

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Přírodovědecká fakulta



Bakalářská práce

**Aerofytické sinice z oblasti San
Gerardo de Rivas, San José, Kostarika.**

Radka Mühlsteinová

Školitel: RNDr. Tomáš Hauer, Ph.D. – Přírodovědecká fakulta JU

České Budějovice
2011

MÜHLSTEINOVÁ, R. (2011): Aerofytické sinice z oblasti San Gerardo de Rivas, San José, Kostarika. [Aerophytic Cyanobacteria from San Gerardo de Rivas region, San José, Costa Rica., Bc. Thesis, in Czech] – University of South Bohemia, Faculty of Science, České Budějovice, 61 pp.

Anotace: The samples of aerophytic Cyanobacteria were collected in tropical cloud forest in Costa Rica from different substrates, such as rocks, wet soil and tree barks. These bluegreen algae have been determined using a light microscope and some of the interesting cyanobacterial species have been also cultivated in the laboratory. Altogether 55 taxa have been found and 8 strains have been isolated for further research. A review on aerophytic Cyanobacteria from the area of the northern part of Latin America and Caribbean has been included as a part of this work.

Prohlášení:

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala 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 elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 26. 4. 2011

.....
Radka Mühlsteinová

Poděkování: Chtěla bych velmi pěkně poděkovat všem algologům z Vily za ochotu pomáhat, odpovídat na otázky a vůbec za vytvoření moc příjemné, nadšené a inspirativní pracovní atmosféry. Největší dík pak patří Tomášovi za trpělivost, pevné nervy, smysl pro humor a samozřejmě všemožnou pomoc a rady, bez kterých bych se nejspíš ve světě sinic ztratila hned za prvním heterocytem. V neposlední řadě bych chtěla moc poděkovat rodině za podporu a za možnost studovat to, co mě baví.

Obsah:

1. Úvod.....	1
1.1. Cíle práce.....	1
1.2. Charakteristika zájmového území.....	1
2. Terestrično na severu Latinské Ameriky a v Karibiku.....	4
2.1. Na povrchu půdy.....	6
2.2. Na povrchu rostlin.....	8
2.3. Na povrchu kamenů.....	10
2.3.1. Po stopách Mayů.....	10
2.3.2. Po fasádách budov.....	15
2.3.3. Po skalních útvarech.....	17
2.3.4. Po stolových horách.....	20
3. Metody.....	22
3.1. Kostarika.....	22
3.2. Původ vzorků.....	23
3.3. Co se s nimi dělo.....	25
4. Výsledky.....	26
5. Diskuze.....	40
6. Závěr.....	44
Literatura.....	45
Příloha 1.....	51
Příloha 2.....	52
Příloha 3.....	53
Příloha 4.....	54
Příloha 5.....	55
Příloha 6.....	56
Příloha 7.....	57
Příloha 8.....	58
Příloha 9.....	59
Příloha 10.....	60
Příloha 11.....	61

1. Úvod

Sinice jsou malé prokaryotní organismy, se kterými se můžeme setkat prakticky všude. Díky tomu, že po celém světě byly a jsou s různou intenzitou studovány, existují četné práce, které se jimi zabývají ve vztahu k nejrůznějším klimatickým poměrům, prostředí, extrémním biotopům i geografické poloze. Já jsem se s ohledem na materiál použitý pro praktickou část bakalářské práce ve své literární rešerši zaměřila na terestrické sinice severní části Latinské Ameriky a Karibiku.

1.1. Cíle práce

- Literární rešerše pramenů zabývajících se terestrickými sinicemi severní části Latinské Ameriky a ostrovů Karibské oblasti.
- Mikroskopická analýza vzorků z okolí města San Gerardo de Rivas, Kostarika.
- Případná izolace zajímavých morfotypů pro následné molekulární analýzy.

1.2. Charakteristika zájmového území

Pro účely mé bakalářské práce byla severní část Latinské Ameriky vymezena jako oblast nacházející se mezi rovníkem a obrátníkem Raka (0° - $23^{\circ} 27'$ severní šířky) (Obr. 1). Patří sem jak státy ležící na úzkém pruhu pevniny spojující Severní a Jižní Ameriku – jižní polovina Mexika, Guatemala, Belize, Salvador, Honduras, Nikaragua, Kostarika a Panama, tak státy nacházející se na jihoamerickém kontinentu – Kolumbie, Venezuela, Guyana, Surinam a Francouzská Guyana.



Obrázek 1: Mapa Střední Ameriky (zdroj: <http://www.luko2.com/cestovani/mapa.htm>)

Do většiny těchto států zasahuje pokračování severoamerických Kordiller, jejichž nejvyšší hora se v takto vymezeném území nachází v Mexiku a je jí 5 610 m vysoká sopka Citlaltépetl. Kordillery nezasahují do států na východním pobřeží jihoamerického kontinentu- Guyany, Surinamu a Francouzské Guyany, na jejichž území se však nachází o něco nižší a starší Guyanská vysočina (Anonymus, 2003). Tato vysočina zasahuje také značnou částí do Venezuely a se svými unikátními útvary, stolovými horami, patří k nejstarším částem jihoamerického kontinentu (Bičík *et al.*, 2003).

Ke Střední Americe na východě přiléhá Karibská oblast, která je tvořena Karibským mořem odděleným od Atlantského oceánu třemi skupinami větších či menších ostrovů. Těmi jsou Bahamy, Velké Antily a Malé Antily (Kašpar, 2002). Velké a Malé Antily jsou tvořeny pozůstatky rozpadlého kordillerského pásma. Nejvyšší hora tohoto souostroví měří 3 175 m a nachází se na ostrově Haiti (Bičík *et al.*, 2003).

V důsledku bezprostřední blízkosti tichooceánského Ohnivého kruhu jsou pro Karibskou oblast a především pro země nacházející se na pevninském mostu, měřícím v nejužším místě pouze 55 km, charakteristická častá zemětřesení a aktivní sopečná činnost (Bičík *et al.*, 2003; Crystalinks, 2011). Tyto jevy jsou způsobeny pohyby litosférických desek, které spolu v této oblasti interagují. Kostarika s Panamou jsou zde zeměmi geologicky nejmladšími, za což vděčí těsné blízkosti hranice, kde se Kokosová deska setkává s deskou Karibskou (Giddy, 2011).

Všechny výše zmíněné země, včetně Karibských ostrovů, spadají do tropického podnebného pásu, nicméně podnebí je v nich značně ovlivněno nadmořskou výškou (Stach, 1994; Bičík *et al.*, 2003). Proudění větrů zde zajišťují především pasáty. Tyto větry směřují od východu přes Karibské moře k západu, kde společně s hradbou Kordiller ovlivňují rozložení srážek a tím i vegetace. V době dešťů jsou pro Karibskou oblast typické hurikány (Kašpar, 2002).

V této oblasti se právě v důsledku tropického podnebí a značných rozdílů nadmořských výšek nachází velmi rozmanitá vegetace. Můžeme se zde setkat například jak s pouštěmi, tak zásaditými mokřady, tropickými lesy, savanami nebo vysokohorským pásmem nad horní hranicí lesa (Büdel *et al.*, 1994; Komárek *et al.*, 2005; Rivera-Aguilar *et al.*, 2006; Dojani *et al.*, 2007). Především díky značné různorodosti vegetace, ve které se nachází obrovské

množství organismů, je větší část severu Latinské Ameriky a Karibiku řazena mezi „biodiversity hotspots“ - místa s neobvykle vysokým počtem druhů, zároveň však čelící hrozbě nenávratného poškození. S ohledem na počet endemických druhů je Karibik považován za jedno z nejbohatších „hotspots“ vůbec (Myers, 1990; Myers et al., 2000).

2. Terestrično na severu Latinské Ameriky a v Karibiku

Druhová diverzita bývá v místech označovaných jako „hotspots“ spojována především s „makroskopickými“ organismy, tedy hlavně zvířaty a vyššími rostlinami. Nicméně algologické práce ze severu Latinské Ameriky a Karibiku naznačují, že srovnatelná různorodost se týká i organismů podstatně menších a často i hůře viditelných - sinic. U této skupiny však není zajímavé jen nalezené množství druhů, ale i místa, která si některé z nich vybírají k životu.

Sinice označované jako terestrické nežijí ve vodě, ale naopak osidlují místa s mnohem proměnlivějšími podmínkami, než jaké jsou charakteristické pro vodní prostředí. Navíc je voda na mnoha těchto místech často dostupná pouze sporadicky a v značně omezeném množství. Terestrické sinice jsou fascinující organismy, nacházející se po celém světě, včetně míst se značně specifickými podmínkami, jako jsou například extrémně suché, chladné, či naopak horké pouště. V mnoha těchto ekosystémech, včetně těch velmi nehostinných, mají významnou ekologickou úlohu a často jsou jedinými primárními producenty schopnými v daném prostředí vůbec přežít (Hoffmann, 1989).

Protože se terestrické sinice nachází převážně na rozhraní mezi pevným podložím a atmosférou, musí čelit mnoha nepříznivým podmínkám a jejich rychlým změnám. Tyto podmínky jsou často podobné těm, které na Zemi panovaly v době, kdy vznikal suchozemský život (Gorbushina, 2007). Ten tehdy existoval jen ve formě mikroorganismů, které se musely adaptovat na vysychání spojené s opětovnou rehydratací, vysokou intenzitou slunečního a s ním spojeného UV záření, na značné výkyvy teplot a omezenou dostupnost živin (Lewin, 2006; Gorbushina, 2007).

Biofilmy, krusty či nárosty vytvářené terestrickými sinicemi na severu Latinské Ameriky a v Karibiku jsou často makroskopicky viditelné, především díky svému zabarvení. Formy, ve kterých se zde tyto sinice vyskytují, mohou být velmi variabilní - od tmavých skvrn na povrchu budov a kamenů, přes hnědo-žluté popřípadě červenočerné krusty či nárosty na povrchu půdy až k tmavě hnědým a zelenomodrým nárostům na listech (Büdel *et al.*, 1994; Freiberg, 1999; Lewin, 2006; Rivera-Aguilar *et al.*, 2006). Toto zabarvení je způsobeno většinou sloučeninami, které dokáží absorbovat nadměrné UV záření a chrání tak buňky před jeho škodlivým vlivem. Mezi nejvýznamnější z nich patří žlutohnědý v tucích rozpustný

dimerický pigment scytonemin (Sinha *et al.*, 1998). Ten je vylučován do slizového obalu kolem sinic a pravděpodobně sloužil k ochraně proti UV záření již v době, kdy ještě neexistovala ozónová vrstva ve stratosféře. Kromě ochrany proti UV má scytonemin i další funkce, jako je obrana sinic proti napadení patogeny, bakteriálnímu rozkladu nebo sežrání herbivory (Sinha & Hader, 2008). Syntéza scytoneminu je silně ovlivněna množstvím UV-A záření (Ehling-Schulz & Scherer, 1999). Proti UV záření kratších vlnových délek (300-340 nm) slouží terestrickým sinicím kombinace scytoneminu a MAA, ale za obranu proti záření s delší vlnovou délkou než 340 nm je zodpovědný výhradně scytonemin (Garcia-Pichel & Castenholz, 1993). I přesto, že v první řadě slouží jako ochrana proti UV-A, může pravděpodobně buňku chránit i proti UV-B záření, především v okamžicích bezprostředně po opětovném přísunu vody, kdy na rozdíl od MAA sloučenin nedochází k jeho ztrátě (Ehling-Schulz *et al.*, 1997). U některých terestrických sinic může být scytonemin nahrazen jiným barvivem, například gloeocapsinem (Sinha *et al.*, 1998; Bultel-Poncé *et al.*, 2004).

Jako další významná ochrana proti UV záření slouží bezbarvé mykosporinům podobné aminokyseliny (MAA). Jsou to ve vodě rozpustné sloučeniny, jejichž absorpční maxima se nachází mezi 310-360 nm a slouží tak jako ochrana především proti UV-B záření, které výrazně ovlivňuje jejich tvorbu (Ehling-Schulz *et al.*, 1997; Ehling-Schulz & Scherer, 1999). Tyto sloučeniny bývají také lokalizovány ve slizovém obalu kolem organismů, čímž zabraňují proniknutí UV záření do buňky, a zároveň ovlivňují i osmotickou regulaci (Sinha *et al.*, 1998). Kromě extracelulárního umístění je možné, že MAA mají důležitou úlohu i uvnitř buněk, avšak to zatím nebylo dostatečně prozkoumáno (Sinha & Hader, 2008). Uvnitř buňky byly zjištěny například u rodu *Gloeocapsa* sp., kde jejich množství bylo přímo ovlivňováno mírou UV záření a největší nárůst byl zaznamenán při vlnové délce 320 nm (Garcia-Pichel *et al.*, 1993). Mykosporinům podobné aminokyseliny se u terestrických sinic nachází vcelku běžně, ale jejich složení se liší u jednotlivých druhů. Nejčastěji se nachází u sinic, které zároveň obsahují mimobuněčný scytonemin (Garcia-Pichel & Castenholz, 1993).

Co se týče dalších barviv, tak kromě MAA a scytoneminu může docházet i ke zvýšení obsahu karotenoidů v důsledku oxidačních stresů způsobených UV-A a UV-B zářením (Ehling-Schulz *et al.*, 1997; Ehling-Schulz & Scherer, 1999).

Další adaptací na nepříznivé terestrické podmínky jsou extracelulární polysacharidy. Ty tvoří obaly a pochvy kolem sinic, k jejichž buněčnému povrchu jsou připojeny pomocí

vodíkových můstků, hydrofobních a elektrostatických sil. Obsahují velké množství kyseliny uronové a plní různé funkce. Představují tlumící zónu mezi buňkou a okolím vytvořením bariéry pro toxiny a těžké kovy, zajišťují přichycení k substrátu, zabraňují vysychání a zároveň do nich mohou být vylučovány další ochranné sloučeniny – MAA, scytonemin a enzymy (De Philippis & Vincenzini, 1998; Ehling-Schulz & Scherer, 1999; Potts, 1999; Klock *et al.*, 2007). Kromě toho mohou usnadňovat přístup k živinám i vodě, jejichž obtížné získávání může činit některá prostředí pro jiné organismy neobyvatelnými (Tease & Walker, 1987). Tvorba extracelulárních polysacharidů je pozitivně ovlivňována UV-B zářením nebo začínající dehydratací organismu (Ehling-Schulz *et al.*, 1997; Knowles & Castenholz, 2008).

2.1. Na povrchu půdy...

Sinice vytvářející půdní krusty patří k nejlépe prozkoumaným mezi terestrickými sinicemi. Tato společenstva hrají významnou roli především v pouštních prostředích, kde jsou zodpovědná za tvorbu organické hmoty. Navíc se svou schopností fixovat dusík značně podílí na jeho vstupu do ekosystému (Hoffmann, 1989). Nejvýznamnějšími faktory ovlivňujícími život na povrchu půdy jsou intenzita UV záření a množství vlhkosti (Rivera-Aguilar *et al.*, 2006).

Na severu Latinské Ameriky byly půdní krusty studovány například v Mexiku v poušti Tehuacán-Cuiatlán Valley. Tato poušť je nejjihnější pouští na severoamerickém kontinentu a od ostatních je vzdálena několik tisíc kilometrů. I přes fakt, že v této práci bylo zjištěno unikátní druhové složení mechů a sinic, část druhů odpovídala těm již známým ze severoamerických pouští. Krusty v Tehuacán-Cuiatlán Valley jsou buď jasně žlutohnědé – pokud v nich dominují mechy, nebo tmavě hnědé – pokud v nich dominantní složku tvoří sinice. Ty byly v různém množství nalezeny ve všech vzorcích. Nejběžnější a nejvýznamnější z nich byla *Scytonema javanicum*, která ve většině krust tvořila hlavní strukturní komponentu. Mezi další běžné druhy patřil *Microcoleus paludosus* a *Chroococcidiopsis* sp. méně časté byly *Nostoc* sp., *Schizothrix* sp., *Aphanocapsa* sp. a vzácně *Gloeocapsa* sp. (Rivera-Aguilar *et al.*, 2006).

