumentu Khmer v Kambodži. Danin (1983) posuzoval poškození způsobené kokálními sinicemi na vápencových zdech a masivních hrobkách v Jeruzalémě, které jsou více než 2600 let staré. Řasy a sinice také způsobily vznik výrazných dutinek a prohlubní na povrchu chrámu Borobudur v Indonésii (Hyvert 1973). Problémem přítomnosti biofilmu na stavbách se zabývají práce z oblastí Singapur (Wee & Lee 1980) a Indie (Joshi & Mukundan 1997).

Podle studie Ortega-Calvo a kol. (1995) můžeme v subaerických biofilmech nejčastěji nalézt druhy ze skupiny vláknitých sinic (*Phormidium*, *Microcoleus*) a zelených řas (*Klebsormidium*, *Trentepohlia*), ačkoliv na jednobuněčné typy (např. ze sinic je to *Gloeocapsa* a *Chroococcus*, z řas *Chlorella* a *Chlorococcum*) můžeme narazit také velmi často. Dupuy s kolektivem (1976) rozdělil sinice osídlující památky, z ekologického hlediska, na dvě hlavní skupiny. První skupina je složena z druhů, které jsou schopné odolávat extrémním podmínkám jako je vysoká intenzita slunečního záření a opakovaná období bez vody. Jejich stavba je typická tenkými, často zabarvenými obaly. Hlavními představiteli této skupiny jsou druhy *Calothrix parietina* a *Chroococcus montanus*, které dále následují rody *Gloeocapsa*, *Nostoc* a *Scytonema*. Oni jsou hlavními příčinami znečištění venkovních povrchů budov. Do druhé skupiny patří druhy žijící na stinnějších místech s konstantní vlhkostí. Mají lépe vyvinuté slizové pochvy a vytvářejí velké, barevné nárosty na stěnách budov. *Aphanocapsa biformis*, *Aphanocapsa montana* a *Scytonema julianum* jsou udávány jako příklady této skupiny.

## 1.4 CHKO Český kras

Chráněná krajinná oblast Český kras (Obr. 1) byla vyhlášena Ministerstvem kultury dne 12. dubna 1972. Celková rozloha CHKO činí 12 823 ha a v současnosti zaujímá část území dvou okresů (Beroun, Praha-západ) a část území obvodu Praha 5. Posláním chráněné krajinné oblasti je ochrana všech hodnot její krajiny, jejího vzhledu a jejích typických znaků i přírodních zdrojů a vytváření vyváženého životního prostředí. K ochraně mimořádných hodnot zde bylo dosud zřízeno 18 maloplošných, zvláště chráněných, přírodních rezervací a přírodních památek o celkové výměře 2702 ha, z toho 6 v kategorii národní (Ložek & Němec 1996).



Obr. 1. Chráněná krajinná oblast Český kras s vyznačenou polohou lomu Malá Amerika (AOPK ČR).

## **1.4.1 Stručná charakteristika přírodních poměrů**

### **1.4.1.1 Geologie**

Je to právě geologická historie, která v první řadě položila základ nesmírnému přírodnímu bohatství Českého krasu. Geologický podklad území Českého krasu tvoří převážně vápencová souvrství tzv. Pražské pánve. Jedná se o elipsovité území, jehož delší osa sahá od Prahy až do Koněpruské oblasti jižně od Berouna. Sedimentace tu probíhala v prvohorách od ordoviku do středního devonu. Ordovický útvar je reprezentován střídáním klastických písčitých a jílovitých sedimentů. Tento typ uloženin svědčí o střídání prostředí mělkého moře s bohatým přínosem úlomků z pevniny s obdobím klidnějšího ukládání v hlubším prostředí. Během devonu se dostala Pražská pánev, následkem pohybů kontinentálních desek, do rovníkové zóny, což umožnilo bohatý rozvoj organismů v teplém a prosluněném moři. Koncem středního devonu moře ustoupilo a uloženiny byly v průběhu variského, neboli hercynského vrásnění (horotvorných pochodů) stlačeny do jednoduchých vrás JZ-SV směru.

Po těchto procesech byla na území dnešního Českého krasu po období asi 270 milionů let souš a docházelo k zarovnání reliéfu. Až v mladší části druhohor, v křídě, postoupilo do těchto míst naposledy moře.

V období třetihor pravděpodobně tekla přes území Českého krasu SZ směrem mohutná řeka, která se v prostoru dnešní Bíliny vlévala do podkrušnohorských pánví. Tato řeka zanechala v Českém krasu písčité a štěrkovité náplavy v oblasti Kosoře, Mořiny, Litně a v polesí Koda. Do tohoto období spadá rovněž počátek vzniku krasových jeskyní. Krasové jevy zde nejsou sice tak početné a mohutně vyvinuté jako v Moravském krasu, ale přesto vtiskly krajině zvláštní ráz. Tyto procesy zde byly podstatně ovlivněny velkou pestrostí ve složení hornin a existencí již zmiňované velké řeky. Krasovatění usnadňovalo množství poruch, které se staly místem soustředění krasových vod a jejich korozního působení. Přes nepříznivé faktory dané geologickými podmínkami jsou zde na první pohled patrné charakteristické krasové formy. Jsou to především kaňon Berounky a hluboká údolí (údolí Kačáku, Císařská rokle, Kodska rokle, údolí Bubovického a Radotínského potoka). Během čtvrtohor se vyvinul reliéf do podoby, kterou známe dnes (Chlupáč 1988).

### **1.4.1.2 Krajinná charakteristika**

Tvář Českého krasu dobře popisují tzv. fenomény, tj. soubory krajinných prvků dané jednou dominantní vlastností prostředí. Můžeme tu mluvit o fenoménu krasovém a údolním, dal by se ještě zmínit specifický fenomén těžební či lomový, který vytvářel člověk, avšak ten byl podmíněn vhodným geologickým prostředím. Český kras je možno charakterizovat jako

fosilní, či částečně pohřbený, nejsou tu dokonale vyvinuty povrchové krasové jevy. Na temenech kopců jsou vzácně dochovány závrtky a v minulosti byly známy jen nemnohé krátké jeskyně a krasové prameny. Větší poznání krasu umožnila až lomová činnost, byly objeveny větší jeskyně (Arnoldka, lom Chlum u Srbska) a odkryty staré krasové dutiny vyplněné třetihorními pestrými zvětralinami, které dokládají tehdejší mohutné krasovnění. Údolní fenomén se projevuje jednak v kaňonu Berounky, jednak možná ještě typičtěji v bočních údolích. Ukázkově jsou vyvinuty vysoké skalní stěny, chladné patní sutě a suché skalní hrany. Těžba vápence pevně patří od hluboké minulosti k Českému krasu. Staré kutací práce často už nejsou chápány jako rušivé jizvy v krajině, ale naopak jako faktor zvyšující stanovištní pestrost. Dobýváním vápence v prostoru Amerik u Karlštejna vznikly unikátní jámové lomy a podzemní prostory, které v zimě hostí bohaté populace netopýrů (nature.cz).

### 1.4.1.3 Flora

Z botanického hlediska celé území CHKO spadá do samostatného fytogeografického okresu Český kras. Složení květeny a vegetace zde bylo a je ovlivněno pestrým geologickým (převážně vápencovým) podkladem, specifickou geomorfologií krajiny, sousedstvím teplejších a sušších regionů xerothermní květenné oblasti a v neposlední řadě i lidskou činností a osídlením. Krasový fenomén souvisí se zvláštním zvětráváním vápenců a jejich jednostranným chemismem, stejně jako se specifickým vývojem půd. Říční fenomén Berounky a jejích větších přítoků zvyšuje celkovou stanovištní pestrost a znásobuje účinek krasového fenoménu. Ve středoevropském měřítku jde o unikátní velkoplošný a dobře zachovaný soubor přírodních stanovišť vyvinutých na vápenci. Z území bylo popsáno několik společenstev rostoucích pouze zde, jde o klasickou oblast přírodovědného zájmu studovanou intenzivně po více než 200 let (Ložek & Němec 1996).

Pozoruhodný je výskyt druhů květeny skal a skalních stepí ve dvou extrémních podobách: na jedné straně je to květena osluněných vápencových a diabasových skal a skalních stupňů s nevyvinutými půdami a na straně druhé květena stinných vápencových skalnatých srázů. Strmé, především k jihu exponované skalní stěny hostí z nápadných a dnes většinou ohrožených druhů např. koniklec luční český (*Pulsatilla pratensis* subsp. *bohemica*), kosatec bezlistý český (*Iris aphylla* subsp. *bohemica*), chrpu chlumní (*Centaurea triumfettii*), tařici skalní (*Aurinia saxatilis*), devaterníček šedý (*Rhodax canus*), včelník rakouský, vlnici chlupatou (*Oxytropis pilosa*), bělozářku liliovitou (*Anthericum liliago*), lociku vytrvalou (*Lactuca perennis*), svízel sivý (*Galium glaucum*), sesel sivý (*Seseli osseum*) a další. Vlhčí a stinné vápencové stěny a srázy poskytly útočiště druhům s optimem rozšíření v evropských

horách. Pro tato společenstva je charakteristický výskyt pěchavy vápnomilné (*Sesleria albicans*), lomikamene vždyživého (*Saxifraga paniculata*), lomikamene trsnatého (*Saxifraga rosacea*), dvojštítku hladkoplodého (*Biscutella laevigata*), zimostrázku alpského a hvozdíku sivého (*Dianthus gratianopolitanus*).