Dalším místem, kde bylo zkoumáno složení půdních krust, je Venezuela. Zde byly v roce 1994 sbírány vzorky v savanách. Büdel a kol. zaznamenali v těchto vzorcích pouze 4 druhy sinic, z nichž nejvýznamnější byla *Schizothrix telephoroides*. Tato vláknitá sinice

s červenou pochvou dominovala ve všech zkoumaných půdních nárostech. Tvořila husté, červenočerné plstě s příměsí pouze několika málo jiných druhů. Těmi byla v několika případech *Scytonema myochrous* a *Stigonema ocellatum*, která dominovala na blízkých skalách. Posledním, jen vzácně nalezeným druhem, byla *Tolypothrix robusta* (Büdel *et al.*, 1994).

V Kostarice bylo studium sinic z povrchu půdy zaměřeno na společenstva vytvářená mechy a játrovkami. V těchto nárostech byla nalezena například *Anacystis compacta*, *Nostoc sphaericum*, *N. minutum* a *N. punctiforme* (Kufferath, 1929).

Na povrchu skalního výchozu Nouragues ve Francouzské Guyaně byly zkoumány sinice z půdní vrstvy vytvořené na okraji prohlubní osídlených rostlinou *Pitcairnia geyskesii* (Bromeliaceae). Druhy zde nalezenými byly *Stigonema flexuosum*, *St. hormoides*, *St. ocellatum*, *Scytonema densum*, *Sc. multiramosum* a *Schizothrix telephoroides* (Sarhou *et al.*, 1995).

V oblasti Karibských ostrovů byl povrch půdy s ohledem na složení sinic zkoumán na Jamajce a v Portoriku. Na Jamajce byly sinice nalezeny především na půdě alespoň občas zvlhčované deštěm. Nacházely se zde například druhy *Fischerella ambigua*, *Nostoc commune*, *Scytonema ocellatum*, *Sc. hofmannii*, *Sc. millei*, *Porphyrosiphon fuscus*, *P. notarisii*, *Schizothrix lamyi*, *Sch. chalybea* nebo *Microcoleus vaginatus* (Drouet, 1942).

V práci z Portorika z roku 1927 bylo nalezeno na povrchu půdy velké množství druhů a většina z nich byla na tomto ostrově nově popsána. Mezi takové patří například *Gloeocapsa cartilaginea*, *Lynbya ocreata*, *L. scytonematoides*, *Phormidium rubriterricola*, *Plectonema flexuosum*, *Symploca willei*, *Schizothrix mellea*, *Stigonema cornutum*, *St. spiniferum* a *St. scytonematoides*. U druhů známých z jiných míst, jako *Aphanocapsa richteriana*, *Porphyrosiphon notarisii*, *Schizothrix telephoroides*, *Scytonema ocellatum* a *Stigonema hormoides* byly popsány alespoň nové variety (Gardner, 1927).

2.2. Na povrchu rostlin...

Terestrické sinice mohou vystupovat v některých prostředích i v roli epifytů. Na vyšších rostlinách mohou růst buď na kůře – pak jsou v angličtině nazývány „epiphloeic algae“, nebo na listech a tehdy jsou označovány jako „epiphyllic algae“. V tomto prostředí, které je obecně sušší než povrch půdy, se mohou vyskytovat společně s kapradinami, mechy i lišejníky (Hoffmann, 1989). I pro povrch listů je typické časté střídání teplot a relativní vlhkosti vzduchu, stejně jako omezený přísun živin. Na druhou stranu stres z nedostatku vody může být na listech zmírněn přítomností tenké vrstvy, ve které se zachycuje vlhkost odpařovaná skrz průduchy (Lindow & Brandl, 2003).

V tomto ekosystému hrají sinice společně s mechy významnou roli v cyklech vody a živin (Freiberg, 1999). Z těch je obzvláště důležitá fixace dusíku, která je v tropických deštných lesích spojena především s povrchem listů a organismy jej obývajícími, nikoliv s endofyty. Sinice jsou pro tato společenstva klíčové a tvoří v nich významnou většinu (Furnkranz *et al.*, 2008). Nejvýznamnějšími faktory ovlivňujícími obyvatelnost povrchu listů, popřípadě následnou fixaci dusíku, jsou dostupnost tekuté vody, světelná intenzita a stáří listu (Freiberg, 1998). Vliv hostitelské rostliny na složení společenstva je mnohem menší a ovlivňuje spíše druhové složení mechů než sinic. Nicméně větší množství mechů na listech může zpomalovat vysychání a tím ovlivňovat další druhové složení, které tedy závisí spíše na ostatních epifytech než na hostitelské rostlině (Freiberg, 1998; Furnkranz *et al.*, 2008). Co se týče stáří listů, tak listy mladší než půl roku se makroskopicky jeví prostě všech organismů. Vrcholného osídlení mikroflórou dosahují listy starší patnácti měsíců (Freiberg, 1999).

V podhorském deštném lese v Kostarice byl roční vstup do ekosystému díky fixaci lokalizované na listech odhadnut na 2-5 kg dusíku na hektar za rok. V tomto lese byly nejčastěji nalezenými druhy *Scytonema javanicum* a *Scytonema hofmannii*, které dohromady pokrývaly průměrně 10 % povrchu listů a byly tak nejdůležitějšími organismy zodpovědnými zde za fixaci dusíku (Freiberg, 1998). Pouze tyto dvě sinice z rodu *Scytonema* vytvářely kolonie viditelné i pouhým okem způsobující tmavohnědé, či zelenomodré zbarvení na listech. Ostatní sinice byly většinou nalezeny jen v malých množstvích v nárostech jiných organismů. Výjimku tvoří ještě *Stigonema cf. minutum*, jejíž samostatná vlákna byla vzácně nalezena. Dalšími nalezenými, i když méně častými, druhy tedy byly *Scytonema stuposum*, *Schizothrix friesii*, *Nostoc cf. muscorum* a *Gloeocapsa cf. montana*. Vliv na rozmístění těchto sedmi nalezených sinic měla i vzdálenost obývaných listů od země. Zatímco *Scytonema*

javanicum se nacházela spíše v podrostu, *Stigonema* cf. *minutum* a *Schizothrix friesii* byly častější v horních stromových patrech. *Scytonema hofmannii* a *Nostoc* cf. *muscorum* obývaly rovnoměrně všechna stromová patra (Freiberg, 1999).

To, že se mnoho druhů sinic vyskytuje v tomto prostředí pouze v malém množství, představuje problém při zkoumání jejich biodiverzity (Freiberg, 1999). S tím může souviset i zjištěný rozdíl v dominantních druzích nacházejících se na listech v nížinném deštném pralese. Tam byly jako nejčastější sinice obývající povrch listů zjištěny v roce 2008 *Nostoc* spp., *Fischerella* spp. a *Tolypothrix* spp. Tento rozdíl mohl být způsoben i odlišným přístupem k determinaci mikroorganismů (Furnkranz *et al.*, 2008).

Na hoře Barba v Kostarice byly zkoumány sinice nejen z povrchu listů, ale i z povrchu kůry, kde se nacházely především ve společnosti mechů a jätrovek. Kromě druhů, zaznamenaných ve výše zmíněných studiích zabývajících se listy, jako *Scytonema hofmannii* a *Stigonema minutum*, zde bylo nalezeno i mnoho jiných druhů. Mezi ně patří například *Scytonema ocellatum*, *Oscillatoria chalybea*, *O. granulata*, *O. okenii*, *Phormidium crouani*, *Lyngbya aerugineo-coerulea*, *L. martensiana*, *L. minutissima*, *L. striata*, *L. margaritata* a *Nostoc* sp. Mimo to byly v tomto prostředí objeveny i sinice úplně nové. Byly popsány jak nové druhy – *Scytonema echeverriai* a *Tolypothrix haumani*, tak nové rody. Prvním je sinice tvořící jedno nebo víceřadá nevětvená vlákna *Echeverriopsis costaricensis* a druhým kokální organismus *Heterocyanococcus haumani* (Kufferath, 1929).

Kromě Kostariky byly epifytické sinice nalezeny i na Jamajce a v Portoriku. Na Jamajce byly zkoumány pouze vláknité druhy a z těch se zde nacházely především *Scytonema ocellatum*, *Sc. hofmannii*, *Sc. javanicum* a *Hassallia byssoidea* rostoucí jak na povrchu listů, tak na povrchu kůry (Drouet, 1942).

Z Portorika byla z povrchu vyšších rostlin popsána řada nových tropických druhů. Mezi jejich zástupce patří například *Synechococcus intermedius*, *Dactylococcopsis arcuata*, *Anacystis compacta*, *Lyngbya splendens*, *Nostoc willei*, *Calothrix conica*, *Hassallia brevis*, *Hassallia granulata*, *Hassallia scytonematoides* a *Stigonema elegans* (Gardner, 1927).

2.3. Na povrchu kamenů...

Povrch kamenů, nebo jiných jim podobných pevných materiálů, patří mezi nejnehostinnější prostředí vůbec. I přesto se řadí k prvním suchozemským místům, která byla kdysi osídlena. Mnoho z faktorů, ovlivňujících život v době jeho vzniku, zůstalo v tomto prostředí stejných a mikroorganismy, které se rozhodly tyto povrchy obývat, tak musí stále čelit vysokým dávkám slunečního záření, vysychání, opětovné rehydrataci, náhlým výkyvům teplot i obtížné přístupnosti živin. Intenzita záření se může pohybovat v rozsahu od relativně nízkých dávek kosmického záření v noci až po extrémní dávky ultrafialového a infračerveného záření přes den (Gorbushina, 2007). Stejně tak kolísá i teplota až v rozpětí od 20 °C v noci do 70 °C přes den (Sarhou *et al.*, 1995). V neposlední řadě je problémem voda, jejíž dostupnost může být dosti nepředvídatelná - od dlouhých období, kdy organismy čelí téměř úplnému vyschnutí, až po období prudkých dešťů (Gorbushina, 2007).

Oživení kamenných materiálů, indikované barevnými změnami či přímo mikrobiálními nárosty, nemusí být vždy vítanou změnou. Mikroorganismy totiž kromě vzájemných interakcí ovlivňují i své prostředí. Mimo prvního sukcesního stádia v tomto případě představují i významné narušitele kamenných materiálů, k jejichž rozkladu a zvětrávání výrazně přispívají změnami chemických i fyzikálních podmínek (Gorbushina, 2007).

2.3.1. Po stopách Mayů

Jedním z míst, kde není na přítomnost terestrických sinic nahlíženo s přílišným nadšením, jsou povrchy mayských památek. Ty se nacházejí napříč Střední Amerikou v Mexiku, Belize, Salvadoru, Guatemale a Hondurasu (Videla *et al.*, 2000; Ramirez *et al.*, 2010). Mnoho z těchto dávných monumentů čelí degradaci způsobené nejen přírodními faktory, jako jsou vysoká teplota a vlhkost, ale také přítomností mikroorganismů, případně později i mechů či vyšších rostlin (Videla *et al.*, 2000). Práce z roku 1995 naznačuje, že pokud byla dříve vrstva kolonizátorů dostatečně vyvinuta, mohla sloužit jako ochrana před dalším chemickým narušováním a zvětráváním. Kamenné památníky pokryté povlaky biologického původu tak mohly relativně málo poškozené přežít až do dnešních dnů. Avšak tato rovnováha mezi stavebním materiálem a prostředím byla výrazně narušena pozdějšími zásahy do prostředí, mezi něž patří například odlesňování (De Miguel *et al.*, 1995).

V Guatemale se mayské budovy nacházejí v biologicky agresivním prostředí, mezi jehož hlavní rysy patří téměř denně se opakující průtrže mračen střídané přímým slunečním

zářením. Nejvýznamnějšími kolonizátory zdíva v této oblasti jsou sinice a mechy, které tak představují první organismy poskytující substrát pro další osídlení, čímž přispívají k jeho mechanickému rozrušování (De Miguel *et al.*, 1995).

Pro stavbu Velké Jaguáří pyramid byly použity různé stavební materiály – kameny, štuk a malta, jenž se částečně liší svou skladbou a vlastnostmi, i přes to, že ve všech tvoří hlavní složku vápenec. Na těchto materiálech byla v roce 1995 studována přítomnost sinic. Na povrchu stavebních kamenů byly většinou společně s mechy zjištěny rody *Scytonema* sp., *Chroococcus* sp., *Chlorogloeopsis* sp., *Phormidium* sp. a *Plectonema* sp. Na některých kamenech však byla nalezena i tenká, pouze jednodruhová vrstva sinice *Scytonema* sp. Malta byla nerovnoměrně potažena černou vrstvou, ve které byly nalezeny rody *Gloeocapsa* sp., *Scytonema* sp., *Phormidium* sp. a *Synechococcus* sp. V těsném spojení s mechy se zde vyskytoval i *Chroococcus* sp. a *Plectonema* sp. Materiál použitý k opravě památníku byl nerovnoměrně pokryt sinicí *Chroococcus* sp. a řídce porostlý mechy. Trvale zastíněný štuk byl pokryt zelenou patinou sinic *Gloeocapsa* sp. a *Chroococcus* sp. (De Miguel *et al.*, 1995).

V sousedním Hondurasu se nachází další z významných mayských památek – Hieroglyfické schodiště v oblasti Copán. Díky nadmořské výšce zde vládne mírné podnebí s průměrnou teplotou v suchém období 22,1 °C a ve vlhkém 24,1 °C. Povrch kamenů Hieroglyfického schodiště je zabarven do světle zelena v závislosti na osídlení mikroorganismy, ale barevné odlišnosti lze pozorovat i při pohledu na strukturu stavebního materiálu. Nejvyšší míra mikrobiální kolonizace se vyskytuje na kamenech zabarvených do červena, popřípadě červenozelena a zároveň na místech, která nejsou chráněna před deštěm. Mikroorganismy byly v této oblasti na památkách nalezeny jak na povrchu kamenů, tak uvnitř nich. Vrstvy, které se vytvořily na povrchu, byly složeny ze sinic, zelených řas, lišejníků a mechů. Barva nárostů se lišila v závislosti na intenzitě světla a dostupnosti vody na daném místě od černé, zelené, hnědé či červené patiny až po hnědé krusty. Mezi sinice zde nalezené patří *Gloeocapsa rupestris* a *kuetzingiana*, *Stigonema hormoides*, *Scytonema javanicum*, *Lyngbya rubida*, *Phormidium* sp. a *Lyngbya* sp. Uvnitř kamenů byly nalezeny spíše zelené řasy, ze sinic například *Gloeocapsa rupestris*. Na místech vystavených přímému slunečnímu záření, s chybějícím zastíněním stromů, převládly sinice a řasy nad lišejníky a mechy, zatímco v místech zastíněných tomu bylo naopak (Caneva *et al.*, 2005).

Dalším místem, kde se můžeme setkat s četnými mayskými památkami je jih Mexika, zahrnující i Yucatánský poloostrov. Zde se mezi nejvýznamnější pozůstatky někdejší

civilizace řadí Uxmal, místo s několika pyramidami, adoratorii a dalšími budovami (Obr. 2). Nalézá se v oblasti se subtropickým podnebím, kde je průměrná roční teplota 26 °C. Celý památník byl postaven z vápence spojovaného maltou, která po obarvení sloužila i jako omítka. Nyní je většina vnitřních zdí potažena silným nazelenalým, popřípadě černým povlakem organického původu, zatímco na povrchu vnějších budov se biofilmy nachází pouze na místech s vyšší vlhkostí – v oblasti říms nebo puklin, kde tvoří šedé až černé povlaky. Na ostatních sušších místech vnějších zdí lze často pozorovat alespoň změny zabarvení do červena či černa (Ortega-Morales *et al.*, 1999; Ortega-Morales *et al.*, 2000; Gaylarde *et al.*, 2001).

Sinice, které se zde nachází, se aktivně podílejí na narušování stavebního materiálu Uxmalského památníku. Kromě toho, že poskytují organickou hmotu umožňující růst dalším heterotrofním a kyseliny produkujícím bakteriím a houbám, tak se také aktivně zavrtávají do vápencového podloží. Rozpouští ho a uhličitán vápenatý pak vysráží na povrchu svých buněk. Navíc jejich EPS (exopolymerické substance) vylučované do okolí fungují jako lepidlo pro špínu a veškerý částicový materiál, což dále poznamenává vzhled památek (Ortega-Morales *et al.*, 2000). Rodem dominujícím na vnitřních stěnách budov v Uxmalu byl *Xenococcus* sp. následovaný sinicemi podobnými rodu *Synechocystis* sp. a *Gloeocapsa* sp. V menších počtech pak byly nalezeny sinice *Gloeotheca*, *Synechococcus*, *Myxosarcina*, *Lyngbya*, *Nodularia*, *Nostoc*, *Chlorogloeopsis* a organismy ze skupiny kolem rodu *Pleurocapsa* (Ortega-Morales *et al.*, 2000; Crispim *et al.*, 2003).



Obrázek 2: Mayský památník v Uxmalu. (Foto: Tomáš Hauer)

Druhové složení velmi podobné tomu v Uxmalu bylo zaznamenáno i na vnitřních zdech památníku v Kabah (Ortega-Morales *et al.*, 2000).

Ve vzorcích z oblasti Tulum dominovala *Gloeocapsa*, *Myxosarcina*, *Dermocarpa* a *Xenococcus*. V menší míře se zde vyskytovaly rody *Pleurocapsa*, *Gloeothece*, *Synechococcus*, *Synechocystis*, *Chlorogloeopsis*, *Chroococciopsis*, *Gloeothece* a byla zde zjištěna i přítomnost sinic řadících se do skupiny kolem rodu *Stigonema*. Stejně jako v případě památníku Uxmal a Kabah, i zde jednoznačně převažovaly kokální formy sinic (Videla *et al.*, 2000; Gaylarde *et al.*, 2001; Crispim *et al.*, 2003).

Palenque je dalším Mayským památníkem v jihovýchodním Mexiku, kde bylo zkoumáno druhové složení biofilmů (Obr. 3). Palenque se nachází v oblasti vlhkého tropického podnebí a teplota na povrchu biofilmů se pohybuje v rozmezí od 25 °C do 31 °C. Barva biologických nárostů je světle zelená, oranžovozelená nebo černá. Jejich tvar a složení je ovlivňováno výraznými sezónními změnami množství srážek a relativní vlhkosti. Všechny biofilmy sebrané v této oblasti měly stejné druhové složení, ale lišilo se poměrné zastoupení jednotlivých druhů v závislosti na sezóně a podmínkách stanoviště. Na místech vystavených silným deštěm dominovala *Scytonema guyanense* a zelená řasa *Trentepohlia aurea*. Na stanovištích relativně chráněných před živly převládaly koloniální sinice, především *Asterocapsa divina*, které produkovaly slizový povlak s obsahem anorganických částic. Kromě těchto dvou sinic tvořily biofilmy ještě druhy *Gloeocapsa calcicola*, *G. quaternata*, *Aphanothece castagnei*, *Leptolyngbya cf. compacta*, *Chroococcus* sp. a *Schizothrix* sp. (Ramirez *et al.*, 2010).



Obrázek 3: Mayský památník Palenque. (Foto: Jan Kaštovský)

Se zajímavým jevem je spojen výskyt sinicové mikroflóry v památníku Edzná na Yucatánském poloostrově (Obr. 4). Strop šest metrů dlouhého klenutého portálu této budovy se zabarvil v důsledku osídlení sinicemi do tmavě hnědé barvy a na povrchu tohoto biofilmu se ještě vytvořila bílá vrstva solí. Pod povrchem toto hnědé zbarvení přechází do tmavě zelené vrstvy, která zasahuje asi 0,3 mm do hloubky a je obývaná především rody *Gloeocapsa*, *Arthrospira*, *Lyngbya*, *Leptolyngbya*, *Plectonema*, *Nostoc*, *Fischerella* a blíže neurčenými sinicemi subsekcce II podle Bergey's manuálu (Castenholz, 2001; Ortega-Morales *et al.*, 2005).

Pod touto vrstvou se do hloubky asi půl milimetru rozprostírá oblast, kde žlutozelené zbarvení přechází až ke žlutému. Zde je podkladový kámen měkčí a vyskytují se v něm buňky sinic rodů *Synechococcus*, *Gloeotheca*, *Xenococcus* a organismy z okolí rodu *Pleurocapsa*. Ještě níže pak lze najít sinice *Gloeocapsa*, *Gloeobacter* a *Hyella*.

Tyto sinice výrazně narušují kamenný substrát tím, že z něj uvolňují kationty a jsou tak zodpovědné za jeho značnou degradaci. V tomto prostředí musí snášet vysoký obsah solí a bylo v nich zaznamenáno velké množství karotenoidů a scytoneminu. Pigmenty produkují zřejmě v reakci na stresové podmínky jiné než je přemíra UV záření. Toto místo je zajímavé i tím, že zde byla poprvé přítomnost scytoneminu potvrzena i u kokálních sinic (Ortega-Morales *et al.*, 2005).



Obrázek 4: Mayský památník Edzná. (Foto: Tomáš Hauer)

2.3.2. Po fasádách budov

Biofilmy vznikající na fasádách budov tvoří komplexní ekosystém, který je ovlivněn podmínkami prostředí a fyzikálně chemickými vlastnostmi daného materiálu. Sinice, které k životu vlastně nepotřebují víc než světlo, vodu a ionty minerálů, jsou připravené kolonizovat povrchy historických i moderních budov. Tím vytvářejí jak substrát pro další organismy, tak způsobují estetické, chemické i fyzikální narušení. Studium druhového složení biofilmů je proto v tomto prostředí často motivováno především touhou objevit účinné metody, jak dalšímu osidlování budov zabránit (Crispim & Gaylarde, 2005).

Ve Střední Americe byly zkoumány většinou povrchy materiálů, jejichž hlavní složku tvořil vápenec. Jednalo se buď o vápenec přírodní nebo o umělé materiály jako například cement. Hlavní rozdíl mezi nimi je dán především různou porositou, která je v přírodním vápenci nižší, naopak cement, jak se zdálo, předurčila ke snadné kolonizaci (Crispim *et al.*, 2003). Zkoumán byl i vliv nátěrů na druhové složení nárostového společenstva. Avšak zřejmě díky specifickým schopnostem nátěrů zadržovat vodu, byla značná diverzita mikroorganismů zaznamenána i na takto ošetřených budovách (Gaylarde & Gaylarde, 2000). Sinice tak byly nejčastěji nalezené organismy osidlující fasády historických i moderních budov Střední Ameriky bez ohledu na použitý podkladový materiál. Výjimkou však byly právě povrchy natřené barvou, kde převahu získávaly až po čase, v případě, že nedocházelo k častému opakování nátěrů (Gaylarde & Gaylarde, 2000; Gaylarde & Gaylarde, 2005).

Na fasádách budov ve Střední Americe se často vyskytují šedá až černá zbarvení (Gaylarde & Gaylarde, 2005; Gaylarde *et al.*, 2007). Zatímco černání může být u budov v znečištěném prostředí způsobeno chemickými sloučeninami, výzkum vápenatých substrátů v čistém prostředí na několika budovách v Campeche (Mexiko) a na katedrále v Belize City (Belize) ukázal, že zde jsou změny barvy způsobeny výhradně mikroorganismy, především vláknitými sinicemi. Ty mají tmavohnědé pochvy obsahující scytonemin, který je za barevné změny zodpovědný. V jediném vzorku pocházejícím z pevnosti v Campeche dominovaly kokální koloniální formy subsekcce II podle Bergey's manuálu (Castenholz, 2001), avšak i zde se nacházelo velké množství sinice rodu *Scytonema*, která dominovala ve všech ostatních vzorcích. Následovaly ji sinice *Fischerella/Mastigocladus*, *Gloeocapsa*, *Oscillatoria*, *Synechocystis*, *Microcoleus* a *Nostoc* (Gaylarde *et al.*, 2007).

Naproti tomu na povrchu budov v centru města Valladolid (Mexiko) převažovaly kokální sinice a rod *Scytonema* nebyl vůbec zaznamenán. Nicméně druhové složení zbytku společenstva bylo podobné - *Synechocystis/coccus*, *Gloeocapsa/thece*, Pleurocapsales, Oscillatoriales a Nostocales (Gaylarde & Gaylarde, 2000; Crispim *et al.*, 2003).

Téměř stejná situace byla i na budovách v městech Cancún a Puerto Morellos (Mexiko), kde také převažovaly výše zmíněné kokální sinice (Gaylarde & Gaylarde, 2000; Gaylarde & Gaylarde, 2005). Pokud už se někde vyskytovaly sinice vláknité, vždy měly velmi krátká vlákna a silně pigmentované pochvy. Nejčastěji to byly sinice ze skupiny Scytonemataceae, popřípadě Microchaetaceae či Rivulariaceae (Gaylarde & Gaylarde, 2005).

V Karibiku byl povrch budov zkoumán pouze na ostrově Portoriko. Na zdejších budovách byly nalezeny a popsány četné nové druhy, jako například *Chroococcus cubicus*, *Chroococcus muralis*, *Gloeotheca interspersa*, *Anacystis amplivesciculata*, *Plectonema tenuissimum*, *Microcoelus acutissimus*, *Nostoc simulans*, *Synechocystis primigenia*, *Gloeocapsa calcicola* nebo *Microcoleus sociatus* (Gardner, 1927).

2.3.3. Po skalních útvarech

Mezi významné skalní útvary na severu Latinské Ameriky patří skalní výchozy označované v angličtině jako „inselbergs“. Jsou to velmi staré geomorfologické struktury, které fungují jako regionální centra diverzity, na něž je díky specifickým podmínkám vázáná specifická flóra. Nachází se pouze na Guyanském a Brazilemském štítu, takže v Karibiku a na pevnině spojující oba americké kontinenty se s nimi nesetkáme (Barthlott *et al.*, 1996). Skalní výchozy jsou vlastně jen části kamene, jehož povrch se zahřívá na teplotu vyšší než je teplota okolního vzduchu a kde je dostupnost vody omezena na dešťové srážky (Büdel *et al.*, 1994). Na jejich povrchu dominují buď lišejníky se symbiotickými sinicemi nebo samotné sinice v závislosti na prostředí, ve kterém se výchozy nachází. Lišejníky tvoří převažující vegetaci v suchých savanách, zatímco ve vlhkých savanách nebo deštných lesích převažují sinice (Büdel *et al.*, 1994; Büdel, 1999).

Téměř všechny sinice vyskytující se na skalních útvarech mají silně zbarvené pochvy, většinou červeně, žlutě nebo hnědě. Pouze ve spodních částech nárostů se nachází organismy s pochvami zbarvenými méně výrazně nebo vůbec. Stejně jako v předchozích případech je za žlutou/hnědou barvu odpovědný scytonemin a za červenou gloeocapsin (Golubić, 1967; Büdel *et al.*, 1994; Dojani *et al.*, 2007). Obsah těchto ochranných pigmentů v pochvách je zřejmě důvodem, proč se na skalách téměř nevyskytují sinice ze skupiny Oscillatoriales. Výjimkou je rod *Schizothrix*, který na rozdíl od většiny ostatních organismů z této skupiny ochranné pigmenty má, a je tak schopen čelit vysokým dávkám záření typickým pro toto prostředí (Büdel, 1999).

Ve Venezuele byly zkoumány povrchy žulových skalních výchozů v Orinocké nížině a křemencovo pískovcových výchozů v Guyanské vysočině. Na jejich povrchu bylo nalezeno 23 druhů sinic, vytvářejících olověnošedé nárosty. Převažujícími rody byly *Gloeocapsa*, *Stigonema*, *Scytonema* a *Schizothrix*. Nejhojnějším druhem vůbec byla *Stigonema ocellatum*, která rostla na povrchu skal s prosakující vodou, ale byla nalezena i podél prohlubní v kameni, ve kterých se voda případně zadržovala. *Gloeocapsa sanguinea* byla v tomto prostředí druhým nejhojnějším druhem, který vytvářel červenočerné, ve vlhkém stavu jasně červené, krusty. Tento druh se zde vyskytoval v rozdílných ekomorfách ovlivněných mikroklimatickými podmínkami. Za černé popřípadě olivově zelené plsti byla zodpovědná *Scytonema crassum*. Dalším hojným druhem byla *Schizothrix telephoroides* vytvářející hustou, červenočernou plst, ve které se nevyskytovalo moc jiných druhů. Jedním z nich,

i když nacházeným pouze v malém množství, byla *Scytonema hofmannii*. Na povrchu druhů *Scytonema* i *Stigonema* byly také nalezeny malé kolonie rodu *Xenococcus*. Pod povrchem kamenů, popřípadě v různých puklinách, se často nacházely sinice rodu *Chroococcidiopsis* (Büdel *et al.*, 1994).

Z Venezuely také pochází práce zabývající se sinicovým osídlením pískovcových skalek. Zde dominovaly druhy z rodu *Gloeocapsa* - *Gl. sanguinea*, *Gl. compacta* a *Gl. bififormis*. Dalšími hojnými druhy byla *Schizothrix telephoroides*, *Sch. heufleri*, *Scytonema minus*, *Sc. myochrous*, *Stigonema minutum* a *St. hormoides* (Golubić, 1967).

Ve Francouzské Guyaně bylo zkoumáno složení černých biofilmů na povrchu skalního výchozu Nouragues v tropickém deštném lese. Téměř výhradně v těchto biofilmech dominovaly sinice, zatímco eukaryotické řasy, mechy ani lišejníky nebyly zaznamenány. Nalezeno bylo 13 druhů vláknitých a 4 druhy kokálních sinic. Významně byly zastoupeny rody *Scytonema* (*Sc. hofmannii*, *Sc. myochrous*, *Sc. ocellatum*, *Sc. cf. guyanense*) a *Stigonema* (*St. mamillosum*, *St. minutissium*, *St. ocellatum*, *St. panniforme*, *St. cf. hormoides*). Na této skále bylo nalezeno několik druhů nových pro jihoamerické výchozy – *Schizothrix cf. lamyi*, *Schizothrix fuscescens*, *Hapalosiphon cf. brasiliensis*, *Gloeocapsa cf. rupestris* a *Gloeocapsa cf. rupicola*. Kromě těchto druhů byla ještě nalezena *Schizothrix telephoroides*, *Gloeocapsa sanguinea* a endoliticky i epililiticky rostoucí zástupci rodu *Chroococcidiopsis* (Dojani *et al.*, 2007).