Zajímavé jsou i výskyty řas, lišejníků a především vápnomilných mechorostů. Bryoflóra území vzhledem k pestrosti stanovišť i vzhledem k obecně větší druhové bohatosti mechorostů na vápencovém podkladě činí kolem 337 druhů (60 jätrovek, 2 hlevíky a 275 mechů). Z tohoto počtu patří téměř čtvrtina mezi ohrožené druhy. Z významných zástupců hub je možno zmínit ojedinělé nálezy lanýžů (*Tuber aestivum*, *T. rufum*), vzácné druhy pavučinců (*Cortinarius* sp.), bedliček (*Cystolepiota* sp.) a hřibů, např. (*Boletus fechtneri*), zajímavé jsou nálezy vzácných pečárek (*Agaricus caroli*) ve smrkových kulturách (ceskykras.cz).

#### 1.4.1.4 Fauna

Zvířena Českého krasu je rovněž bohatá a pozoruhodná jako rostlinstvo. Fauna obratlovců je celkem shodná s obratlovci jiných částí středních Čech. Dlouhodobý tlak člověka ji ochudil o druhy citlivé na kultivaci krajiny. Ve srovnání s Křivoklátským zde chybí z velkých savců pouze zvěř jelení. S ohledem na vzácnost odpovídajících biotopů je zde chudá zvířena vodní a mokřadní, zato bohatý je výskyt letounů. Vrápenci a netopýři mají úzký vztah ke zvláštním podmínkám krasu a lze jich zde zastihnout okolo 14 druhů. Mezi běžné druhy patří netopýr černý (*Barbastella barbastellus*), netopýr vodní (*Myotis daubentoni*), netopýr velký (*Myotis myotis*), netopýr řasnatý (*Myotis nattereri*), netopýr ušatý a dlouhouchý (*Plecotus auritus*, *P. austriacus*) a netopýr večerní (*Eptesicus serotinus*). Území patří ke klasickým oblastem entomologického průzkumu. Nejpestřejší hmyzí společenstva osidlují plochy primárního bezlesí a lesních porostů, ale svá nová útočiště nalézají i v opuštěných lomech. Český kras je mimořádně bohatý na výskyt motýlů. Celkem jich zde bylo doposud nalezeno na 1390 druhů. Vedle mnoha nenápadných a často obtížně rozlišitelných druhů zde žijí i velcí, nápadně zbarvení motýli jako např. otakárek fenyklový, otakárek ovocný, batolec duhový, bělopásci, martináci, okáči, perleťovci a další. Z dalších skupin živočichů nelze nezmínit měkkýše, obojživelníky, ptáky a drobné savce. Živou přírodu, co se týče významu, mohutně doplňují geologické fenomény. Jde o celosvětově významnou stratotypovou oblast siluru a devonu s hojnými nalezišti zkamenělin. V četných jeskyních se dochovaly zbytky organismů z konce třetihor a zejména z různých fází pleistocénu, mnohé jeskyně byly v pravěku využívány lidmi (Ložek & Němec 1996).

### **1.4.1.5 Klimatické poměry**

Jádro Českého krasu i jeho západní část patří do oblasti mírně teplé, mírně suché s mírnou zimou, severovýchodní pražská část náleží do teplé a suché oblasti. Průměrná roční teplota činí 8–9°C. Průměrný roční úhrn srážek je v celé oblasti vyrovnaný a pohybuje se mezi 480–560 mm, přičemž v normálních letech jsou srážky celkem příznivě rozděleny, neboť většina jich spadne ve vegetační době. Ovšem velmi nepříznivě působí extrémní anomálie, zvláště v údobí pozdního jara. V extrémních letech v mnohých měsících nespadne ani milimetr srážek. V zimních měsících jsou srážky minimální, sněhová pokrývka je nízká a vytrvá jen krátce. Díky pestrosti terénu a charakteru rostlinného pokryvu se zde výrazně uplatňují mikroklimatické vlivy (Samek 1964).

## **1.5 NPR Karlštejn**

Národní přírodní rezervace Karlštejn byla vyhlášena v roce 1955 a s rozlohou 1 549 ha patří mezi největší chráněná území této kategorie v ČR. Zároveň se tato rezervace stala jádrovou oblastí Českého krasu. Nachází se mezi obcí Svatý Jan pod Skalou a hradem Karlštejn asi 6 km východně od města Beroun. Doposud uchované bohatství živé i neživé přírody řadí území mezi význačné rezervace Evropy (Ložek & Němec 1996).

### **1.5.1 Lomy**

#### **1.5.1.1 Historie lomů**

Lesy popisované oblasti skrývají celý soubor menších či větších lomů. Některé jsou zcela nepřístupné, do jiných se lze s určitým rizikem dostat. Všechny vznikly při hledání kvalitnějšího kamene, podle výsledku pak byly buď rozšiřovány nebo uzavřeny. Část byla v průběhu času zasypána odpadem, část ponechána svému osudu a působení přírodních živlů. Téměř všechny jsou vzájemně propojeny podzemními štolami. Ty se staly po ukončení těžby, díky velkému množství „oken“ ústících do kolmých stěn lomů, důležitým zimovištěm netopýrů.

Historicky zahájil v oblasti Mořiny těžbu v roce 1891 p. Gottfried Bächer založením vápenky Mořina. Rok předtím dostal jako první povolení na kutací práce v oblasti dnešního Českého krasu. Zpočátku probíhala těžba ručním způsobem prostým rozebíráním kamene podkopaného a sesutého vápence. S technickou revolucí a stále se zvyšující spotřebou vápence v hutnictví a stavebnictví bylo v letech 1906–9 zavedeno pneumatické vrtání, které výrazně zvýšilo objem těžby. S dalším rozvojem techniky se přešlo na důlní železnici, později u největších těžních ložisek byly štoly rozšířeny pro průjezd nákladních automobilů. Tunely

této velikosti jsou u vjezdu do Velké Ameriky a spojují Velkou Ameriku s Mexikem. (paladix.cz)

### **1.5.1.2 Malá a Velká Amerika**

Chráněná krajinná oblast Český kras má dva přírodní klenoty, které sice vznikly v minulosti lidskou činností, svým zasazením do krajiny však vytvářejí dominanty NPR Karlštejn. Jsou to bývalé vápencové lomy Malá a Velká Amerika. Těžba v nich skončila v 60. letech minulého století. V případě Velké Ameriky se jedná se o skutečný velkolom - je přes 800 metrů dlouhý a v průměru přes 150 metrů široký. Stěny lomu padají do hloubky okolo 60 metrů. Dno lomu leží v nadmořské výšce 322 metrů a lom je tak jediným v kterém se nalézá 6. těžební patro. To je ovšem zatopeno jezerem, které má překrásně modrou a čistou vodu, v které se daří rybám a několika druhům raků. Je jedním z nejstarších a také nejdéle dobývaným, těžba zde skončila v roce 1963 po zřícení části jižní stěny. Stěny lomu jsou kvůli velmi kolmě uloženým vrstvám vápence velmi nestabilní. Obě Ameriky spravuje akciová společnost Lomy Mořina. Ta, stejně jako správa CHKO Český kras, však nemá zájem na tom, aby lidé do opuštěných lomů lezli. Vstup byl zakázán a bezpečné přístupové cesty byly odstřeleny (lomy-amerika.cz).



## 1.6 Cíle práce

Hlavním cílem této práce bylo zjistit druhové složení aerofytických sinic na vápencovém substrátu v opuštěném lomu Malá Amerika v Českém krasu. Podmínkou bylo zvládnutí odběrů vzorků na lokalitě, mikroskopování a následná determinace rodů a druhů nalezených sinic.

V rámci vedlejšího cíle se pokusit o zhodnocení vlivu ozáření na druhové složení společenstev na dvou protilehlých, rozdílně osvětlených stěnách a na nich se také zároveň pokusit o zmapování kvantitativního výskytu aerofytických sinic na výškovém gradientu od hladiny jezera až k vrcholku stěny.

Součástí práce je také rešerše, která stručně shrnuje současné poznání o aerofytických sinicích, obsahuje údaje o uskutečněných a publikovaných výzkumech na této skupině sinic ve světě a v neposlední řadě obsahuje také několik informací o vlivu sinic na budovy a památky.

## 2. Materiál a metody

### 2.1 Popis lokality Malá Amerika – místa odběrů

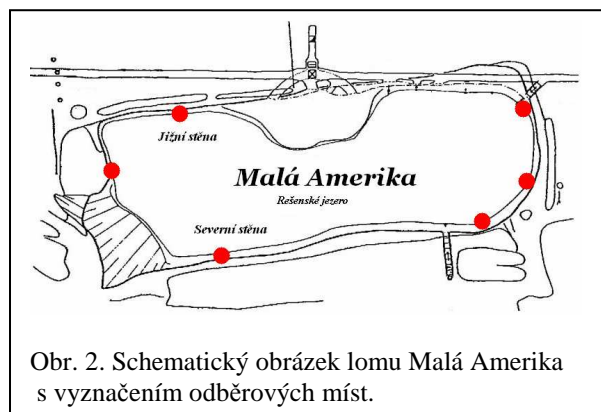
Malá Amerika je opuštěný vápencový lom obdelníkového tvaru (200 x 80 metrů) s téměř kolmými stěnami. Výška těchto stěn se pohybuje mezi 40-50 metry. Takřka celé dno lomu je zaplaveno (Rešenské jezero) a voda dosahuje až ke stěnám. Jedinou suchou plochu představuje malý ostrůvek uprostřed jižní stěny. Hloubka jezera je průměrně 10 metrů a jeho vodní stav v průběhu roku kolísá, protože nemá žádný stálý zdroj vody a je zásobeno pouze dešťovými srážkami.

Vegetace na stěnách je zastoupena hlavně mechy v puklinách, které se také starají o dlouhodobější udržení vlhkosti během sucha. Jsou schopné absorbovat velké množství vody, která pak může ze štěrbin vytékat i několik dní po deštích. A právě těmto nepravidelně „smáčeným“ místům byla věnována největší pozornost, protože v lomu nebyla nalezena ani jedna stěna s trvalým přísunem vody. Jediným, prakticky nepřetržitě smáčeným místem na stěnách, je asi patnácticentimetrový pruh vzlínající vody těsně nad vodní hladinou.

### 2.2 Sběr materiálu

Odběr vzorků byl proveden celkem třikrát. A to na jaře 2007, v pozdním létě 2007 a těsně po zimě 2008. Vhodnější byla období s větším výskytem srážek kvůli jednoduššímu a kvalitnějšímu odběru. Pro srovnání kvality nárostů se lokalita navštívila také během suchého období v létě.

Pro vlastní floristický průzkum bylo po obvodu celého lomu vybráno šest odběrových míst na různých mikrobiotopech (Obr.2). Pro zhodnocení vlivu ozáření na růst a druhové složení aerofytických sinic, byla dvě místa zvolena tak, aby byla naproti sobě, na dvou rozdílně osvětlených stěnách. Jedno odběrové místo na severní, po větší část dne zastíněné stěně a druhé na osvětlené jižní. Vždy bylo odebráno pět vzorků z každého místa jednoduchým oškrabem substrátu do připravených a očíslovaných mikrozkuumavek. Při odběru z vlhkých míst bylo možné nabrat trochu materiálu přímo mikrozkuumavkou, avšak za sucha se musel nejdříve povrch jemně oškrábat kapesním nožem na papír přitisklý ke stěně a z něj materiál přesypat do mikrozkuumavky. Z každé stěny byl



také ulomen drobný kousek vápence, ze kterého se v laboratoři vzorky získávaly pomocí ultrazvukové pračky.

Jelikož mne také zajímalo, zda se na výškovém gradientu stěny mění druhové nebo kvantitativní složení, bylo při slaňování ze severní stěny odebráno 5 vzorků v různých výškách (40 m, 30 m, 20 m, 10 m, 0 m). Poslední je z místa těsně nad vodní hladinou. Původní plán byl odebrat vzorky na výškovém gradientu obou stěn, ale tyto odběry byly prováděny až při poslední návštěvě a z časových důvodů se splnění tohoto cíle nezdařilo.

Vzorky byly uloženy v chladničce s prosklenými dveřmi, které umožňují průchod denního světla a tak byly zajištěny nejlepší podmínky pro uchování živé biomasy.

## **2.3 Mikroskopování a determinace**

V laboratorních podmínkách byly vzorky prohlíženy pod světelnými mikroskopy firmy Olympus, typ BX51 a typ CX41. Nalezené druhy byly určovány pomocí dostupné literatury. K determinaci nalezených taxonů sinic byla použita tato literatura: Komárek a Anagnostidis (1998), Komárek a Anagnostidis (2005), Geitler (1932). Názvosloví bylo použito podle databáze CyanoDB.cz (Komárek & Hauer 2008).

Fotografická dokumentace nalezených druhů byla pořízena pomocí digitálního fotoaparátu Olympus DP71.

U některých vzorků se nejdříve musely pod stereomikroskopem SZ61 též od firmy Olympus odstranit částičky nežádoucího substrátu. Vzorky, které byly získány utržením kusu vyschlé kolonie sinic, byly rehydratovány přidáním malé kapky vody. Po zvlhčení bylo možné jednoduše nabrat kapátkem požadované množství vzorku.

Relativní abundance druhů ve vzorcích byla stanovena pomocí šestistupňové tabulky abundance (Hindák 1978) (Tab. 3).

## **2.4 Kultivace**

V pokusech o kultivaci a izolaci byly některé vzorky přeneseny na agarové plotny obohacené o medium BBM (Bischoff & Bold 1963). Kultivace probíhaly při 22 °C, 22  $\mu\text{mol}$  fotonů na  $\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  a dvanáctihodinovém cyklu světlo/tma. Jednotlivé misky byly jednou týdně kontrolovány pod stereomikroskopem a v případě zjištění nových nárostů byla část odebrána, prohlédnuta pod mikroskopem a byla pořízena fotodokumentace.

### 3. Výsledky

V lomu bylo nalezeno celkem 20 druhů sinic. Kvůli nepřítomnosti trvale smáčených stěn je druhové složení velmi chudé a jsou zde zastoupeny hlavně ty druhy, které jsou schopné odolávat nepříznivým podmínkám.

Druhové složení na severní a jižní stěně se takřka neliší (Tab. 1) a na těchto dvou stěnách se našly stejné druhy jako na zbývajících odběrových místech. Z tohoto důvodu se dále mluví již jen o protilehlých stěnách. Relativní abundance druhů ve vzorcích ze severní stěny jsou uvedeny v tabulce (Tab. 2). Fotografická dokumentace nalezených druhů je uvedena v obrazové příloze.

Tab. 1. Srovnání druhového složení na severní a jižní stěně.

Druh	Severní stěna (zastíněná)	Jižní stěna (osvícená)
<i>Aphanocapsa muscicola</i>	x	x
<i>Aphanothece castagnei</i>	x	x
<i>Asterocapsa</i> sp.	x	
<i>Calothrix</i> sp.		x
<i>Gloeocapsa atrata</i>	x	x
<i>Gloeocapsa nigrescens</i>	x	x
<i>Gloeocapsa novacekii</i>	x	x
<i>Gloeocapsa rupestris</i>	x	x
<i>Gloeocapsa violascea</i>	x	x
<i>Gloeocapsopsis chroococcoides</i>	x	x
<i>Gloeocapsopsis</i> cf. <i>pleurocapsoides</i>	x	x
<i>Gloeothece rupestris</i>	x	x
<i>Hassallia byssoidea</i>	x	x
<i>Chroococcus spelaeus</i>	x	x
<i>Chroococcus subnudus</i>	x	x
<i>Leptolyngbya</i> sp.	x	x
<i>Nostoc</i> cf. <i>punctiforme</i>	x	x
<i>Nostoc</i> sp.	x	x
<i>Phormidium</i> sp.	x	x
<i>Tolypothrix elenkinii</i>	x	x

Tab. 2. Relativní abundance druhů ve vzorcích ze severní stěny.

Druh	Severní stěna (zastíněná)					
	Vzdálenost od hladiny	0 m	10 m	20 m	30 m	40 m
<i>Aphanocapsa muscicola</i>		2	3	2	3	3
<i>Aphanothece castagnei</i>		3	4	4	3	3
<i>Asterocapsa</i> sp.						+
<i>Gloeocapsa atrata</i>		3	2	2	2	
<i>Gloeocapsa nigrescens</i>		2	2			3
<i>Gloeocapsa novacekii</i>		3	4	3		3
<i>Gloeocapsa rupestris</i>		2			2	
<i>Gloeocapsa violascea</i>		3	3	3	2	3
<i>Gloeocapsopsis chroococcoides</i>			2			
<i>Gloeocapsopsis</i> cf. <i>pleurocapsoides</i>		2				2
<i>Gloeothece rupestris</i>		5				
<i>Hassallia byssoidea</i>		2	2	3	5	3
<i>Chroococcus spelaeus</i>		3	2	5	3	3
<i>Chroococcus subnudus</i>				1		
<i>Leptolyngbya</i> sp.		2		3	4	
<i>Phormidium</i> sp.		3		2	2	
<i>Tolypothrix elenkinii</i>			2		2	2

Tab. 3. Tabulka abundance (Hindák 1978).

stupeň	abundance druhu	pokryvnost [%]
6	masově zastoupený	90 - 100
5	velmi hojný	50 - 90
4	hojný	20 - 50
3	dosti hojný	5 - 20
2	zřídka se vyskytující	1 - 5
1	velmi zřídka se vyskytující	0,1 - 1
+	ojediněle zastoupený	0,1

### 3.1 Nalezené taxony sinic a jejich popis

#### 1. *Aphanocapsa muscicola* (Meneghini) Wille 1919 (Obr. 5a)

*Coccochloris muscicola* Meneghini 1843; *Aphanocapsa montana* Cramer 1862; *Aphanocapsa naegeli* Richter 1884; *Aphanocapsa minima* Migula 1933; *Microcystis muscicola* (Meneghini) Elenkin 1938; *Microcystis montigena* Hoffmann 1986

Bezbarvé kolonie. Buňky kulovité, modrozelené nebo světle zelené, 2-4  $\mu\text{m}$  v průměru, občas obklopené vlastním slizovitým obalem.

Aerofytický druh vlhkých stěn, dřeva a půdy. Výskyt v celém mírném pásmu.

#### 2. *Aphanothece castagnei* (Brébisson) Rabenhorst 1865 (Obr. 5b)

*Gloeothece heufleri* Grunow in Rabenhorst 1865

Nárosty makroskopické, slizovité, pevné. Buňky oválné, olivově zelené, 3,4-8 x 2-4,8  $\mu\text{m}$ , občas s vlastními slizovými obaly, v kolonii nepravidelně rozmístěné.

Časté nálezy z vlhkých vápencových stěn a tento druh byl právě na takovéto stěně nalezen.

#### 3. *Asterocapsa* sp. (Obr. 5c)

Kolonie velikosti až 45  $\mu\text{m}$ , často nažloutlé nebo namodralé. Jednotlivé buňky 3-6  $\mu\text{m}$ , světle zelené. Buňky nebo jejich skupiny jsou obklopené zřetelnými, obvykle pevnými obaly, které jsou bezbarvé nebo zabarvené pigmenty (načervenalé, žluté, aj.).

#### 4. *Calothrix* sp. (Obr. 5d)

Podlouhlá stélka, svazkovitá, žlutohnědá či žlutozelená tvořená jednotlivými nebo paralelně uspořádanými vlákny. Vlákna modrozelená, olivovězelená do 400  $\mu\text{m}$  dlouhá, na bázi elipsovitě rozšířená, potom náhle zúžená. Vlákna ukončená dlouhým, hyalinním vlasem.