Skalní výchoz Nouragues byl zkoumán již v předchozí práci z roku 1995. Tato práce se zabývala sinicovým osídlením jižních svahů a skalních útvarů na jeho vrcholu. Dominantní postavení zde, stejně jako ve výše zmíněné práci, zaujímaly rody *Gloeocapsa*, *Stigonema* a *Scytonema*. Zjištěnými druhy byla například *Gloeocapsa granosa*, *Gl. itzigsohnii*, *Gl. montana*, *Gl. rupicola*, *Gl. ralfsiana*, *Gloeotheca confluens*, *Gl. palea*, *Stigonema flexuosum*, *St. hormoides*, *St. mamillosum*, *St. minutum*, *St. ocellatum*, *St. panniforme*, *Scytonema densum*, *Sc. guyanense*, *Sc. multiramosum*, *Sc. subcoactile*, *Symphyonema sinense* a *Schizothrix telephoroides*. Mimo jiné byl v této práci popsán i nový druh *Schizothrix luteola*, nicméně byl popsán neplatně (Sarhou *et al.*, 1995).

Na stejném skalním výchozu bylo zkoumáno i složení jednotlivých sinicových společenstev v rámci rýh ve skále. Uprostřed těchto rýh se nachází společenstvo, které je během i po dešti pokryto až několika centimetry často prudce proudící vody. Zde převažují kompaktní růstové formy, jednobuněčné koloniální organismy jako *Gloeocapsa sanguinea*

nebo vláknité druhy s krátkým větvením jako *Stigonema mamillosum*. Za vlhkého stavu má toto společenstvo červenou barvu. Stěny rýh jsou pokryty vrstvou *Stigonema ocellatum*, která tvoří dlouhé větve. Ve vlhku má toto společenstvo temně zelenou barvu. Třetí společenstvo je za vlhka černé a pokrývá více než 80% povrchu skály. Dominuje zde *Scytonema myochrous* (Rascher *et al.*, 2003).

Z Jamajky jsou známy pouze vláknité sinice, z nichž na povrchu kamenů byly nalezeny především rody *Scytonema* a *Schizothrix*. Zaznamenány byly například druhy *Scytonema crassum*, *Sc. velutinum*, *Sc. myochrous*, *Sc. figuratum*, *Sc. ocellatum*, *Sc. hofmannii*, *Sc. guyanense*, *Hassallia byssoidea*, *Schizothrix muelleri*, *Sch. violacea*, *Sch. friesii* a *Microcoleus acutissimus* (Drouet, 1942).

V práci z Portorika byly stejně, jako u prostředí zmíněných výše, popsány četné nové druhy. Tato studie se zabývala jak povrchy vápencových útvarů, tak například lávovými kameny. Objevena zde byla mimo jiné *Aphanocapsa intertexta*, *Gloeocapsa acervata*, *Gl. ovalis*, *Gloeotheca endochromatica*, *Anacystis nigroviolacea*, *Porphyrosiphon robustus*, *Phormidium scytonematicola*, *Schizothrix violacea*, *Scytonema evanescens*, *Sc. punctatum*, *Sc. tenellum*, *Sc. multiramosum*, *Hassallia heterogenea*, *Stigonema congestum*, *St. parciramosum* a *Hapalosiphon tenuis* (Gardner, 1927).

Sinice mohou i prostředí povrchu kamenů ovlivňovat svou schopností fixovat dusík a kumulovat ho ve svých krustách a nárostech (Büdel *et al.*, 1994). Ve Francouzské Guyaně bylo zjištěno, že obsah dusíku v půdě se významně liší na vrcholu skalního výchozu osídleného pouze sinicemi, a v primárním lese obklopujícím výchoz. V lesní půdě kolem skály bylo dusíku podstatně méně. V prostředí, kde jsou organismy vystaveny častému vysychání a opětovnému zvlhčování, jako je tomu u těchto tropických výchozů, se předpokládá, že značná část dusíku je vymývána z biofilmů pryč. Dusík se může z místa svého zdroje do prostředí dostávat několika způsoby - uvolněním látek z cytoplazmy v důsledku narušení buněk, vymytím rozpustných extracelulárních sloučenin (např. aminokyselin), odloupením nerozpustných extracelulárních sloučenin (např. scytoneminu), nebo třeba zničením a přenosem buněk či celých částí biofilmu. Sinice jsou tak v tomto prostředí považovány za největší zdroj dusíku a například fixační schopnost rodu *Scytonema* byla pro dané podmínky odhadnuta na 233 kg dusíku na hektar za rok (Dojani *et al.*, 2007).

2.3.4. Po stolových horách

Stolové hory Guyanského štítu, někdy nazývané „tepui“, jsou velmi staré kamenné útvary připomínající ostrovy vystupující nad okolní savanu nebo deštný les. Plošiny tvořící jejich vrcholy se nachází v rozmezí 500 – 2 100 m nad krajinou, která je obklopuje. Častá přítomnost černého zbarvení na jejich kamenném povrchu naznačuje hojné osídlení sinicemi (Büdel, 1999). Vodní režim stolových hor je udáván mohutnými denními srážkami v kombinaci se vzdušnou a půdní vlhkostí. Časté mlhy a deště způsobují vznik četných mikrostanovišť umožňujících rozvoj biofilmů (Kaštovský *et al.*, 2011 in press). Stolové hory jsou jen málo prozkoumány, především díky obtížné přístupnosti většiny z nich (Lakatos *et al.*, 2001).

Auyan-tepui v západní části Guyanské vysočiny měří v nejvyšším bodě 2 450 m (Lakatos *et al.*, 2001). Za sucha mohou být na jejím povrchu pozorovány černé biofilmy, jejichž barva se po zvlhčení mění na červenou podél plochých rýh a černozelelou na vyvýšených místech. V červeně zbarvené oblasti dominuje *Gloeocapsa sanguinea*, zatímco v černozelelých částech je nejhojněji nalezenou *Stigonema ocellatum*, *St. panniforme* a *Scytonema crassum*. Kromě těchto dominant byla zjištěna i přítomnost druhů *Stigonema hormoides*, *Chroococcus* sp. a *Plectonema* sp. Zajímavé je, že zjištěné množství biomasy bylo v zelenočerných plochách téměř dvakrát tak vysoké než v plochách červených (Büdel, 1999). V pozdější práci z roku 2001 byly na Auyan nalezeny ještě druhy *Scytonema hofmannii*, *Sc. myochrous*, *Sc. ocellatum*, *Stigonema mamillosum* a *Xenococcus* sp. (Lakatos *et al.*, 2001).

Serrania Parú Tepui je tvořena kyselým pískovcem a křemencem. Na kamenném povrchu se nachází červenočerný nárost, ve kterém dominovala *Stigonema ocellatum* a *St. minutum*, mezi jejichž vlákny se vyskytovala vmezeřená *Gloeocapsa sanguinea* a *Schizothrix telephoroides*. V místech, kde docházelo k tvoření půdní vrstvy, se nacházela hustá plst tvořená opět především druhem *Stigonema ocellatum*. Kromě těchto hojných druhů byly nalezeny i druhy *Gloeocapsa rupicola*, *Scytonema ocellatum* a *Xenococcus* sp. (Büdel *et al.*, 1994).

Roraima-tepui se nachází na hranicích Venezuely, Guyany a Brazílie. Je to 2 806 m vysoká hora, jejíž náhorní plošina se tyčí 800 - 1 000 m nad okolní savanou. Průměrná roční teplota se zde pohybuje mezi 10 – 15 °C, ale výkyvy spojené přímo s povrchem kamenů jsou často mnohem větší (6 – 42 °C) (Kaštovský *et al.*, 2011 in press).

Poprvé se sinicemi z této hory zabývá práce z roku 2001, zaměřená primárně na složení a množství karotenoidů v sebraných organismech. Ve zdejších vzorcích byla nejčastěji zjištěna *Stigonema ocellatum*. Kromě ní byla také nalezena *Gloeocapsa sanguinea*, *Scytonema crassum*, *Sc. hofmannii*, *Sc. ocellatum*, *Stigonema hormoides*, *St. panniforme*, *Schizothrix* sp. a *Xenococcus* sp. (Lakatos *et al.*, 2001).

Mnohem důkladněji se druhovým složením mikroflóry obývající toto specifické území zabývá recentní floristická studie autorů Kaštovský a kol., která zde zjistila výskyt 44 druhů sinic. Potvrdila dominantní zastoupení rodů *Stigonema* a *Gloeocapsa*, především druhů *St. ocellatum*, *St. hormoides*, *Gl. sanguinea* a *Gl. rupicola*. Kromě těchto organismů byly také vcelku často nalézány *Schizothrix* cf. *telephoroides* a *Porphyrosiphon* cf. *notarisii* var. *minor*. V této práci z Roraimy byly popsány i dva nové druhy sinic, oba ze smáčených stěn. Prvním je *Entophysalis arboriformis*, druh, vytvářející mikro až makroskopické kolonie uzavřené ve slizu, nalezený často mezi vlákny ostatních sinic. Druhým je *Albrightia roraimae*, organismus s jednořadými, výrazně zaškrcovanými vlákny a silnou žlutohnědou pochvou (Kaštovský *et al.*, 2011 in press).

S Roraimou sousedí o něco nižší stolová hora – Kukenán-tepui. Tato hora měří 2 680 m a je ještě hůře přístupná než vedlejší Roraima (Summitpost, 2011). Zřejmě proto zde bylo druhové složení sinic zatím zkoumáno pouze okrajově. Na jejím vrcholu se nachází pískovcové město se skalami porostlými černými biofilmy, které byly nalezeny i na ostatních stolových horách. V tomto případě byly tyto povlaky tvořeny především rody *Gloeocapsopsis*, *Chondrocystis* a *Stigonema* (Pokorný, 1996).

3. Metody

3.1. Kostarika

Kostarika se nachází v jižní části Střední Ameriky mezi státy Nikaragua a Panama. Díky poloze na úzké šíji spojující Severní a Jižní Ameriku smáčí její pobřeží dva různé oceány – Tichý a Atlantský. Celou zemí se ze severozápadu k jihovýchodu táhne pás Kordiller, které na jejím území vytváří tři různě vysoká pohoří – Cordillera de Guanacaste, Cordillera Central a Cordillera de Talamanca (Evans, 1999). Nejmohutnější z nich, Cordillera de Talamanca s nejvyšší horou Chirripó (3 819 m), se nachází v jižní části státu, kde se rozkládá téměř od pobřeží k pobřeží (Batemen & Egan, 1999). Na severní straně na něj navazuje Valle Central, údolí, kde žije většina kostarického obyvatelstva a leží zde i hlavní město - San José. Toto údolí je obklopeno nižším pohořím Cordillera Central. Na severozápadě od Valle Central se táhne pás nejnižších a nejužších hor - Cordillera de Guanacaste (Batemen & Egan, 1999). Díky blízkosti místa, kde se Kokosová deska zanořuje pod desku Karibskou, se v Kostarice nachází řada aktivních sopek. Nejvyšším z nich je vulkán Irazú, který se nachází v pohoří Cordillera Central a je vysoký 3 432 m (Seach, 2011).

Podnebí v Kostarice je tropické a vlhké. I přesto, že celková rozloha této země je jen 51 100 km², nachází se na jejím území mnoho rozmanitých vegetačních typů – od tropického deštného lesa přes savany, močály, bažinatá pobřeží s mangrovy až k lesům vysokohorským a vegetaci nacházející se nad jejich horní hranicí (Batemen & Egan, 1999). Tato různorodost se odráží i v počtu druhů zastoupených na tomto území. Jen cévnatých rostlin bylo v Kostarice zaznamenáno na 9 000 druhů (což jsou 4 % z celosvětového množství). Značně je zastoupena i říše živočišná – 850 druhů ptáků, 220 plazů, 160 obojživelníků a 280 savců, z nichž asi polovina připadá na různé druhy netopýrů (Evans, 1999). Toto bohatství je soustředěno především do národních parků a chráněných rezervací, které v Kostarice pokrývají asi 12 % území. Půda, která nespadá do těchto 12 %, je značně využita k pěstování kávy či banánů (Franke, 2009).

3.2. Původ vzorků

Vzorky, které jsem měla k dispozici pro praktickou část mé bakalářské práce, byly sebrány výpravou členů Katedry botaniky PřF mezi 14. a 16. březnem 2010 v okolí města San Gerardo de Rivas. Většina jich pochází z přírodní rezervace Cloudbridge reserve, která se nachází na svazích nejvyšší kostarické hory – Chirripó (3 819 m. n. m.) (Giddy, 2011). Vzorky byly sbírány z různých povrchů, především vlhké půdy (Obr. 5) a kamenů (Obr. 6), menší část i z epifytických stanovišť (kůra, bromélie), kde vytvářely makroskopicky viditelné nárosty. Vzorky byly oškrábány pomocí čistěného kapesního nože ze substrátu a usušeny.



Obrázek 5: Makroskopické sinicové nárosty na půdě. (Foto: Tomáš Hauer)



Obrázek 6: Makroskopické sinicové nárosty na kameni. (Foto: Tomáš Hauer)

Většina těchto vzorků byla sebrána v nadmořské výšce kolem 1 500 m.n.m. v oblasti tropického mlžného lesa. Zbytek byl sbírán při výstupu na Chirripó v mlžném lese vyšších poloh a částečně i nad jeho horní hranicí. Makroskopický popis a místo odběru vzorků, ve kterých byly později zaznamenány sinice, se nachází v tabulce I.

Tabulka I: Popis odběrových míst vzorků, ve kterých byly nalezeny sinice.

	Lokalita	Makroskopický vzhled	Místo sběru	Substrát
3.2	Cloudbridge	světle hnědozelený kožich	u cesty	skála
3.3	Cloudbridge 9°28'14" s.š. 83°35'0" z.d.	černý suchý kožich	u cesty	kámen
3.4	Cloudbridge 9°28'14" s.š. 83°35'0" z.d.	černá vlákna	u cesty	skála
3.8	Cloudbridge 9°28'21" s.š. 83°34'37" z.d.	nárost	bromélie u cesty	epifyt v nádržce listu
3.9	Cloudbridge 9°28'21" s.š. 83°34'19" z.d.	tmavohnědý kožich	u cesty	skála
3.19	Cloudbridge 9°28'23" s.š. 83°34'20" z.d.	vatovitý světle zelený porost	u cesty	skála, mezi mechem
3.21	Cloudbridge 9°28'12" s.š. 83°35'5" z.d.	kožich	u hotelu Mariposa, San Gerardo	kámen
3.26	Cloudbridge 9°28'12" s.š. 83°35'5" z.d.	" <i>Stigonema panniforme</i> "	cestou k lázním	jíl
3.27	Cloudbridge 9°28'12" s.š. 83°35'5" z.d.	černá krusta loupající se	cestou k lázním	jíl
3.28	Cloudbridge 9°28'12" s.š. 83°35'5" z.d.	krusta loupající se	cestou k lázním	jíl
3.29	Cloudbridge 9°28'9" s.š. 83°36'16" z.d.	úplně černý kožich	u cesty	kámen
4.1	Chirripó 1.den 9°27'51" s.š. 83°34'52" z.d.	tmavý splývavý plstnatý kožich	u cesty	kámen
4.2	Chirripó 1.den 9°27'52" s.š. 83°34'49" z.d.	žlutá, velmi tlustá kožichovitá plst	u cesty	skála, mezi mechem
5.1A	Chirripó 2.den 9°27'3" s.š. 83°30'49" z.d.	černý hrubý kožich	u cesty	kámen
5.3	Chirripó 2.den	černý suchý kožich	Chirripó cesta	kámen
5.4	Chirripó 2.den	na troud suchý porost	Chirripó cesta	kámen
5.5	Chirripó 2.den	tmavá krusta	Chirripó cesta	hlína

3.3. Co se s nimi dělo

Celkem jsem tedy měla ke zpracování 24 vzorků, které jsem podrobila mikroskopické analýze ve světelném mikroskopu Olympus BX 51 vybaveném Nomarského diferenciálním interferenčním kontrastem s vysokým rozlišením, digitální kamerou Olympus DP 71 a softwarem DP Controller (Olympus Inc.). Sinice byly určovány podle prací Cyanophyceae (Geitler, 1932), New Myxophyceae from Puerto Rico (Gardner, 1927) a Süßwasserflora von Mitteleuropa - Cyanoprokaryota I. a II. (Komárek & Anagnostidis, 1998; Komárek & Anagnostidis, 2005). K odhadu relativních četností jednotlivých druhů v živých vzorcích byla použita obdoba Braun-Blanquetovy stupnice v rozsahu od „+“ pro velmi řídké zastoupené organismy až po „6“ pro organismy tvořící jednoznačnou dominantu (Kaštovský *et al.*, 2008).

Kromě mikroskopické analýzy čerstvých vzorků jsem se pokoušela přidělené vzorky pěstovat na agarovém médiu v Petriho miskách. K tomu jsem používala 1,5 % roztok agaru s kultivačním médiem BBM (Bold-Basal/Bristol Medium) (Bischoff & Bold, 1963). Sinice byly kultivovány při teplotě 20 – 21 °C za denního cyklu 12 hodin světla a 12 hodin zastínění. Misky byly orientovány agarem vzhůru a sinice na nich narostlé byly také částečně mikroskopovány.

Jednodruhové kultury byly přeočkovány do uzavíratelných zkumavek se šikmým agarem a část jejich biomasy byla usušena v eksikátoru se silikagelem pro případnou další práci. Získané kmeny byly kromě fotografií dokumentovány i pomocí kreseb. Z této dokumentace byly společně s popisem jednotlivých druhů tvořeny obrazové tabule v programu Corel DRAW 12 (Corel Corp.).

4. Výsledky

Z 24 vzorků, které jsem měla k dispozici pro mikroskopickou analýzu, byly sinice nalezeny v 17 z nich. Ve zbývajících 7 vzorcích se původní makroskopické nárosty ukázaly být tvořeny buď nesinivými organismy (houbami, ruduchou rodu *Hildenbrandia* sp., zelenými řasami, atd.), nebo pouze anorganickými částicemi. Vzorky, ve kterých byly sinice zaznamenány, pochází především z kamenných substrátů - skal či kamenů u cesty. Čtyři vzorky pochází z povrchu půdy a pouze jeden je z epifytického stanoviště – listu bromélie. Ani v jednom vzorku sebraném z kůry se očekávaný výskyt sinic nepotvrdil.

Celkem bylo tedy zaznamenáno 55 druhů sinic, z nichž se 33 podařilo určit blíže. Zbytek byl identifikován pouze v rámci rodů. Soupis všech sinic společně s jejich popisem následuje dále v této kapitole. Kompletní seznam druhů, míst jejich nalezení a odhady relativních četností v jednotlivých vzorcích se nachází v Příloze 1. Ve většině vzorků (13) dominovaly bez ohledu na substrát (půda/kameny) heterocyty tvořící rody *Scytonema* a *Stigonema* s tmavě zbarvenými pochvami. Nejhojněji byla zastoupena *Scytonema ocellatum* (dominanta ve dvou vzorcích) a *Stigonema tomentosum* (dominanta ve třech vzorcích). Vzorek 3.4 byl jediný, kde převažoval kokální morfortyp, a to *Gloeocapsa rupicola*. Ve vzorku 3.28 tvořil jednoznačnou dominantu *Porphyrosiphon* cf. *velasquesii* a ve vzorku 4.2 *Schizothrix* sp. s bezbarvými pochvami. Ve vzorku 3.8, který byl od ostatních nejvíce odlišný, byla nejhojněji zastoupena *Oscillatoria* cf. *rupicola*.

Popis nalezených druhů:

Aphanocapsa muscicola (MENECHINI) WILLE 1919

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorcích: 3.3, 3.8, 3.21, 3.27, 3.28, 5.3 a 5.5
- známá z temperátní zóny
- v rešeršní oblasti nalezeno: Roraima (Kaštovský *et al.*, 2011 in press)

Aphanothece caldariorum RICHTER 1880

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorcích: 3.21, 4.1, 5.3
- zřejmě kosmopolitní
- v rešeršní oblasti nalezeno: nenalezeno

Aphanothece castagnei (BRÉBISSON) RABENHORST 1865

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorku: 3.3
- zřejmě kosmopolitní z vysokých hor
- v rešeršní oblasti nalezeno: Mayské památky (Ramirez *et al.*, 2010)

Aphanothece saxicola NÄGELI 1849

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorcích: 3.4, 3.21, 5.3
- zřejmě kosmopolitní z prostředí s vlhkým klimatem
- v rešeršní oblasti nalezeno: nenalezeno

Calothrix cf. parietina (NÄGELI) THURET 1875

- přibližně o 2 – 3 μm menší než popis v literatuře (vlákna i trichomy)
 - šířka vláken: 6 – 10,5 μm
 - šířka buněk: 2 – 7 μm ; délka buněk: 3 – 6,5 μm
 - šířka heterocytů: 4,8 – 7 μm ; délka heterocytů: 2,9 – 5,7 μm
 - tmavě žlutá vrstvená pochva, třepící se ke koncům vláken, kratší než trichomy
 - zelenomodré buňky za heterocyty ztloustlé, ke koncům vláken se výrazně zužují
 - heterocyty mohou být i v průběhu vlákna
- nalezeno ve vzorku: 3.8
- kosmopolitní
- v rešeršní oblasti nalezeno: Portoriko (Gardner, 1927), Venezuela (Büdel *et al.*, 1994)

Gloeocapsa cf. atrata KÜTZING 1845

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorku: 3.8
- zřejmě z temperátní zóny
- v rešeršní oblasti nalezeno: nenalezeno

Gloeocapsa cf. fusco-lutea (NÄGELI) KÜTZING 1849

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorku: 5.5
- známá ze Střední a Západní Evropy
- v rešeršní oblasti nalezeno: nenalezeno

Gloeocapsa cf. punctata NÄGELI 1849

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorku: 3.27
- v Evropě častá, další rozšíření neznámé
- v rešeršní oblasti nalezeno: nenalezeno

Gloeocapsa rupicola KÜTZING 1849

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorku: 3.4
- známá z temperátní zóny, ale nalezena i v tropech
- v rešeršní oblasti nalezeno: Roraima (Kaštovský *et al.*, 2011 in press), Portoriko (Gardner, 1927), Francouzská Guyana (Dojani *et al.*, 2007), Mayské památky (Ramirez *et al.*, 2010)

Gloeocapsopsis dvorakii (NOVÁČEK) KOMÁREK et ANAGNOSTIDIS 1986

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorcích: 3.3, 3.4, 5.1A, 5.3
- znám z temperátní zóny, ale zřejmě má širší rozšíření
- v rešeršní oblasti nalezeno: nenalezeno

Gloeocapsopsis pleurocapsoides (NOVÁČEK) KOMÁREK et ANAGNOSTIDIS 1986

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorku: 3.4
- zřejmě kosmopolitní z vysokých hor
- v rešeršní oblasti nalezeno: nenalezeno

Gloeotheca confluens (KÜTZING) NÄGELI 1849

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorku: 3.4
- rozšířená v temperátní zóně, ale nalezena třeba i v Brazílii
- v rešeršní oblasti nalezeno: Francouzská Guyana (Sarhou *et al.*, 1995)

Gloeotheca tepidariorum (A. BRAUN) LAGERHEIM 1883

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorku: 3.28
- rozšířená ve Střední Evropě a ve sklenících
- v rešeršní oblasti nalezeno: Roraima (Kaštovský *et al.*, 2011 in press)

Chroococcus cf. montanus HANSGIRG 1892

- popis v literatuře není příliš podrobný
 - nazelenalé buňky nepravidelného tvaru nahloučené na sebe
 - slizový obal těsně přiléhající, většinou bezbarvý, v některých částech hnědožlutý
 - buňky v průměru: 4 - 6 μm
- nalezeno ve vzorku: 3.8
- popsán z Evropy, další rozšíření nejasné
- v rešeršní oblasti nalezeno: nenalezeno

Chroococcus minutus NÄGELI 1849

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorku: 3.8
- spíše sladkovodní druh známý z temperátní zóny, ale možná s kosmopolitním rozšířením
- v rešeršní oblasti nalezeno: Roraima (Kaštovský *et al.*, 2011 in press)

Chroococcus varius A. BRAUN IN RABENHORST 1861

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorku: 5.3
- znám z Evropy, zřejmě ale s kosmopolitním rozšířením
- v rešeršní oblasti nalezeno: nenalezeno

Oscillatoria cf. rupicola HANSGIRG 1890

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorku: 3.8
- známá především ze střední a jižní Evropy
- v rešeršní oblasti nalezeno: nenalezeno

Porphyrosiphon cf. velasquesii DROUET 1942

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorku: 3.28
- popsán z Filipín, další rozšíření nejasné
- v rešeršní oblasti nalezeno: nenalezeno

Pseudanabaena cf. minima (G.S. AN) ANAGNOSTIDIS 2001

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorcích: 3.8, 4.1, 5.5
- popsána ze Severní Koreje, další rozšíření zřejmě v temperátní zóně
- v rešeršní oblasti nalezeno: nenalezeno

Scytonema cf. tenue GARDNER 1927

- přibližně o 2 μm užší trichomy než popisuje literatura, pochva vrstvená, buňky mírně zaškrcované, v době mikroskopování už nebyla v nejlepší kondici
 - tmavá, vrstvená pochva
 - buňky zelenomodré čtvercovité, nebo lehce protáhlé, mírně zaškrcované
 - šířka vláken: 6 – 8 μm
 - šířka buněk: 4 – 5 μm ; délka buněk: 4 – 6 μm
- nalezeno ve vzorku: 3.2
- popsána z Portorika
- v rešeršní oblasti nalezeno: Portoriko (Gardner, 1927)

Scytonema hofmannii AGARDH ex BORNET et FLAHAULT 1887

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře, jen vlákna jsem naměřila asi o 2 µm širší
- nalezeno ve vzorku: 3.3
- kosmopolitní
- v rešeršní oblasti nalezeno: **Kostarika** (Kufferath, 1929; Freiberg, 1998; Freiberg, 1999), Francouzská Guyana (Dojani *et al.*, 2007), Venezuela (Büdel *et al.*, 1994; Lakatos *et al.*, 2001), Jamajka (Drouet, 1942), Roraima (Lakatos *et al.*, 2001), Auyan Tepui (Lakatos *et al.*, 2001)

Scytonema javanicum (KÜTZING) BORNET et THURET 1880

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorku: 3.2
- známá z tropických oblastí
- v rešeršní oblasti nalezeno: Portoriko (Gardner, 1927), Mayské památky (Caneva *et al.*, 2005), Jamajka (Drouet, 1942), **Kostarika** (Freiberg, 1998; Freiberg, 1999), Mexická poušť (Rivera-Aguilar *et al.*, 2006)

Scytonema multiramosum GARDNER 1927

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře, jen se v pozorovaném materiálu mění výrazněji poměr šířky a délky buněk v průběhu vlákna
- nalezeno ve vzorku: 3.19
- popsána z Portorika
- v rešeršní oblasti nalezeno: Roraima (Kaštovský *et al.*, 2011 in press), Portoriko (Gardner, 1927), Francouzská Guyana (Sarhou *et al.*, 1995),

Scytonema ocellatum (DILLWYN) HARVEY 1833

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorcích: 3.21, 5,5
- zřejmě kosmopolitní
- v rešeršní oblasti nalezeno: Portoriko (Gardner, 1927), **Kostarika** (Kufferath, 1929), Francouzská Guyana (Rascher *et al.*, 2003; Dojani *et al.*, 2007), Venezuela (Büdel *et al.*, 1994; Lakatos *et al.*, 2001), Serrania Tepui (Büdel *et al.*, 1994), Jamajka (Drouet, 1942)

Scytonema spirulinoides GARDNER 1927

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře, jen jsem v pozorovaném materiálu naměřila asi o 2 μm užší trichomy a poměr délky a šířky buněk se v průběhu vlákna výrazněji měnil
- nalezeno ve vzorku: 3.9
- popsána z Portorika
- v rešeršní oblasti nalezeno: Portoriko (Gardner, 1927)

Schizothrix cf. calcicola GOMONT ex GOMONT 1892

- nalezeno jen malé množství materiálu, ale morfologicky odpovídá popisu
- nalezeno ve vzorku: 3.29
- známá z temperátní zóny
- v rešeršní oblasti nalezeno: Venezuela (Büdel *et al.*, 1994)

Schizothrix cf. fuscescens KÜTZING ex GOMONT 1892

- v době mikroskopování nebyla už v nejlepší kondici, obtížně se měřila
 - silné vrstvené nažloutlé pochvy v nich i více trichomů
 - buňky delší než širší
 - šířka buněk: 1,5 – 2 μm ; délka buněk: 7 – 8 μm
- nalezeno ve vzorku: 3.27
- známá z Evropy i tropů
- v rešeršní oblasti nalezeno: Francouzská Guyana (Dojani *et al.*, 2007)

Stigonema cf. panniforme BORNET et FLAHAULT 1887

- o něco menší než je popisováno v literatuře
 - pochva silná tmavá a rozpraskaná
 - šířka vláken: 17 – 24 μm
 - šířka buněk: 9 – 15 μm , délka buněk: 7 – 8 μm
 - většina vláken porostlá houbou
- nalezeno ve vzorku: 5.1A
- zřejmě kosmopolitní
- v rešeršní oblasti nalezeno: Roraima (Lakatos *et al.*, 2001; Kaštovský *et al.*, 2011 in press), Francouzská Guyana (Sarhou *et al.*, 1995; Dojani *et al.*, 2007), Auyan Tepui (Büdel, 1999; Lakatos *et al.*, 2001)

Stigonema cf. turfaceum COOKE 1884

- nalezeno malé množství materiálu, který se nezdál v době mikroskopování býti v dobré kondici
 - víceřadá vlákna se silnou žlutou a vrstvenou pochvou
 - buňky světle zelené
 - šířka vláken: 27 – 40 μm
- nalezeno ve vzorku: 3.26
- zřejmě známá z temperátní zóny
- v rešeršní oblasti nalezeno: nenalezeno

Stigonema hormoides (KÜTZING) BORNET et FLAHAULT 1885

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře, jen místy vlákna o 2 μm širší
- nalezeno ve vzorku: 3.29
- zřejmě kosmopolitní
- v rešeršní oblasti nalezeno: Roraima (Lakatos *et al.*, 2001; Kaštovský *et al.*, 2011 in press), Portoriko (Gardner, 1927), Francouzská Guyana (Sarhou *et al.*, 1995; Rascher *et al.*, 2003; Dojani *et al.*, 2007), Venezuela (Golubić, 1967; Büdel *et al.*, 1994), Mayské památky (Caneva *et al.*, 2005), Auyan Tepui (Büdel, 1999; Lakatos *et al.*, 2001)

Stigonema mamillosum (LYNGBYE) C. AGARDH 1824

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorku: 5.4
- zřejmě kosmopolitní
- v rešeršní oblasti nalezeno: Francouzská Guyana (Sarhou *et al.*, 1995; Rascher *et al.*, 2003; Dojani *et al.*, 2007), Venezuela (Büdel *et al.*, 1994), Auyan Tepui (Lakatos *et al.*, 2001)

Stigonema minutum (C. AGARDH) HASSALL 1845

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
- nalezeno ve vzorku: 3.4
- zřejmě kosmopolitní
- v rešeršní oblasti nalezeno: Portoriko (Gardner, 1927), **Kostarika** (Kufferath, 1929; Freiberg, 1999), Francouzská Guyana (Sarhou *et al.*, 1995), Venezuela (Golubić, 1967; Büdel *et al.*, 1994), Serrania Tepui (Büdel *et al.*, 1994)

Stigonema tomentosum BORNET et FLAHAULT 1887

- morfologicky odpovídá popisu v literatuře
 - jen ve vzorku 5.3 naměřeny buňky o 2-3 μm širší než uvádí popis a tmavá vrstvená pochva byla výrazněji zvrásněná
 - šířka vláken: 12 – 26 μm
 - šířka buněk: 12 – 15 μm ; délka buněk: 7 – 10 μm
- nalezeno ve vzorcích: 3.26, 3.27, 5.3
- zřejmě kosmopolitní
- v rešeršní oblasti nalezeno: Roraima (Kaštovský *et al.*, 2011 in press)

Asterocapsa sp.