#### 5. *Gloeocapsa atrata* Kützing 1845 (Obr. 5e)

*Gloeocapsa montana* Kützing 1843; *Gloeocapsa alpicola* (Lyngbye) Bornet in W. et G.S. West 1903

Kolonie obvykle makroskopické, vytvářejí tmavě šedavá nebo špinavě šedozelená společenstva složená z mnoha subkolonií. Subkolonie tvoří 2-4 (i více) buněk s vlastními obaly. Jednotlivé buňky jsou spojené obaly druhé a vyšší generace. Slizovité obaly jsou kulovité, oválné, elipsovité i nepravidelné bezbarvé nebo částečně načernalé. Buňky kulovité nebo oválné před dělením 2,5-5  $\mu\text{m}$ .

Subaerofytický druh na vlhkých skálách a zdech. Relativně běžný ve střední a severní Evropě.

6. *Gloeocapsa nigrescens* Nägeli in Rabenhorst 1857 (Obr. 5f)

Kolonie mikroskopické, kulovité, někdy pospojované do tmavých, makroskopických společenstev. Subkolonie tvoří skupiny kulovitých buněk uzavřených v samostatných obalech, které jsou kulovité, nevrstevnaté, uvnitř barvy fialové (od světle fialové až po téměř černou) a na povrchu jsou bezbarvé. Kolonie bývají velké do 150  $\mu\text{m}$ . Buňky jsou kulovité, modrozelené, průměrně 3-5  $\mu\text{m}$  veliké.

Aerofytický druh na vápencových a serpentinitových skálách v nížinách i v horách, obvykle na místech s nízkou ozářeností a vysokou vlhkostí. Běžný především v teplých a tropických oblastech.

7. *Gloeocapsa novacekii* Komárek et Anagnostidis 1995 (Obr. 6a,b)

*Gloeocapsa sanguinea* sensu Nováček 1930

Kolonie mikro nebo makroskopické, rosolovité, zrnité, rezavě červené za vlhka a černohnědé za sucha. Jsou složeny ze subkolonií o velikosti do 60  $\mu\text{m}$ . Slizovité obaly široké, bezbarvé nebo načervenalé. Buňky kulovité nebo široce oválné, zelené, průměrně 4-7  $\mu\text{m}$ . Aerofytický druh na periodicky smáčených stěnách. Popsaný ze serpentinitu z České republiky (západní Morava), ale hojný i na vápenci (Hauer 2007).

8. *Gloeocapsa rupestris* Kützing 1845 (Obr. 6c)

*Gloeocapsa muralis* Kützing 1845

Kolonie mikro i makroskopické, nepravidelné, rosolovité, žlutohnědé, složeny z kulovitých nebo oválných subkolonií, 15-75  $\mu\text{m}$ . Subkolonie obklopené samostatnými, ohraničenými, obvykle zřetelně vrstevnatými, žlutými nebo žlutohnědými obaly. Buňky špinavě zelené, kulovité, 6-8  $\mu\text{m}$  v průměru.

Subaerofytický druh na periodicky smáčených skálách a zdech. Běžný v neznečištěných oblastech, známý z celé Evropy a Jižní Ameriky.

9. *Gloeocapsa violascea* (Corda) Rabenhorst 1865 (Obr. 6d)

*Protococcus violasceus* Corda in Sturm 1833

Kolonie tmavě modrozelené, za vlhka makroskopické, jinak mikroskopické, složeny z více či méně kulovitých subkolonií, které obsahují nepravidelně uspořádané buňky. Slizovitý obal ohraničený, někdy se na okrajích „roztéká“. Jeho barva může přecházet od světle fialové, přes modrofialovou až k tmavě fialové. Buňky tmavě zelené, 3-4  $\mu\text{m}$  v průměru. Aerofytický druh, obvykle na nevápnitých substrátech, ale popsán také z serpentinitů a vápenců. Nálezy ze střední Evropy – Česká republika, Rakousko, Německo.

10. *Gloeocapsopsis chroococcoides* (Nováček) Komárek 1993 (Obr. 6e)

*Gloeocapsa chroococcoides* Nováček 1934

Kolonie mikroskopické, složené z několika subkolonií rozpadajících se na menší skupinky opouzdřených buněk. Buňky nepravidelně kulovité, černé, někdy tmavě fialové, 8-14  $\mu\text{m}$ . Obaly tenké, kopírující obrys buněk, bezbarvé nebo načernalé.

Aerofytický druh popsáný ze suchých serpentinitových stěn. Nalezený pouze v České republice na vápenci (západní Morava) (Hauer 2007).

11. *Gloeocapsopsis* cf. *pleurocapsoides* (Obr. 6f)

Zřídka samotné buňky, většinou mikro či makroskopické kolonie složené z hustě nahlouchených buněk a nebo z jejich malých skupin, ohraničených slizovými obaly. Pochvy buněk zřetelné, někdy jemně vrstevnaté. Buňky žluté až žlutohnědé, 5-10  $\mu\text{m}$ . Dělení buněk je nepravidelné v různých rovinách.

Aerofytický druh na suchých, dočasně vlhkých stěnách. Výjimečně subaerofytický na stěnách trvale smáčených. Známý z České republiky, několika Asijských oblastí a z Argentiny.

12. *Gloeotheca rupestris* (Lyngbye) Bornet in Wittrock et Nordstedt 1880 (Obr. 7a)

*Gloeotheca rupestris* f. *maxima* (W. West) Hollerbach in Elenkin 1938

Kolonie mikroskopické, nepravidelného tvaru. Buň bezbarvé nebo zčásti nažloutlé až žluté. Buňky kulovité, olivově zelené s vlastními, lamelovanými slizovými obaly, které také mívají žlutou barvu. Velikost buněk 5-7 x 3-5  $\mu\text{m}$ .

Druh vlhkých stěn. V hojném množství se objevil pouze ve vzorku, který byl odebrán z jediného, trvale smáčeného místa těsně nad vodní hladinou.

13. *Hassallia byssoidea* Hassal ex Bornet et Flahault 1887 (Obr. 7b)

*Scytonema byssoideum* C. Agardh 1812 – pre-starting point synonym; *Tolypothrix byssoidea* (C. Agardh) Kirchner in Engler et Prantl 1900

Stélka zelenožlutá, vlákna silně rozvětvená 10-18  $\mu\text{m}$  široká a až 1 mm dlouhá. Pochvy úzké, žluté, občas bezbarvé. Trichomy olivově zelené 7-12  $\mu\text{m}$  široké. Heterocyty bazální, 8-10  $\mu\text{m}$ , jeden nebo dva. Tvorba hormogónií.

Vyskytuje se na částečně zastíněných, mírně vlhkých vápencových, serpentinitových i žulových výchozech a stěnách.



14. *Chroococcus spelaeus* Ercegović 1925 (Obr. 7c,d)

Kolonie mikroskopické, 2-4 buněčné. Slizové obaly jasně ohraničené, 4-6  $\mu\text{m}$  silné, bezbarvé, nevrstevnaté. Buňky polokulovité až kulovité, lehce granulované, zelenohnědé až hnědé, 16-25  $\mu\text{m}$  v průměru.

Aerofytický druh vyskytující se mezi ostatními sinicemi na vlhkých skálách (vápenec). Popsán z Chorvatska.

15. *Chroococcus subnudus* (Hansgirg) Cronberg et Komárek 1994 (Obr. 7e)

*Chroococcus turgidus* var. *subnudus* Hansgirg 1892

Kolonie mikroskopické, 2-8 buněčné, výjimečně samostatné buňky. Společný sliz okolo kolonií chybí. Slizové obaly jasně ohraničené, tenké, kopírující povrch buňky, nevrstevnaté. Buňky oválné, někdy téměř kulovité, intenzivně zelené nebo modrozelené.

Na tento druh můžeme narazit v mokřinách, bažinách, litorálních jezerech i na vlhkých skalních stěnách. Převážně v temperátní zóně severní polokoule.

16. *Leptolyngbya* sp. (Obr. 7f)

Stélka světle modrozelená, kompaktní, tvoří souvislé povlaky. Vlákna dlouhá, tenká, jdoucí souběžně vedle sebe případně částečně spletená. Pochvy nevýrazné, tenké. Trichomy modrozelené, zakončené oválnou buňkou.

Tento druh se ve velkém množství objevuje v kultivaci, kde vytváří makroskopické, světle zelené, vláknité nárosty.

17. *Nostoc* cf. *punctiforme* (Obr. 8a)

Makroskopické, hustě bradavičnaté, nepravidelně kulovité kolonie, 1-3 (6) cm, tmavězelené až tmavěhnědé, pevně přirostlé k podloží. Trichomy hustě spletené, velmi početné modrozelené. Buňky krátce elipsovité, s rozměry 3 x 2,5-5  $\mu\text{m}$ . Heterocyty téměř kulovité, v průměru 4-6,5  $\mu\text{m}$ .

18. *Nostoc* sp. (Obr. 8b)

Makroskopické kolonie, kulovité, někdy ploché, v průměru 2 cm, olivovězelené nebo žlutozelené. Vlákna hustě uspořádaná, nepravidelně spletená, pochvy nevýrazné, těžko viditelné. Buňky krátce soudečkovité s rozměry 3 x 4-5  $\mu\text{m}$ . Heterocyty kulovité, nažloutlé, 4-6,5  $\mu\text{m}$ .

19. *Phormidium* sp. (Obr. 8c)

Vlákna krátká, rovná, světle zelená. Pochvy velmi tenké, nevýrazné, bezbarvé. Buňky spíše širší než delší, světle zelené, 3-4 x 2,5  $\mu\text{m}$ . Apikální buňky zakulacené, bez kalyptry.

20. *Tolypothrix elenkinii* (Obr. 8d)

Keříčkovitá, hustě větvená stélka, složená z vláken různě poohýbaných a větvených, obalených silnými, žlutohnědými pochvami. Apikální růst, tvorba hormogónií. Buňky světle zelené, soudečkovité, 4-5  $\mu\text{m}$ . Heterocyty bazální, o rozměrech 6-7  $\mu\text{m}$ .

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

### 3.2 Výsledky kultivací

Kultivace podle očekávání ovládly snadno kultivovatelné vláknité sinice (např. *Leptolyngbya*), ale také řasy. Při pokusu se opět potvrdilo, že aerofytické sinice jsou velmi těžko kultivovatelné. Ze stejného důvodu je také velký problém při určování, protože jen pro málo druhů existují kmeny a kvalitní molekulární studie, o které se můžete při determinaci „opřít“. Avšak nedá se říct, že by byl pokus o kultivaci zcela bezvýsledný, protože jeden typ sinice zatím poměrně úspěšně roste a bude nejspíš možné pokusit se o jeho vyizolování. Tento typ byl prozatím určen jako cf. *Aphanothece*. Přesnější určení bude možné až se podaří získat větší množství čistého materiálu. I když se bohužel nepodařilo nakultivovat i jiné druhy, došlo v každém případě na agaru k výraznému „oživení“ vzorků, které přispělo k jednoduššímu pozorování materiálu.

## 4. Diskuse

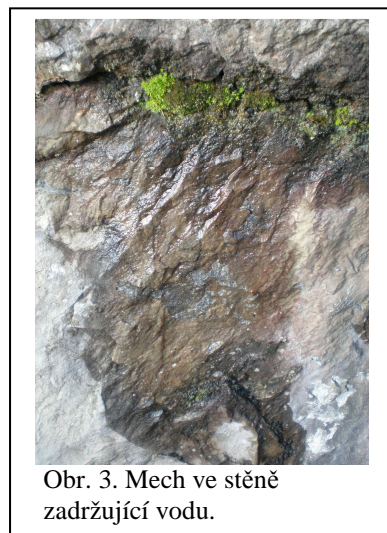
Vápencové lomy v Českém krasu jsou jedním z nejzajímavějších, uměle vytvořených biotopů této oblasti. Na první pohled vypadají kolmé stěny lomů opuštěně a bez života, ale při detailnějším prozkoumání substrátu ihned narazíme na obrovská, prosperující společenstva aerofytických sinic, která pomáhají vzniku dalšího života a jsou zcela neprávem opomíjeným typem přírodního fondu oblasti. Úroveň znalostí o této flóře je v České republice velmi nízká. Pouze první část studie od Nováčka (1934) se zabývala sinicemi na serpentinitu v Mohelenské hadcové stepi. Na stejném místě prováděla výzkum i Kamišová (1995) a část práce mu věnoval i Hauer (2007), který ve svém díle mapoval aerofytické sinice vybraných lokalit České republiky. Krautová (2006) studovala složení sinicových a řasových společenstev na pískovcových skálách CHKO Broumovsko. Má práce měla za úkol zaznamenat druhové složení aerofytických sinic na malé lokalitě Českého krasu, na jehož území nebyl až doposud prováděn žádný algologický průzkum s tímto zaměřením. Při nahlédnutí do prodromu sinic a řas České republiky (Pouličková et al. 2004), narazíme pouze na několik druhů rozsivek a zelených řas nalezených v Berounce, ale nenalezneme v něm žádný záznam o epilitických sinicích z Českého krasu. Tato fakta potvrzuje i skutečnost, že ve sborníku *Bohemia centralis*, který vychází od roku 1959, není žádná zmínka o jakékoliv algoflóře.

*Bohemia centralis* je recenzovaný regionální sborník pro střední Čechy vycházející zpravidla jednou ročně a je určený pro publikaci výsledků vědecké a odborné činnosti směřující k poznání všech aspektů přírody se zvláštním důrazem na cenná přírodní území a vzácné druhy.

Tato bakalářská práce splňuje všechny podmínky potřebné k zařazení výsledků do sborníku *Bohemia centralis* a já se tedy pokusím, aby se neprávem opomíjené sinice zařadily vedle „mediálně“ známějších hub, mechů, netopýrů, měkkýšů a pavouků aj. Výsledky se dodatečně ještě rozšíří, protože na podzim bude dokončena další práce probíhající na území Českého krasu, přesněji v těsném okolí Srbska (Resl in prep.). V současné době na zpracování také čekají již odebrané vzorky z Císařské rokle, která se nachází na území NPR Koda.

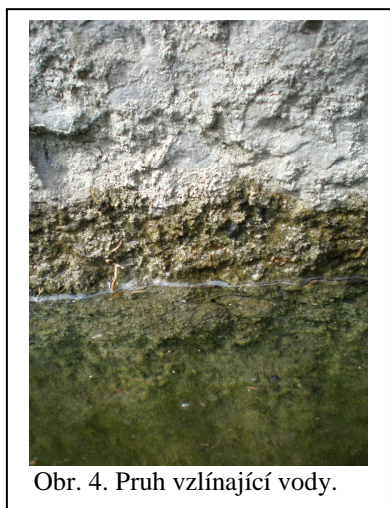
V lomu Malá Amerika bylo nalezeno celkem 20 druhů sinic. Za zmínku jistě stojí fakt, že na všech odběrových místech, která se částečně odlišovala pouze mikrobiotopem, byly nalezeny téměř vždy stejné druhy sinic, jen s minimálními rozdíly, které mohly být způsobené malým počtem odběrů. Všechny nalezené druhy by se daly zařadit do skupiny sinic schopných odolávat extrémním podmínkám, které v lomu jistě panují. I když na trvale osvětleném, suchém místě se společenstva vyskytovala v podobě tmavého, tenkého, „práškového“ biofilmu a na místě vlhčím, zastíněném se objevovala v podobě tlustých, makroskopických nárostů, skládala se ve většině případů ze stejných druhů. Proto neměly různé mikrobioty takový vliv na druhové složení.

Při celkovém pohledu na distribuci vody v lomu zjistíme, že vápencové stěny jsou převážnou část roku zcela suché, protože voda je do lomu dodávána pouze v podobě deště. Kolmé stěny bez vegetace však ani po silném dešti vlhkost dlouho neudrží a velice rychle opět vysychají. Jediná vegetace starající se o udržení vody po delší dobu je zastoupena mechy, které vyplňují některé větší pukliny ve štěních. Tyto mechy jsou po vydatných deštích schopné zadržet větší množství vody (Obr. 3), která z nich následně dlouhou dobu pomalu vytéká a právě na těchto místech můžeme sinice najít v podobě makroskopických kolonií.



Obr. 3. Mech ve stěně zadržující vodu.

Jediným celoročně smáčeným místem v lomu je pouze patnáct centimetrů široký pruh vzlínající vody na



Obr. 4. Pruh vzlínající vody.

dotyku stěny s hladinou jezera (Obr. 4). Právě na tomto místě byl nalezen druh *Gloeotheca rupestris*, který vyšší vlhkost zřejmě potřebuje, protože na jiných místech lomu nalezen nebyl. Tato skutečnost se shoduje i s informací v literatuře (Komárek a Anagnostidis 1998).

V nalezených druzích převládaly kokální sinice rodů *Gloeocapsa*, *Gloeotheca*, *Aphanocapsa*, *Aphanothece* a *Chroococcus*, které jsou pro terestrické bioty typické (Ercegović 1925, Jaag 1945, Golubić 1967a,b, Bell et al. 1986). Avšak tato velká převaha kokálních sinic se neshoduje s výsledky studie Ortega-Calvo a kol. (1995), ze kterých vyplývá, že v subaerických biofilmech můžeme nejčastěji nalézt druhy ze skupiny sinic vláknitých. Jejich práce srovnávala floristické studie prováděné na budovách v oblastech Asie, Evropy a Ameriky.

Po zpracování vzorků odebíraných na výškovém gradientu stěny se podle očekávání ukázalo, že nejvíce druhů je v místě nacházejícím se blízko vodní hladině (Obr. 4). V ostatních vzorcích se nepodařilo prokázat výraznější vliv vzdálenosti od hladiny jezera, protože v nich byl nalezen vždy stejný počet druhů a měnilo se pouze jejich nakombinování. Za zmínku stojí druhy *Aphanocapsa muscicola*, *Aphanothece castagnei*, *Gloeocapsa violascea*, *Hassallia byssoidea*, *Chroococcus spelaeus*, které se vyskytovaly v každém vzorku. Naopak druh *Gloeothece rupestris* byl nalezen pouze v jednom vzorku, ale za to ve velkém množství. Výskyt ostatních druhů by se dal označit spíše jako náhodný, protože např. druhy *Gloeocapsa rupestris*, *Gloeocapsa nigrescens*, *Gloeocapsopsis* cf. *pleurocapsoides* a *Tolypothrix elenkinii* se objevovaly jak ve vzorcích odebíraných u hladiny, tak i ve vzorcích z horní části stěny.

Druhové složení aerofytických společenstev v lomu je nejvíce ovlivňováno dostupností vody. Vliv ozářenosti na počet druhů není tak vysoký a způsobuje především rychlejší vysychání substrátu, takže v tomto případě se sinicím více daří na místech zastíněných, kde je o něco vyšší možnost udržení vlhkosti.