- velmi malé množství nalezeno ve vzorku: 3.19
- fialovomodré kulaté buňky tvoří kolonie v průhledném slizu
- průměr buněk: 4-5 μm

Brasilonema sp. 1

- nalezeno až při kultivaci ve vzorku: 3.21
- pochva tenká, průhledná, těsně přiléhavá
- velmi mírně zaškrcované zelené až nařafovělé buňky, které jsou většinou čtvercové, ale mohou být delší i kratší než širší, u konců vláken výrazně zkrácené
- častá vakuolizace buněk
- konce vláken zakončeny hormogoniemi nebo polokulovitě zaoblenou buňkou
- šířka vláken: 5,5 – 12 μm
- šířka buněk: 4,5 – 11,5 μm ; délka buněk: 4,5 – 12 μm
- šířka heterocytů: 10 – 11 μm ; délka heterocytů: 7 – 11,5 μm

Brasilonema sp. 2

- nalezeno ve vzorku: 4.1
- silná tmavá a vrstvená pochva
- hnědofialové buňky mohou být delší i kratší než širší, ke konci vláken se výrazně zkracují a v některých místech jsou silně vakuolizovány
- šířka vláken: 21 – 26 μm
- šířka buněk: 12 – 16 μm ; délka buněk: 12 – 18 μm

Brasilonema sp. 3

- nalezeno ve vzorku: 3.2
- popis druhu v obrazové tabuli (viz Příloha 2)

Brasilonema sp. 4

- nalezeno ve vzorku: 3.8
- popis druhu v obrazové tabuli (viz Příloha 3)

Brasilonema sp. 5

- nalezeno ve vzorku: 3.29
- popis druhu v obrazové tabuli (viz Příloha 4)

Brasilonema sp. 6

- nalezeno ve vzorku: 3.19
- popis druhu v obrazové tabuli (viz Příloha 5)

Calothrix sp.

- nalezeno ve vzorku: 5.5
- popis druhu v obrazové tabuli (viz Příloha 6)

cf. *Microcrocis* sp.

- ve velmi malém množství nalezeno ve vzorku: 3.8
- velké ploché, zřejmě jednořadé kolonie kulatých do fialova zbarvených buněk
- průměr buněk: 4,8 – 6 μm

Cyanosarcina sp.

- ve velmi malém množství nalezeno ve vzorku: 3.8
- fialové, nepravidelně tvarované buňky tvořící nahloučené balíčkovité kolonie
- průměr kolonií: 10 – 15 μm
- průměr buněk: 4,5 – 6,1 μm

Leptolyngbya sp.

- nalezeno ve vzorcích: 3.2, 3.3, 3.8, 3.21, 3.27, 5.5
- velmi tenká vlákna (< 1 μm) zelenomodré barvy zřejmě v tenké, průhledné a přiléhavé pochvě

Microchaete sp. 1

- nalezeno ve vzorku: 3.8
- popis druhu v obrazové tabuli (viz Příloha 7)

Microchaete sp. 2

- nalezeno ve vzorku: 5.5
- popis druhu v obrazové tabuli (viz Příloha 8)

Nostoc sp.

- nalezeno ve vzorcích: 3.2, 5.5
- zelenomodré kulaté buňky v řetízcích
- slizové kolonie bezbarvé až žluté
- průměr kolonií: 50 – 300 μm
- průměr buněk: 3 – 5 μm

Oscillatoria sp.

- nalezeno ve vzorku: 3.8
- zelenomodré buňky, které jsou výrazně zaškrcované, kratší než širší
- vlákna po celé délce stejně široká, zakončena polokulovitě zaoblenou buňkou
- šířka buněk: 4-5 μm ; délka buněk: 1-2 μm
- nejvíce podobná rozměry *Oscillatoria* cf. *subbrevis* SCHMIDLE 1901, ale nebylo pozorováno žluté zbarvení trichomů a buňky jsou více zaškrcované

Phormidium sp.

- nalezeno ve vzorku: 3.8
- pochva průhledná, těsně přiléhavá
- zelenomodré buňky jsou čtvercové, popřípadě lehce obdélníkovitě protáhlé, nezaškrcované
- šířka buněk: 3 – 4 μm ; délka buněk: 2,8 – 4 μm

Pseudanabaena sp.

- nalezeno ve vzorku: 3.21
- buňky jsou zaškrcované, pochva chybí
- šířka buněk: 1 – 1,5 μm ; délka buněk: 2 – 4 μm

Scytonema sp.

- nalezeno ve vzorku: 3.26
- velmi tenká vlákna s průhlednou až hnědooranžovou pochvou
- pouze lehce zaškrcované buňky jsou většinou mnohem delší než širší, ale poměr se v průběhu vlákna mění
- šířka vláken: 5 – 11 μm
- šířka buněk: 2 – 4 μm ; délka buněk: 5 – 10 μm

Scytonematopsis sp.

- nalezeno ve vzorku: 3.2
- popis druhu v obrazové tabuli (viz Příloha 9)

Schizothrix sp.

- nalezeno ve vzorku: 4.2
- tlustá, výrazně vrstvená pochva s některými vrstvami silně zvlňnými je většinou bezbarvá, místy nažloutlá
- v pochvě může být více trichomů
- buňky jsou zelenomodré až nažloutlé, delší než širší
- šířka vláken: 10 – 18 μm
- šířka buněk: 5 – 7 μm ; délka buněk: 8 – 15 μm
- nejvíce podobná podle popisu *Schizothrix telephoroides* (MONTAGNE) GOMONT 1892, která má však mít alespoň zčásti pochvu červeně zbarvenou

Trichormus sp.

- nalezeno ve vzorku: 3.2
- zelenošedé, výrazně zaškrcované buňky téměř čtvercového tvaru tvořící dlouhá vlákna
- průměr buněk: 2 – 2,5 μm

Xenotholos sp.

- nalezeno ve vzorku: 3.8
- malé nazelenalé buňky nepravidelného až hranatého tvaru tvořící nahloučené kolonie
- průměr kolonií: 12 – 16 μm
- průměr buněk: 1,2 – 2 μm

Nejvíce druhů tedy bylo nalezeno z rodu *Scytonema* (7), *Stigonema* (6), *Brasilonema* (6) a *Gloeocapsa* (4). Ostatní rody byly zastoupeny pouze třemi a méně druhy. Nejvíce druhů (14) bylo nalezeno ve vzorku 3.8.

Výsledkem mého kultivačního úsilí je 8 jednodruhových kultur získaných z 5 různých vzorků. Vyizolovat se mi podařilo druhy *Brasilonema* sp., *Microchaete* sp., *Calothrix* sp. a *Scytonematopsis* sp. Popisy s fotografickou a kresebnou dokumentací jednotlivých kmenů se nachází v přílohách 2 - 9.

5. Diskuze

V rešeršní části své práce jsem téměř vždy zachovávala označení sinic zvolené autory daných článků. Nicméně v některých případech, kdy se jména jednoho druhu vyskytovala v různých člancích v rozdílných formách, jsem je sjednotila podle používanějšího, popřípadě novějšího jména. Druhem, jehož označení se v jednotlivých člancích lišilo, je například *Gloeocapsa rupicola*. Ta je v některých studiích pojmenována jako *Gloeocapsa quaternata*, nicméně ve většině novějších prací je již označována jako *Gl. rupicola*. Pro přehlednost jsem proto všude použila pouze novější jméno. Stejně jsem sjednotila názvy i u *Schizothrix telephoroides*, u níž se druhové jméno vyskytuje v některých člancích i ve formě „*telephoroides*“.

Články zabývající se terestrickými sinicemi na severu Latinské Ameriky a v Karibiku pochází z rozličných míst, v nichž bylo studium této mikroflóry motivováno často velmi rozdílnými důvody. Práce, se kterými jsem se při psaní literární rešerše setkala, by se daly rozdělit do tří kategorií podle důrazu kladeného na poznání druhového složení sinic v dané oblasti.

První skupinu tvoří články, které se zaměřovaly na dosud algologicky neprobádané oblasti s motivací přispět co možná nejvíce k poznání skladby tamních sinicových taxonů. Mezi takové patří například studie z Roraima-tepui, Jamajky, Portorika či venezuelských skalních výchozů (Gardner, 1927; Drouet, 1942; Büdel *et al.*, 1994; Kaštovský *et al.*, 2011 in press).

Další skupinou jsou práce, v nichž bylo na sinice nahlíženo spíše z pohledu biochemických dějů, mezi než se řadí například příspěvní sinic k obohacování daného ekosystému dusíkem (Freiberg, 1998; Dojani *et al.*, 2007), složení jejich karotenoidů v závislosti na světelných podmínkách (Lakatos *et al.*, 2001) či jejich fotosyntetická kapacita v přirozeném prostředí (Rascher *et al.*, 2003).

Poslední, a zřejmě největší, skupinu tvoří v této části Latinské Ameriky práce, které se zabývají terestrickými sinicemi z povrchu budov. Pro tuto skupinu jsou často typické studie, ve kterých jsou nalezené sinice určeny jen do rodů, popřípadě pouze do subsekcí vymezených Bergey's manuálem (De Miguel *et al.*, 1995; Ortega-Morales *et al.*, 2005; Gaylarde *et al.*, 2007). Tyto články pak poskytují jen přibližnou představu o složení organismů v daném prostředí. Nicméně s ohledem na motivaci ke studiu těchto společenstev, kterou je často v první řadě snaha zamezit narušování stavebních materiálů či dalšímu ovlivňování vzhledu památek těmito organismy, jsou získané informace zřejmě plně postačující.

Přímo z Kostariky pochází pouze dva články zabývající se druhovým složením terestrických sinicových společenstev a ty se zaměřují především na organismy z epifytických stanovišť. Prvním z nich je práce z roku 1929, která studuje sinice z povrchu půdy a kůry na hoře Barba v Kostarice (Kufferath, 1929). Novější studie z této země se již zaměřují výhradně na společenstva vázaná na povrch listů (Freiberg, 1998; Freiberg, 1999; Furnkranz *et al.*, 2008). Druhovým složením těchto společenstev se však zabývá pouze Freiberg (1999), ostatní dvě práce se zaměřují spíše na jejich schopnost fixovat vzdušný dusík a jeho získané množství. Kromě těchto prací, zmíněných v rešeršní části, se sinicemi v Kostarice zabývá i nedávný článek z roku 2008, který se však zaměřil výhradně na studii kmenů čtyř pravě větvených sinic získaných z horkých pramenů v okolí sopky Miravalles (Finsinger *et al.*, 2008). Z této oblasti tedy neexistuje žádná, natož recentní, analýza nárostů z kamenných substrátů. Poslední prací zabývající se sinicemi z povrchu půdy je výše zmíněný článek Kufferatha, který je již více než 80 let starý. Vzorky, ve kterých jsem sinice našla já, naopak pochází především z kamenných a půdních substrátů, proto si myslím, že moje práce může přispět alespoň z části k doplnění představy o sinicové mikroflóře Kostariky a Střední Ameriky vůbec.

Z výše zmíněných 33 sinic, které byly určeny do druhů, jich bylo 20 již nalezeno v rešeršní oblasti a z nich čtvrtina (5) je známá výhradně z tropů. Čtyři mnou nalezené druhy byly dříve zaznamenány i přímo v Kostarice. Těmito sinicemi jsou *Stigonema minutum*, *Scytonema ocellatum*, *Sc. javanicum* a *Sc. hofmannii* (Kufferath, 1929; Freiberg, 1998; Freiberg, 1999). Téměř polovina (15) z nalezených druhů je považována za organismy s kosmopolitním rozšířením.

Z určených druhů, které nebyly v rešeršní oblasti zatím zaznamenány (13), se většina řadí mezi kokální sinice (9). Jako jejich příklad může být uvedena třeba *Aphanothece caldariorum*, *Gloeocapsa cf. atrata* či *Gloeocapsopsis dvorakii*. Tyto organismy se vyznačují převážně malými rozměry a v literatuře, se kterou jsem se v rámci své literární rešerše setkala, byly kokální morfotypy často určeny pouze do rodu, popřípadě do subsekcce např. (De Miguel *et al.*, 1995; Ortega-Morales *et al.*, 2005). Zároveň se však i v mých vzorcích tyto sinice často vyskytovaly spíše v řídkém zastoupení, proto je možné, že některé z nich byly v předchozích studiích přehlédnuty.

Většina z druhů nenalezených již dříve v rešeršní oblasti je v mém soupisu označena jako „cf.“ z důvodu rozšíření zaznamenaného u daných organismů zatím pouze v Evropě

popřípadě v temperátní zóně. To může znamenat, že mnou nalezené druhy jsou pouze podobné těm již popsaným temperátním, které se v této tropické oblasti nevyskytují kvůli svému omezenému geografickému rozšíření.

V mém případě byla více než třetina nalezených sinic s pomocí výše zmíněné literatury určena pouze do rodů. Například u organismů *Cyanosarcina* sp. (ze 3.8) nebo *Asterocapsa* sp. (ze 3.19), bylo důvodem jejich malé množství nalezené ve vzorku. V jiném případě, jakým je třeba *Schizothrix* sp. (ze 4.2) a *Scytonema* sp. (ze 3.26), se mi nepodařilo sinice, nalezené i ve vyšších četnostech, přiřadit k žádnému popsanému druhu. Důvodem může být zaměření aktuální určovací literatury na sinice převážně z Evropy (Geitler, 1932; Komárek & Anagnostidis, 1998; Komárek & Anagnostidis, 2005). Sinice z mimoevropských končin jsou v ní sice také zmíněny, ale často s méně podrobným popisem a v nižších počtech – například v díle Cyanophyceae (Geitler, 1932) pochází 3/5 popsaných druhů z temperátní zóny (Komárek, 1985).

Důležitou určovací literaturou pro tropické oblasti a okolí Karibiku obzvláště, je dílo zabývající se sinicemi z Portorika (Gardner, 1927). V této práci bylo popsáno mnoho nových druhů z této lokality a u většiny z nich je kromě podrobného popisu obsažena i kresebná dokumentace, což považuji za velmi přínosné. Tato práce je zahrnuta i do pozdějšího klíče Cyanophyceae (Geitler, 1932), ve kterém je však jednou z mála zaměřujících se na sinice z tropů.

Sinice z mého soupisu nalezených druhů obsahující v názvu „cf.“ ve většině případů odpovídaly morfologicky popisu v literatuře, nicméně často u nich bylo uváděné rozšíření omezeno jen na temperátní zónu, popřípadě pouze na Evropu. Proto jsem zvolila jméno vyjadřující jistou míru pochybnosti, stejně jako u druhů lišících se výrazněji od popisu v literatuře, popřípadě nalezených ve vzorku pouze v množství nedostatečném ke spolehlivému určení.

I když se tak podařilo z 55 nalezených sinic určit do druhů pouze 22 bez naznačení nějaké pochybnosti, domnívám se, že je toto řešení lepší, než pokoušet se zařadit organismy násilně do již existujících příhrádek. S ohledem na specifické a vcelku málo probádané prostředí, ze kterého pocházely mé vzorky, se dá předpokládat výskyt nových i endemických druhů podobně jako je tomu například u sladkovodních sinic na Kubě (Komárek, 1985), nebo terestrických sinic na Roraima-tepui (Kaštovský *et al.*, 2011 in press).