## 5. Závěr

1. V opuštěném vápencovém lomu Malá Amerika bylo nalezeno celkem 20 druhů sinic, které se podařilo alespoň částečně nebo zcela určit a fotograficky zdokumentovat.
2. Nebyl zjištěn výraznější vliv ozářenosti na druhové složení. Hlavním faktorem limitujícím přítomnost sinic na studované lokalitě je vlhkost.
3. Byla vypracována literární rešerše, která obsahuje stručnou charakteristiku aerofytických sinic, přehled prací prováděných na těchto organismech ve světě a také informuje, jaký vliv mají aerofytické sinice na budovy a památky.
4. V kultivacích se vedle dobře rostoucích sinic rodu *Nostoc* a *Leptolyngbya* podařilo napěstovat také větší množství jednoho druhu, který spadá do skupiny „těžko kultivovatelných“. Vyizolovat čistou kulturu se však ještě nepodařilo.

## 6. Seznam literatury

- Anagnostidis, K., Economou-Amilli, A. & Roussomoustakaki, M. 1983. Epilithic and chasmolithic microflora (Cyanophyta, Bacillariophyta) from marbles of the Parthenon (Acropolis-Athens, Greece). *Nova Hedwigia* 38:227-287.
- AOPK ČR. Územní působnost správ chráněných krajinných oblastí. <http://www.ochranaprirody.cz/?cmd=page&type=102>.
- AOPK ČR. Schematická mapa CHKO Český kras. <http://www.ceskykras.ochranaprirody.cz/index.php?cmd=show&imageID=48679&title>.
- Bachmann, E. 1915. Kalklösende Algen. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 33:45-57.
- Behre, K. 1953. Cyanophyceen überrieselter Felsen, von Herrn Vaillant vornehmlich in Algerien gesammelt. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique N.* 44:209-227.
- Bell, R. A., Athey, P. V. & Sommerfeld, M. R. 1986. Cryptoendolithic algal communities of the Colorado Plateau. *J. Phycol.* 22:429-435.
- Bischoff, H. W. & Bold, H. C. 1963. Some soil algae from Enchanted Rock and related algal species. Univ. Texas Publ. *Phycological Studies IV.* 6318:1-95.
- Brandt, F. 1900. Morphologisch-physiologische Betrachtungen über Cyanophyceen. Beih. Zum. Bot. Zentralblatt XV.
- Broady, P. A. 1981a. Ecological and taxonomic observations on subaerial epilithic algae from Princess Elisabeth Land and Mac. Robertson Land, Antarctica. *Br. J. Phycol.* 16:257-66.
- Broady, P. A. 1981b. The ecology of chasmoendolithic algae at coastal locations of Antarctica. *Phycologia* 20:259-272.
- Büdel, B. 1987. Zur Biologie und Systematik der Flechtengattungen *Heppia* und *Peltula* im südlichen Afrika. *Lichenologica* 23:1-105.
- Büdel, B. 1996. Wo leben Algen? Vorkommen und biologische Bedeutung. *Prax. d. Naturwiss. Biol.* 45:12-19.
- Büdel, B. 1999. Ecology and diversity of rock-inhabiting cyanobacteria in tropical regions. *Eur. J. Phycol.* 34:361-370.
- Büdel, B., Weber, B., Kühl, M., Pfanz, H., Sültemeyer, D. & Wessels, D. 2004. Reshaping of sandstone surfaces by cryptoendolithic cyanobacteria: bioalkalization causes chemical weathering in arid landscapes. *Geobiology* 3:261-268.
- Casamatta, D. A., Verb, R. G., Beaver, J. R. & Vis, M. L. 2002. An Investigation of the Cryptobiotic Community from Sandstone Cliffs in Southeast Ohio. *International Journal of Plant Sciences* 163:837-845.

- Cedercreutz, C. 1941. Beitrag zur Kenntnis der Felsenalgen in Finnland. *Soc. Fauna Fl. Fenn.* 17:105-121.
- Ceskykras.cz. Charakteristika oblasti – flóra. <http://www.ceskykras.ochranaprirody.cz/index.php?cmd=page&id=324>.
- Danin, A. 1983. Weathering of limestone in Jerusalem by cyanobacteria. *Z. Geomorphol. N.F.* 27:413-421.
- Danin, A. & Garty, J. 1983. Distribution of cyanobacteria and lichens on hillsides of the Negev Highlands and their impact on biogenic weathering. *Z. Geomorphol. N.F.* 27:423-444.
- Del Monte, M. & Sabbioni, C. 1983. Weddellite on limestone in the Venice environment. *Environ. Sci. Technol.* 17:518-522.
- Diels, L. 1914. Die Algen-Vegetation der Südtiroler Dolomitriffe. Ein Beitrag zur Ökologie der Lithophyten. *Ber. Deutsch Bot. Ges.* 32:502-526.
- Dupuy, P., Trotet, G. & Grossin, F. 1976. Protection des monuments contre les cyanophycées en milieu abrite et humide. pp. 205-219.
- Ercegović, A. 1925. Litofitska vegetacija vapnenaca i dolomita u Hrvatskoj. Univ. Zagrebensis. *Acta. Inst. Bot.* 1:64-114.
- Fjerdingstad, E. 1965. The algal flora of some "Tintenstriche" in the Alpes-Maritimes (France). *Schw. Z. Hydrol.* 27:167-171.
- Fott, B. 1967. Sinice a řasy. Nakladatelství Československé Akademie věd, Praha, pp. 394-419
- Frémy, P. 1925. Essai sur l'écologie des algues saxicoles, aériennes et subaériennes, en Normandie. *Nuova Notarisia* 36:297-304.
- Frémy, P. 1930. Les Myxophycées de l'Afrique Équatoriale Française. *Arch. Bot. Mém.* 3:1-508.
- Friedmann, E. I. 1971. Light and scanning electron microscopy of the endolithic desert algal habitat. *Phycologia* 10:411-428.
- Friedmann, E. I. 1972. Ecology of lithophytic algal habitats in Middle Eastern and North American desert. pp. 182-185. In Rodin, L. E. (ed.), *Ecophysiological foundation of ecosystems productivity in arid zones*. Leningrad, Nauka, U.S.S.R.
- Friedmann, E. I. 1982. Endolithic microorganisms in the Antarctic cold desert. *Science* 215:1045-1053.
- Friedmann, E. I. & Ocampo-Friedmann, R. 1984. Endolithic microorganisms in extreme dry environments: Analysis of a lithobiontic microbial habitat. pp. 177-185. In Klug, M. J.



- & Reddy, C. A. Current perspectives in microbial ecology. American Society for Microbiology, Washington, D.C.
- Fritsch, F. E. 1907. The subaerial and freshwater algal flora of the tropics. A phytogeographical and ecological study. *Ann. Bot.* 21:235-275.
- Fusey, P. & Hyvert, G. 1964. Les altérations physico-chimiques et biologiques des grès des monuments Khmers. *Sciences de la Terre et des Planètes* 258:6573–6575.
- Garcia-Pichel, F. 1998. Solar Ultraviolet and the Evolutionary History of Cyanobacteria. *Origins of Life and Evolution of Biospheres* 28:321-347.
- Gaylarde, C. C. & Gaylarde, P. M. 2005. A comparative study of the major microbial biomass of biofilms on exteriors of buildings in Europe and Latin America. *International Biodeterioration & Biodegradation* 55:131-139.
- Geitler, L. 1932. Cyanophyceae. In L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. *Akademische Verlagsgesellschaft* 14:1-1196.
- Glazovskaya, M. A. 1950. Rock weathering in the arable belt of central Tyan-Shan. *Trudy Pochv. Inst. Akad. Nauk SSSR* 34:28-48.
- Golubić, S. 1967a. Algenvegetation der Felsen. Eine ökologische Algenstudie im dinarischen Karstgebiet. In Elster, H. J. & Ohle, W. (eds). *Die Binnengewässer*. Stuttgart, Germany. *Schweizerbart'sche-Verlagsbuchhandlung* 23:1-183.
- Golubić, S. 1967b. Die Algenvegetation an Sandsteinfelsen Ost-Venezuelas (Cumana). *Int. Rev. Gesamten. Hydrobiol.* 52:693-699.
- Golubić, S., Perkins, R. D. & Lukas, K. J. 1975. Boring microorganisms and microborings in carbonate substrates. pp. 229-259. In Frey, R. W. (ed.). *The study of trace fossils*. Springer-Verlag, New York.
- Golubić, S., Friedmann, E. I. & Schneider, J. 1981. The lithobiontic niche, with special reference to microorganism. *Journal of Sedimentology and Petrology* 51:475-478.
- Gómez-Alarcón, G., Muñoz, M., Ariño, X. & Ortega-Calvo, J. J. 1995. Microbial communities in weathered sandstone: the case of Carrascosa del Campo church, Spain. *The Science of the Total Environment* 167:249-254.
- Gorbushina, A. A. 2007. Life on the rocks. *Environmental Microbiology* 9:1613-1631.
- Gromov, B. V. 1957. The microflora of rock layers and primitive soils of some northern district of the USSR. *Mikrobiologiya* 26:57-63.
- Hauer, T. 2007. Rock-inhabiting cyanoprokaryota of selected localities in the Czech Republic. Ph.D. Thesis, in Czech. University of South Bohemia, České Budějovice, 57 pp.

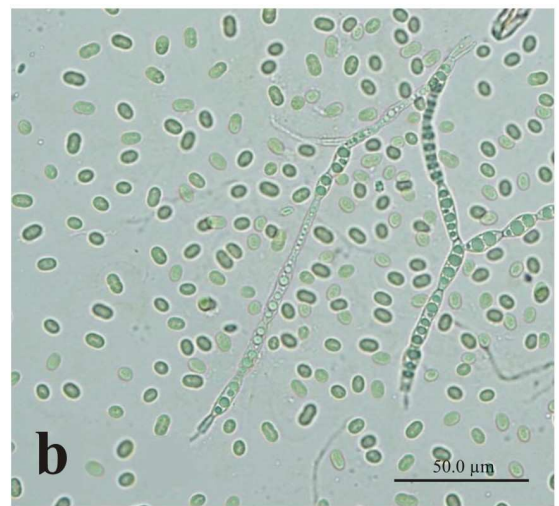
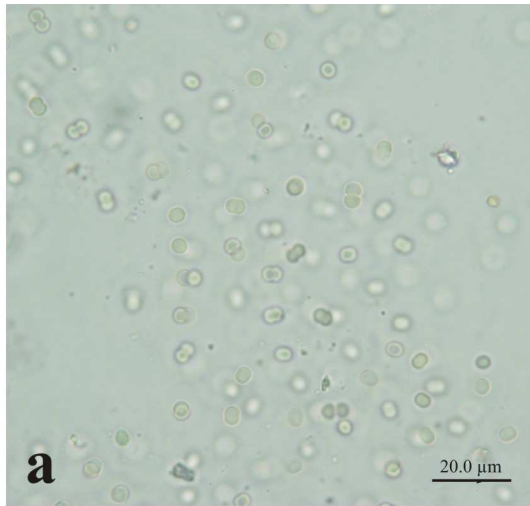
- Häyrén, E. 1940. Die Algenvegetation der Sickerwasserstreifen auf den Felsen in Südfinnland. *Commentat Biol.* 7:1-19.
- Hindák, F. 1978. Sladkovodné riasy. Slovenské pedagogické nakladateľstvo, Bratislava, 724 pp.
- Hirsch, P., Eckhardt, F. E. W. & Palmer Jr., R. J. 1995. Methods for the study of rockinhabiting microorganism. A mini review. *Journal of Microbiological Methods* 23:143-167.
- Hoffman, L. 1986. Algues bleues aériennes et subaériennes du Grand-Duché de Luxembourg. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.* 56:77-127.
- Hoffman, L. 1989. Algae of Terrestrial Habitats. *The Botanical Review* 55:77-105.
- Hyvert, G. 1973. Borobudur, les bas-reliefs materiaux – facteurs responsables des dégradations – programme de conversation. *Stud. Conserv.* 18:131-155.
- Chlupáč, I. 1988. Geologické zajímavosti pražského okolí. Academia, Praha.
- Jaag, O. 1945. Untersuchungen über die Vegetation und Biologie der Algen des nackten Gesteins in den Alpen, im Jura und im schweizerischen Mittelland. Switzerland, Böhler & Co., Bern. 3:1-560.
- Jalas, J. 1949. Algen von einigen sonnenexponierten Osabhängen. *Arch. Soc. Zool. Bot. Fenn.* 3:52-59.
- Johansen, J. R., Rushforth, S. R., Orbendorfer, R., Fungladda, N. & Grimes, J. A. 1983. The algal flora of selected wet walls in Zion National Park, Utah, USA. *Nova Hedwigia* 38:765-808.
- 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. SOČ, Třeboň, 16 pp.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1998. Cyanoprokaryota 1. Teil. Chroococcales. In Ettl, H., Gärtner, G., Heinig, H. & Mollenhauer, D. (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. 19/1. Gustav Fischer Jena, pp. 1-548.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 2005. Cyanoprokaryota 2. Teil. Oscillatoriales. In Büdel, B., Gärtner, G., Krienitz, L. & Schagerl, M. (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. 19/2. Gustav Fischer Jena, pp. 1-759.
- Komárek, J. & Hauer, T. 2008. CyanoDB.cz. On-line database of cyanobacterial genera. (state in March 2008) <http://www.cyanodb.cz/>
- Koster, J. T. 1939. Notes on Javanese calcicole Cyanophyceae. *Blumea* 3:243-247.

- Kováčik, L. 2000. Cyanobacteria and algae as agents of biodeterioration of stone substrata of historical buildings and other cultural monuments. *In* Choi S. & Suh M. (eds). Proceedings of the New Millenium International Forum on Conservation of Cultural Property, Daejeon, Korea. 5.-8.12.2000. Kongju National University, Kongju, Korea, pp. 44-58.
- Krautová, M. 2006. Cyanobacteria and algae from protected sandstone area Broumovské stěny. Bc. Thesis, in Czech. University of South Bohemia, České Budějovice, 37 pp.
- Krumbein, W. E. & Jens, K. 1981. Biogenic rock warnishes of the Negev Desert (Israel): An ecological study of iron and manganese transformation by cyanobacteria and fungi. *Ecologia* 50:25-38.
- Kvíděrová, J. 2004. Adaptation of algae to extreme environments. Ph.D. Thesis, in Czech. University of South Bohemia, České Budějovice, 53 pp.
- Lomy-Amerika.cz. Lom Velká a Malá Amerika. <http://www.lomy-amerika.cz/index.php>.
- Ložek, V. & Němec, J. 1996. Chráněná území ČR 1 - Střední Čechy. Consult, Praha, pp. 242-261.
- Messikommer, F. 1942. Beitrag zur Kenntnis der Algenflora und Algenvegetation des Hochgebirges im Davos. *Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz.* 24:1-452.
- Metting, B. 1981. The systematics and ecology of soil algae. *Bot. Rev.* 47:195-312.
- Nature.cz. Evropsky významné lokality v České republice. [http://www.nature.cz/natura2000-design3/web\\_lokality.php?cast=1805&akce=karta&id=133120](http://www.nature.cz/natura2000-design3/web_lokality.php?cast=1805&akce=karta&id=133120)
- Nienow, J. A., McKay, C. P. & Friedmann, E. I. 1988. The cryptoendolithic microbial environment in the Ross Desert of Antarctica: light in the photosynthetically region. *Microb. Ecol.* 16:271-289.
- Nováček, F. 1934. Epilitické sinice serpentínů mohelenských. Pars I.: Chroococcales. *In* Podpěra, J. (ed.) Mohelno. Svaz pro ochranu přírody a domoviny v zemi Moravskoslezské, Brno, 178 pp.
- Odintsova, S. V. 1941. Nitrate formation in deserts. *Inst. Akad. Nauk SSSR* 32:578-580.
- Ortega-Calvo, J. J., Ariño, X., Hernandez-Marine, M. & Saiz-Jimenez, C. 1995. Factors affecting the weathering and colonization of monuments by phototrophic microorganisms. *The Science of the Total Environment* 167:329-341.
- Paladix.cz. Karlštejnsko a lomy Amerika. <http://www.paladix.cz/clanek.php?aid=10186&sid=1&hledej=>
- Paleni, A. & Curri, S. 1972. Biological aggression of works of art in Venice. Biodeterioration of materials. *Applied Science Publishers* 2:392-400.

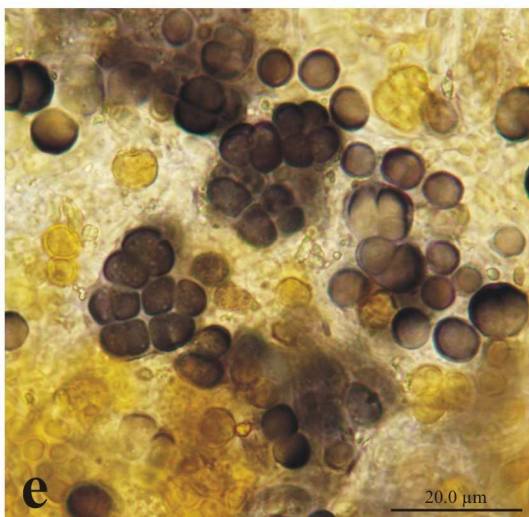
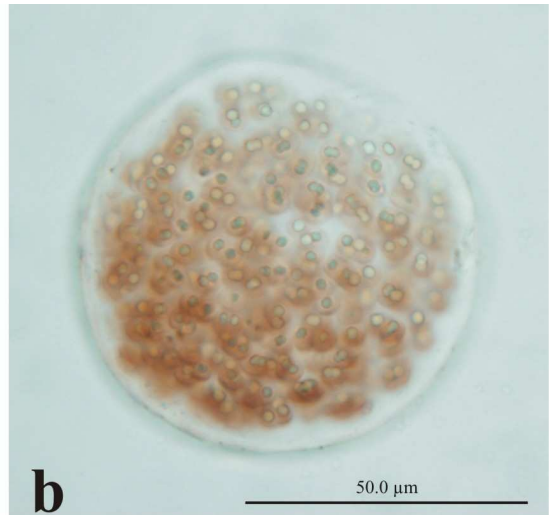
- Palik, P. 1938. Beiträge zur Kenntnis der Lithophyten Algenvegetation des Bükkgebirges. Univ. Budapest. *Index Horti Bot.* 3:3-10.
- Potts, M. 1994. Desiccation tolerance of prokaryotes. *Microbiol. Rev.* 58:755-805.
- Potts, M. 1999. Mechanism of desiccation tolerance in cyanobacteria. *Eur. J. Phycol.* 34:319-328.
- Pouličková, A., Lhotský, O. & Dřimalová, D. 2004. Prodrómus sinic a řas České republiky. *Czech Phycology* 4:19-33.
- Prát, S., Dvořáková, J. & Baslerová, M. 1972. Cultures of algae in various media. Academia, Praha, pp. 30-34.
- Rands, D. G., Davis, J. S. & Arana, L. R. 1984. Chemical and biological processes in coquina of Castillo de San Marcos National Monument. *Aquatic Sciences* 46:109-116.
- Royzin, M. B. 1960. Microflora of the rock and primitive soils in the high mountain arctic desert. *Bot. Zurn.* 45:997-1008.
- Saiz-Jimenez, C. 1997. Biodeterioration vs. Biodegradation: the Role of Microorganisms in the Removal of Pollutants Deposited on Historic Buildings. *International Biodeterioration & Biodegradation* 40:225-232.
- Samek, V. 1964. Lesní společenstva Českého krasu. *Rozpravy ČSAV* 7:5-8.
- Souza-Egipsy, V., Wierzchos, J., Sancho, C., Belmonte, A. & Ascaso, C. 2004. Role of biological soil crust cover in bioweathering and protection of sandstone in semi-arid landscape (Torrolones de Gabarda, Huesca, Spain). *Earth Surface Process and Landforms* 29:1651-1661.
- Strøm, K. M. 1926. Norwegian mountain algae. Skr. Norske Vidensk. Akad. Oslo. *Mat. Naturvidensk. Kl.* 6:22-24.
- Šabacká, M. 2001. Adaptational changes in selected cyanobacterial clones. Bc. Thesis, in Czech. University of South Bohemia, České Budějovice, 46 pp.
- Traub, M. 1888. Notice sur la nouvelle flore de Krakatau. *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg.* 7:221-223.
- Tripathi, S. N. & Talpasayi, E. R. S. 1980. Sulphydryls and survival of subaeral blue-green algae. *Curent Science* 49:31-32.
- Uher, B., Aboal, M. & Kováčik, L. 2005. Epilithic and chasmoendolithic phycoflora of monuments and buildings in South-Eastern Spain. *Cryptogamie algologie* 26:275-308.
- 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. *International Biodeterioration Bulletin* 16:113-117.