Shodně s rešeršní částí v analyzovaných vzorcích převažovaly druhy se silnými a tmavě zabarvenými pochvami, z nichž většina je zároveň schopna fixovat dusík (Golubić, 1967; Büdel *et al.*, 1994; Dojani *et al.*, 2007). Dominantní druhy téměř nebo úplně postrádající pigmentaci v pochvách se nacházely pouze ve vzorcích 3.8 (bromélie) a 4.2 (na skále mezi mechem). V obou případech se zřejmě jednalo o místa s vyšším zastíněním, s ním pravděpodobně spojenou zvýšenou vlhkostí a asi i o něco snáze dostupnými živinami.

Vzorek 3.8 byl co do počtu druhů nejbohatší. Bylo v něm nalezeno přibližně dvakrát více druhů (14) než v nejbohatších vzorcích z jiných substrátů, i když od většiny z nich bylo objeveno pouze několik málo zástupců. Jeho nejvýraznější odlišnost byla zřejmě způsobena polohou na rozhraní terestrického a sladkovodního prostředí, vytvořeného vodou zachytávanou v listové nádržce bromélie. Zvýšená přítomnost vody by mohla vysvětlovat nalezení i sladkovodního druhu, jakým je třeba *Chroococcus minutus*.

S výjimkou již výše zmíněné specifčnosti vzorku 3.8 nebyly zaznamenány rozdíly v množství nebo složení druhů obývajících kamenné substráty či povrch půdy. Žádný trend ve vzorcích nebyl pozorován ani s měnící se nadmořskou výškou během výstupu na horu Chirripó. Neměla jsem však k dispozici dostatečné množství vzorků k potvrzení či vyvrácení případné existence vztahu druhového složení a nadmořské výšky. Výrazná většina (11) z analyzovaných vzorků totiž pochází z Cloudbridgeské přírodní rezervace, kde byly sbírány přibližně v 1 500 m. n. m., a pouze 6 vzorků pochází z vyšších nadmořských výšek získaných cestou na vrchol Chirripó.

Za největší úspěch svého kultivačního snažení považuji vyizolování sinice *Scytonematopsis* sp. Tento rod se nachází pouze v málo sbírkách a v žádné z nich, na rozdíl od mojí kultury získané ze vzorku sebraného na skále u cesty, se nenachází kmen z čistě terestrického prostředí. V havajské databázi sladkovodních řas se nachází *Scytonematopsis* vyizolovaný z vodopádu a v Třeboňské sbírce autotrofních organismů je umístěna kultura ze švédského jezera (Příbyl *et al.*, 2011; Sherwood & PrestingLab, 2011). V jiných sbírkách se mi tento organismus nepodařilo objevit vůbec.

6. Závěr

Literární rešerše se zabývá terestrickými sinicemi severu Latinské Ameriky a Karibiku. Práce zabývající se daným tématem jsou v této oblasti dosti nerovnoměrně rozmístěny. Téměř všechny studie pochází z pevninských států Latinské Ameriky, kde se většina článků zabývá sinicovými společenstvy z povrchu městských budov či mayských památek a hojně byly také studovány povrchy skalních výchozů na jihoamerickém kontinentu. Dále byly zkoumány krusty z povrchu půd a nárosty na listech. Z Karibských ostrovů pochází pouze dvě práce zabývající se terestrickými sinicemi.

Články přímo z Kostariky, odkud pochází analyzované vzorky, se zabývají výhradně nárosty z povrchu listů a půdy. Proto moje práce, ve které byla zkoumána především makroskopická společenstva z kamenných substrátů, může přispět k rozšíření poznání místní sinicové mikroflóry. V 17 vzorcích zde bylo nalezeno 55 sinic, z nichž 33 bylo určeno do druhů. Určování sinic z tropických regionů není úplně jednoduché kvůli zaměření současné určovací literatury především na oblast temperátní zóny.

Z výše zmíněných 17 vzorků se podařilo vyizolovat 8 jednodruhových sinicových kultur, které mohou být dále použity k detailnějšímu studiu sinic Kostariky.

Literatura:

- ANONYMUS (2003). *Školní atlas světa*, 7. edition. Kartografie Praha, a.s., Praha.
- BARTHLOTT, W., POREMBSKI, S., SZARZYNSKI, J., & MUND, J.P. (1996). Phytogeography and vegetation of tropical inselbergs. In *Tropical Phytogeography - Realities and Perspectives* (Guillaumet, J.L., Belin, M., & Puig, H., editors), 15-24.
- BATEMEN, G. & EGAN, V. (1999). *Encyklopedie Zeměpis světa*. Columbus, Praha.
- 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.
- BIČÍK, I., BRINKE, J., HLAVÁČEK, P., HOLEČEK, M., JANSKÝ, B., NOVOTNÝ, J., & ŠINDLER, P. (2003). *Regionální zeměpis světadílů*, 1. edition. Nakladatelství České geografické společnosti, s.r.o., Praha.
- BULTEL-PONCÉ, V., FELIX-THEODOSE, F., SARTHOU, C., PONGE, J.F., & BODO, B. (2004). New Pigments from the Terrestrial Cyanobacterium *Scytonema* sp. Collected on the Mitaraka Inselberg, French Guyana. *Journal of Natural Products* **67**(4): 678-681.
- BÜDEL, B. (1999). Ecology and diversity of rock-inhabiting cyanobacteria in tropical regions. *European Journal of Phycology* **34**: 361-370.
- 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* **107**: 422-431.
- CANEVA, G., SALVADORI, O., RICCI, S., & CESCHIN, S. (2005). Ecological analysis and biodeterioration processes over time at the Hieroglyphic Stairway in the Copan (Honduras) archaeological site. *Plant Biosystems* **139**(3): 295-310.
- CASTENHOLZ, R.W. (2001). Phylum BX. Cyanobacteria. Oxygenic photosynthetic bacteria. In *Bergey's manual of systematic bacteriology volume 1: the Archaea and the deeply branching and phototropic bacteria*. (Garrity, G., Boone, D.R., & Castenholz, R.W., editors), 473–599. Springer-Verlag, New York.
- CRISPIM, C.A. & GAYLARDE, C.C. (2005). Cyanobacteria and biodeterioration of cultural heritage: A review. *Microbial Ecology* **49**(1): 1-9.
- CRISPIM, C.A., GAYLARDE, P.M., & GAYLARDE, C.C. (2003). Algal and cyanobacterial biofilms on calcareous historic buildings. *Current Microbiology* **46**(2): 79-82.
- CRYSTALINKS (2011). Pacific Ring of Fire. In, <http://www.crystalinks.com/rof.html>.
- DE MIGUEL, J.M.G., SANCHEZ-CASTILLO, L., ORTEGA-CALVO, J.J., GIL, J.A., & SAIZ-JIMENEZ, C. (1995). Deterioration of building materials from the Great Jaguar Pyramid at Tikal, Guatemala. *Building and Environment* **30**(4): 591-598.

- DE PHILIPPIS, R. & VINCENZINI, M. (1998). Exocellular polysaccharides from cyanobacteria and their possible applications. *Fems Microbiology Reviews* **22**(3): 151-175.
- DOJANI, S., LAKATOS, M., RASCHER, U., WANEK, W., LUTTGE, U., & BUDEL, B. (2007). Nitrogen input by cyanobacterial biofilms of an inselberg into a tropical rainforest in French Guiana. *Flora* **202**(7): 521-529.
- DROUET, F. (1942). The filamentous Myxophyceae of Jamaica. *Botanical Series Field Museum of Natural History* **20**(5): 107-122.
- EHLING-SCHULZ, M., BILGER, W., & SCHERER, S. (1997). UV-B-induced synthesis of photoprotective pigments and extracellular polysaccharides in the terrestrial cyanobacterium *Nostoc commune*. *Journal of Bacteriology* **179**(6): 1940-1945.
- EHLING-SCHULZ, M. & SCHERER, S. (1999). UV protection in cyanobacteria. *European Journal of Phycology* **34**(4): 329-338.
- EVANS, S. (1999). *The Green Republic: A Conservation History of Costa Rica*, first edition. University of Texas Press.
- FINSINGER, K., SCHOLZ, I., SERRANO, A., MORALES, S., URIBE-LORIO, L., MORA, M., SITTFELD, A., WECKESSER, J., & HESS, W.R. (2008). Characterization of true-branching cyanobacteria from geothermal sites and hot springs of Costa Rica. *Environmental Microbiology* **10**(2): 460-473.
- FRANKE, J. (2009). *Costa Rica National Parks and Preserves*, third edition. The Mountaineers Books.
- FREIBERG, E. (1998). Microclimatic parameters influencing nitrogen fixation in the phyllosphere in a Costa Rican premontane rain forest. *Oecologia* **117**(1-2): 9-18.
- FREIBERG, E. (1999). Influence of microclimate on the occurrence of cyanobacteria in the phyllosphere in a premontane rain forest of Costa Rica. *Plant Biology* **1**(2): 244-252.
- FURNKRANZ, M., WANEK, W., RICHTER, A., ABELL, G., RASCHE, F., & SESSITSCH, A. (2008). Nitrogen fixation by phyllosphere bacteria associated with higher plants and their colonizing epiphytes of a tropical lowland rainforest of Costa Rica. *Isme Journal* **2**(5): 561-570.
- 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**(1): 163-169.
- GARCIA-PICHEL, F., WINGARD, C.E., & CASTENHOLZ, R.W. (1993). Evidence regarding the UV sunscreen role of a mycosporine-like compound in the cyanobacterium *Gloeocapsa* sp. *Appl. Environ. Microbiol.* **59**: 170-176.

- GARDNER, N.L. (1927). New Myxophyceae from Porto Rico. *Memoirs of the New York Botanical Garden* **7**: 1-144.
- 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**(2): 131-139.
- GAYLARDE, C.C., ORTEGA-MORALES, B.O., & BARTOLO-PEREZ, P. (2007). Biogenic black crusts on buildings in unpolluted environments. *Current Microbiology* **54**(2): 162-166.
- GAYLARDE, P.M. & GAYLARDE, C.C. (2000). Algae and cyanobacteria on painted buildings in Latin America. *International Biodeterioration & Biodegradation* **46**(2): 93-+.
- GAYLARDE, P.M., GAYLARDE, C.C., GUIAMET, P.S., DE SARAVIA, S.G.G., & VIDELA, H.A. (2001). Biodeterioration of Mayan buildings at Uxmal and Tulum, Mexico. *Biofouling* **17**(1): 41-45.
- GEITLER, L. (1932). Cyanophyceae. In *Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*. (Rabenhorst, L., editor), 1196. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- GIDDY, G. (2011). The Cloudbridge Project. In, <http://cloudbridge.org/context.htm>.
- GOLUBIĆ, S. (1967). Die Algenvegetation an Sandsteinfelsen Ost-Venezuelas (Cumaná). *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* **52**(5): 693-699.
- GORBUSHINA, A.A. (2007). Life on the rocks. *Environmental Microbiology* **9**(7): 1613-1631.
- HOFFMANN, L. (1989). Algae of terrestrial habitats. *The Botanical Review* **55**(2): 77-105.
- KAŠPAR, O. (2002). *Dějiny Karibské oblasti*. NLN s.r.o., Praha.
- KAŠTOVSKÝ, J., FUČÍKOVÁ, K., HAUER, T., & BOHUNICKÁ, M. (2011 in press). Microvegetation on the top of Mt. Roraima, Venezuela. *Fottea* **11**(1): X-X.
- KAŠTOVSKÝ, J., ŘEHÁKOVÁ, K., BASTL, M., VYMAZAL, J., & KING, R.S. (2008). Experimental assessment of phosphorus effects on algal assemblages in dosing mesocosms. In *The Everglades Experiments*. (Richardson, C., editor), 461–476. Springer, New York.
- KLOCK, J.H., WIELAND, A., SEIFERT, R., & MICHAELIS, W. (2007). Extracellular polymeric substances (EPS) from cyanobacterial mats: characterisation and isolation method optimisation. *Marine Biology* **152**(5): 1077-1085.
- KNOWLES, E.J. & CASTENHOLZ, R.W. (2008). Effect of exogenous extracellular polysaccharides on the desiccation and freezing tolerance of rock-inhabiting phototrophic microorganisms. *Fems Microbiology Ecology* **66**(2): 261-270.

- KOMÁREK, J. (1985). Do all cyanophytes have a cosmopolitan distribution? Survey of the freshwater cyanophyte flora of Cuba. *Algological Studies / Archiv für Hydrobiologie* **38-39**: 359 - 386.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. (1998). Cyanoprokaryota I. In *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1*. (Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H., & Mollenhauer, D., editors), 548. Gustav Fischer, Stuttgart – Jena.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. (2005). Cyanoprokaryota II. In *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2*. (Büdel, B., Krienitz, L., Gärtner, G., & Schagerl, M., editors), 759. Elsevier/Spektrum, München.
- KOMÁREK, J., VENTURA, S., TURICHCHIA, S., KOMÁRKOVÁ, J., MASCALCHI, C., & SOLDATI, E. (2005). Cyanobacterial diversity in alkaline marshes of northern Belize (Central America). *Algological Studies* **117**: 265-278.
- KUFFERATH, H. (1929). Algues et Protistes muscicoles, corticoles et terrestres récoltés sur la montagne de Barba (Costa-Rica). *Annales de Cryptogamie exotique* **2**: 23-52.
- LAKATOS, M., BILGER, W., & BUDEL, B. (2001). Carotenoid composition of terrestrial Cyanobacteria: response to natural light conditions in open rock habitats in Venezuela. *European Journal of Phycology* **36**(4): 367-375.
- LEWIN, R.A. (2006). Black algae. *Journal of Applied Phycology* **18**(6): 699-702.
- LINDOW, S.E. & BRANDL, M.T. (2003). Microbiology of the phyllosphere. *Applied and Environmental Microbiology* **69**(4): 1875-1883.
- MYERS, N. (1990). The biodiversity challenge: expanded hotspots analysis. *Environmentalist* **10**: 243-256.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., DA FONSECA, G.A.B., & KENT, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**(6772): 853-858.
- ORTEGA-MORALES, B.O., GAYLARDE, C.C., ENGLERT, G.E., & GAYLARDE, P.M. (2005). Analysis of salt-containing biofilms on limestone buildings of the Mayan culture at Edzna, Mexico. *Geomicrobiology Journal* **22**(6): 261-268.
- ORTEGA-MORALES, O., GUEZENNEC, J., HERNANDEZ-DUQUE, G., GAYLARDE, C.C., & GAYLARDE, P.M. (2000). Phototrophic biofilms on ancient Mayan buildings in Yucatan, Mexico. *Current Microbiology* **40**(2): 81-85.
- ORTEGA-MORALES, O., HERNANDEZ-DUQUE, G., BORGES-GOMEZ, L., & GUEZENNEC, J. (1999). Characterization of epilithic microbial communities associated with Mayan stone monuments in Yucatan, Mexico. *Geomicrobiology Journal* **16**(3): 221-232.