- Welton, R. G., Cuthbert, S. J., McLean, R., Hursthouse, A. & Hughes, J. 2003. A preliminary study of the phycological degradation of natural stone masonry. *Environmental Geochemistry and Health* 25:139-145.
- Wessels, D. C. J. & Büdel, B. 1995. Epilithic and cryptoendolithic cyanobacteria of Clarence sandstone cliffs in the Golden Gate Highlands National Park, South Africa. *Bot. Acta.* 108:220-226.
- Zehnder, A. 1953. Beitrag zur Kenntnis von Mikroklima und Algenvegetation des nackten Gesteins in den Tropen. *Ber. Schweiz. Bot. Ges.* 63:5-26.

## **7. Obrazové přílohy**

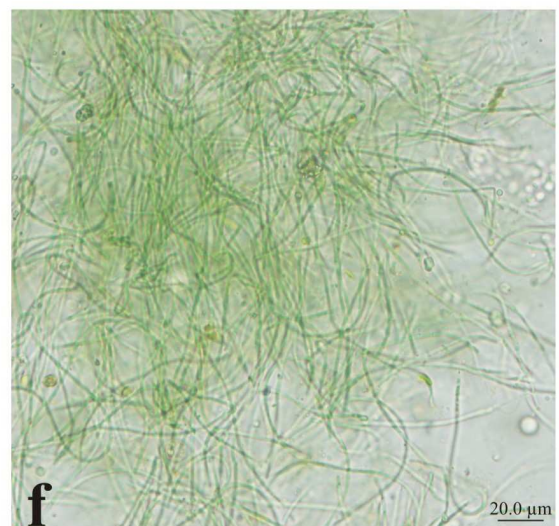
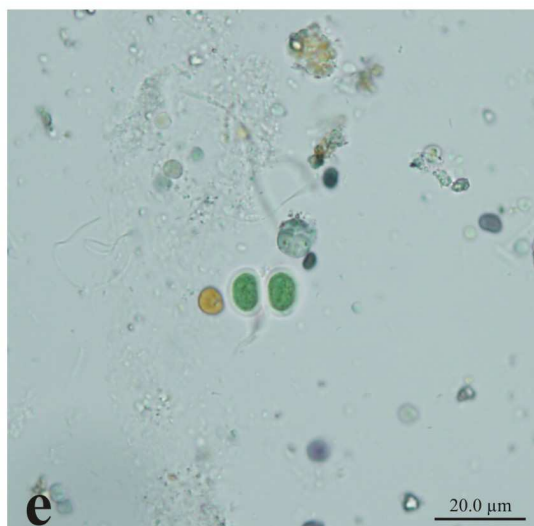
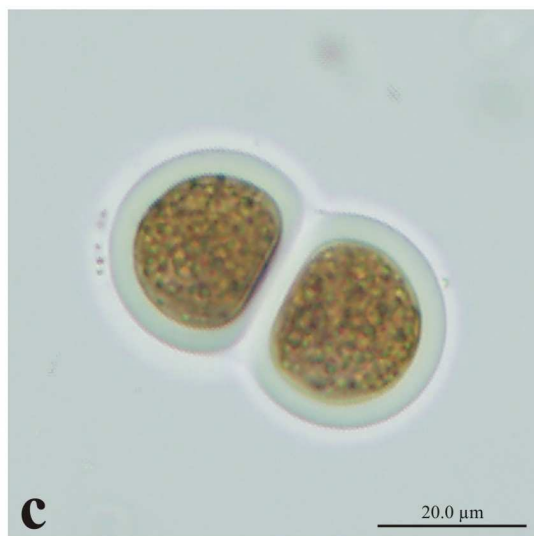
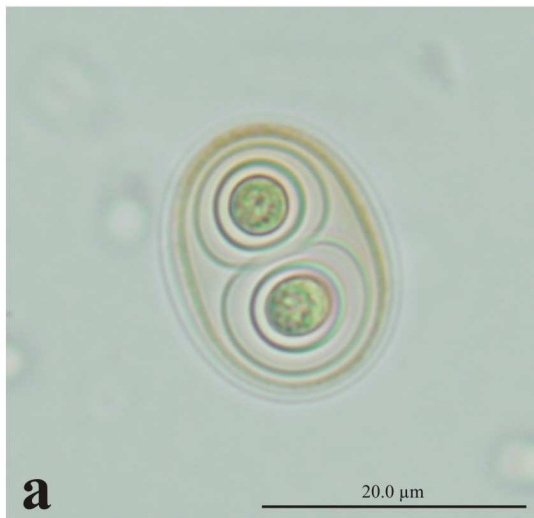


Obr. 5. **a** - *Aphanocapsa muscicola*; **b** - *Aphanothece castagnei*; **c** - *Asterocapsa* sp.;  
**d** - *Calothrix* sp. ; **e** - *Gloeocapsa atrata*; **f** - *Gloeocapsa nigrescens*

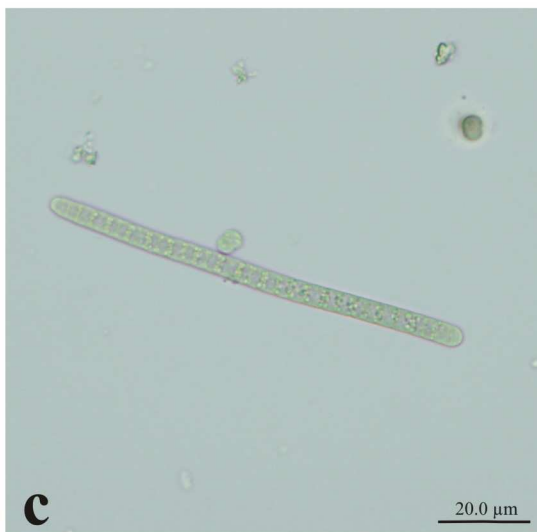
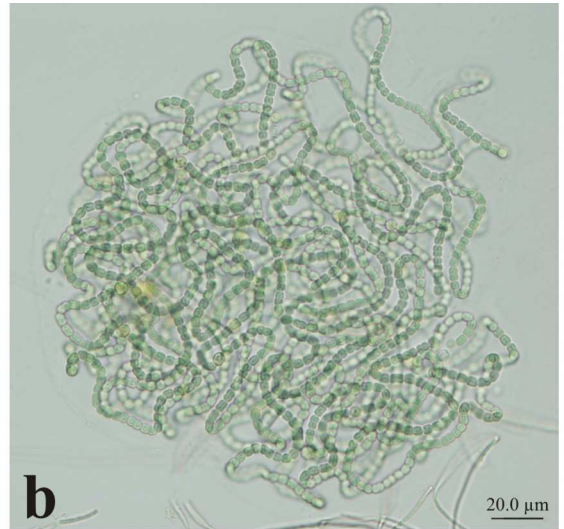
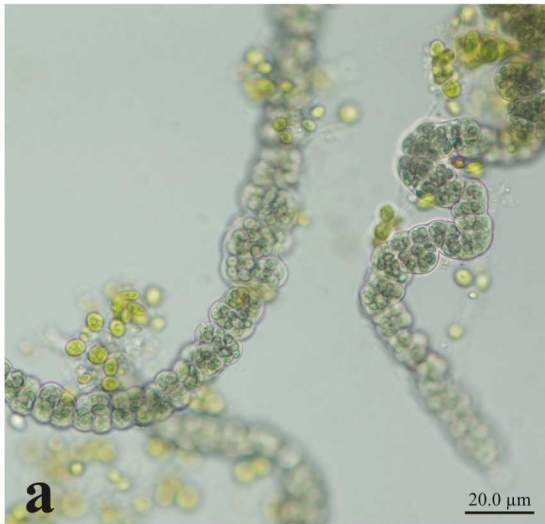


Obr. 6. **a,b** - *Gloeocapsa novacekii*; **c** - *Gloeocapsa rupestris*; **d** - *Gloeocapsa violascea*;  
**e** - *Gloeocapsopsis chroococcoides*; **f** - *Gloeocapsopsis* cf. *pleurocapsoides*





Obr. 7. **a** - *Gloeotheca rupestris*; **b** - *Hassallia byssoidea*; **c,d** - *Chroococcus spelaeus*;  
**e** - *Chroococcus subnudus*; **f** - *Leptolyngbya* sp.



Obr. 8. **a** - *Nostoc* cf. *punctiforme*; **b** - *Nostoc* sp.; **c** - *Phormidium* sp.;  
**d** - *Tolypothrix elenkinii*