- POKORNÝ, P. (1996). Tepui. Stolové hory venezuelské Guyany aneb život ve druhém patře. *Vesmír* **75**: 557-564.
- POTTS, M. (1999). Mechanisms of desiccation tolerance in cyanobacteria. *European Journal of Phycology* **34**(4): 319-328.
- PŘIBYL, P., CEPÁK, V.O., & KNOPP, K. (2011). Culture Collection of Autotrophic Organisms (CCALA). In, <http://www.butbn.cas.cz/ccala/index.php>.
- RAMIREZ, M., HERNANDEZ-MARINE, M., NOVELO, E., & ROLDAN, M. (2010). Cyanobacteria-containing biofilms from a Mayan monument in Palenque, Mexico. *Biofouling* **26**(4): 399-409.
- RASCHER, U., LAKATOS, M., BUDEL, B., & LUTTGE, U. (2003). Photosynthetic field capacity of cyanobacteria of a tropical inselberg of the Guiana Highlands. *European Journal of Phycology* **38**(3): 247-256.
- RIVERA-AGUILAR, V., MONTEJANO, G., RODRIGUEZ-ZARAGOZA, S., & DURAN-DIAZ, A. (2006). Distribution and composition of cyanobacteria, mosses and lichens of the biological soil crusts of the Tehuacan Valley, Puebla, Mexico. *Journal of Arid Environments* **67**(2): 208-225.
- SARTHOU, C., THEREZIEN, Y., & COUTE, A. (1995). Cyanophycées de l'inselberg des Nouragues (Guyane française). *Nova Hedwigia* **61**(1-2): 85-109.
- SEACH, J. (2011). Irazú Volcano. In, <http://www.volcanolive.com/irazu.html>.
- SHERWOOD, A. & PRESTINGLAB (2011). The Hawaiian Freshwater Algal Database. In, <http://packrat.stjohn.hawaii.edu/hfwadb/index.html>.
- SINHA, R.P. & HADER, D.P. (2008). UV protectants in cyanobacteria. *Plant Science* **174**(3): 278-289.
- SINHA, R.P., KLISCH, M., GRONIGER, A., & HADER, D.P. (1998). Ultraviolet-absorbing/screening substances in cyanobacteria, phytoplankton and macroalgae. *Journal of Photochemistry and Photobiology B-Biology* **47**(2-3): 83-94.
- STACH, J. (1994). *Lexikon zemí. 5, Amerika (Severní, Střední, Jižní) a Karibik*. GeoCenter International Praha, Praha.
- SUMMITPOST (2011). Kukenan Tepui. In, <http://www.summitpost.org/kukenan-tepui/152505>.
- TEASE, B.E. & WALKER, R.W. (1987). Comparative composition of the sheath of the Cyanobacterium *Gloeotheca* ATCC-27152 cultured with and without combined nitrogen. *Journal of General Microbiology* **133**: 3331-3339.

VIDELA, H.A., GUIAMET, P.S., & DE SARAVIA, S.G. (2000). Biodeterioration of Mayan archaeological sites in the Yucatan Peninsula, Mexico. *International Biodeterioration & Biodegradation* **46**(4): 335-341.

Příloha 1

	3,2	3,3	3,4	3,8	3,9	3,19	3,21	3,26	3,27	3,28	3,29	4,1	4,2	5,1 A	5,3	5,4	5,5
<i>Aphanocapsa muscicola</i>		3		1			+		1	3					+		2
<i>Aphanothece caldariorum</i>							1					1			+		
<i>Aphanothece castagnei</i>		4															
<i>Aphanothece saxicola</i>			2				+								1		
<i>Calothrix cf. parietina</i>			3														
<i>Gloeocapsa cf. atrata</i>				+													
<i>Gloeocapsa cf. fusco-lutea</i>																	+
<i>Gloeocapsa cf. punctata</i>								2									
<i>Gloeocapsa rupicola</i>			5														
<i>Gloeocapsopsis dvorakii</i>		+	+											+	2		
<i>Gloeocapsopsis pleurocapsoides</i>			+														
<i>Gloeothece confluens</i>			+														
<i>Gloeothece tepidariorum</i>										1							
<i>Chroococcus cf. montanus</i>				2													
<i>Chroococcus minutus</i>				3													
<i>Chroococcus varius</i>															+		
<i>Oscillatoria cf. rupicola</i>				4													
<i>Porphyrosiphon cf. velasquesii</i>										6							
<i>Pseudanabaena cf. minima</i>				+								3					1
<i>Scytonema cf. tenue</i>	3																
<i>Scytonema hofmannii</i>		6															
<i>Scytonema javanicum</i>	5																
<i>Scytonema multiramosum</i>						5											
<i>Scytonema ocellatum</i>							6										6
<i>Scytonema spirulinoides</i>					6												
<i>Schizothrix cf. calcicola</i>											+						
<i>Schizothrix cf. fuscescens</i>									3								
<i>Stigonema cf. panniforme</i>														6			
<i>Stigonema cf. turfaceum</i>								1									
<i>Stigonema hormoides</i>											5						
<i>Stigonema mamillosum</i>																	6
<i>Stigonema minutum</i>			2														
<i>Stigonema tomentosum</i>								5	4						5		
<i>Asterocapsa sp.</i>							+										
<i>Brasilonema sp. 1</i>								+									
<i>Brasilonema sp. 2</i>												6					
<i>Brasilonema sp. 3</i>	+																
<i>Brasilonema sp. 4</i>				1													
<i>Brasilonema sp. 5</i>											+						
<i>Brasilonema sp. 6</i>							+										
<i>Calothrix sp.</i>																	+
<i>cf. Microcrocis</i>				+													
<i>Cyanosarcina sp.</i>				+													
<i>Leptolyngbya sp.</i>	+	1		2			5		1								+
<i>Microchaete sp. 1</i>				+													
<i>Microchaete sp. 2</i>																	+
<i>Nostoc sp.</i>	4																1
<i>Oscillatoria sp.</i>				1													
<i>Phormidium sp.</i>				+													
<i>Pseudanabaena sp.</i>								4									
<i>Scytonema sp.</i>									3								
<i>Scytonematopsis sp.</i>	+																
<i>Schizothrix sp.</i>													6				
<i>Trichormus sp.</i>	+																
<i>Xenotholus sp.</i>				+													

Příloha 2:



Brasilonema sp. RKST 321

Lokalita: Cloudbridge Reserve, Kostarika; skála u cesty

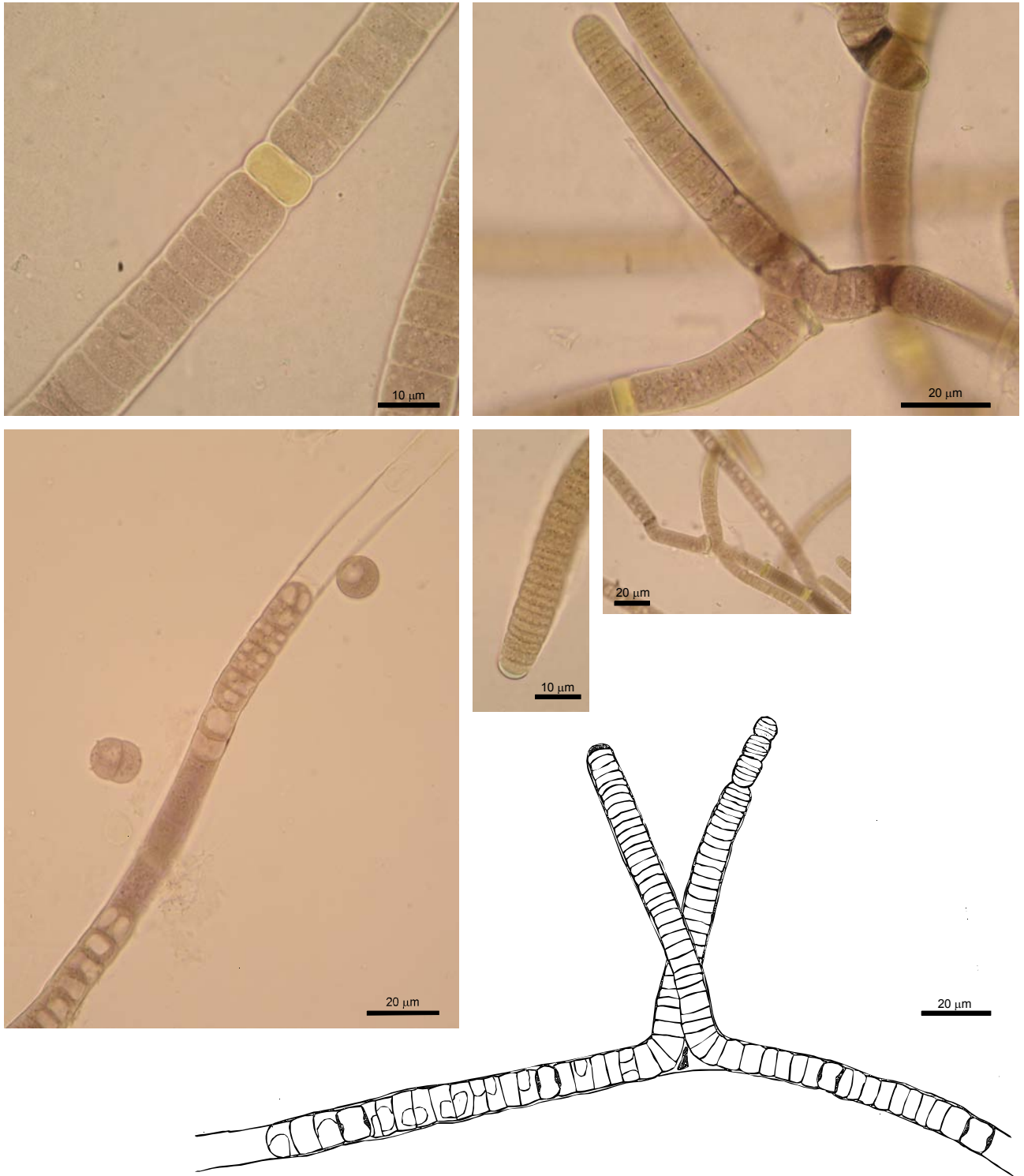
Šířka vláken: 16 - 18 μm

Délka buněk: 6 - 10 μm; šířka buněk: 14 - 16 μm

Délka heterocytů: 8 - 10 μm; šířka heterocytů 14 - 18 μm

Makroskopicky vytváří tmavě zelené nárosty v chomáčovitých uskupeních. Vláčna jsou místy značně vakuolizovaná, na koncích se tvoří hormogonie. Větví se nepravě a často. Buňky jsou zbarvené dohněda až fialova, místy výrazněji zaškrconané, kratší než širší, obdélníkovitého i oválného tvaru. Ke koncům vláken se zkracují a zužují, poslední buňka je polokulovitě zaoblená. Heterocyty jsou žlutozelené, pochva výrazná, průhledná, později žlutooranžová.

Příloha 3:



Brasilonema sp. RKST 381

Lokalita: Cloudbridge Reserve, Kostarika; nárost v bromélii u cesty

Šířka vláken: 14 - 17 µm

Délka buněk: 6 - 8 µm; šířka buněk: 15 - 19 µm

Délka heterocytů: 9 - 11 µm; šířka heterocytů 16 - 19 µm

Makroskopicky vytváří hnědé nárosty dlouhých, vzpřímených vláken, která se nepravě větví a v některých částech jsou silně vakuolizovaná s buňkami delšími, popřípadě kratšími než širšími. Ke konci se vlákna mírně zužují, vakuolizace chybí a buňky se zkracují. Mohou být zakončena kalyptrou na polokulovitě zaoblené buňce, nebo tvořit hormogonie. Heterocyty jsou světle žluté se dvěma póry, pochva tenká a průhledná, často obtížně viditelná.

Příloha 4:



Brasilonema sp. RKST 3291

Lokalita: Cloudbridge Reserve, Kostarika; kámen u cesty

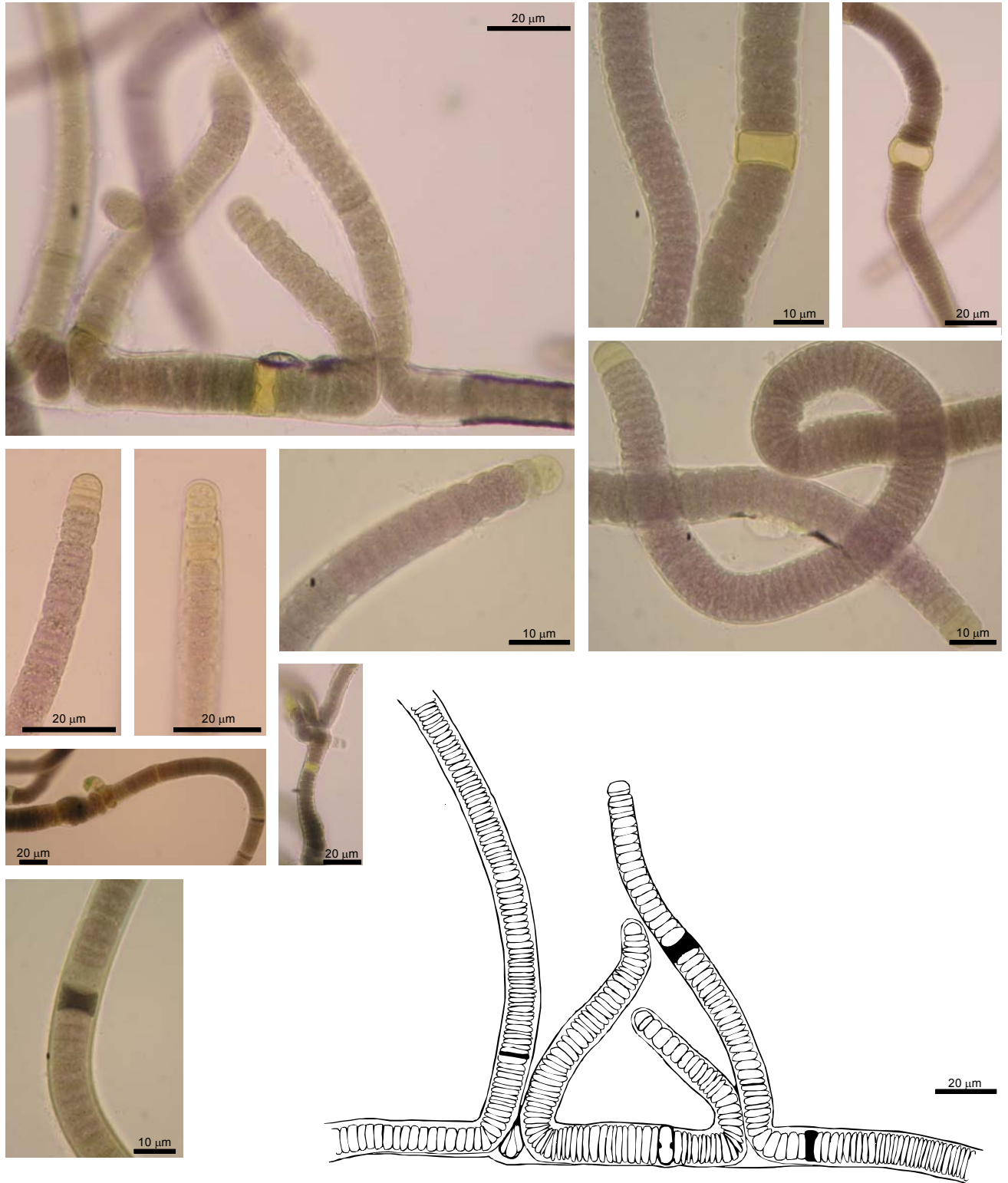
Šířka vláken: 14 - 18 µm

Délka buněk: 3 - 5 µm; šířka buněk: 10 - 15 µm

Délka heterocytů: 5 - 9 µm; šířka heterocytů 14 - 17 µm

Makroskopicky vytváří tmavě zelené nárosty. Vlákná se větví nepravě a často, na koncích tvoří hormogonie. Vakuolizace nebyla ve větší míře pozorována. Buňky jsou zelené, místy hnědé, zaškrcované a velmi krátké. Ke koncům vláken se zkracují, poslední buňka je polokulovitá, větší než

Příloha 5:



Brasilonema sp. RKST 3191:

Lokalita: Cloudbridge Reserve, Kostarika; mezi mechem na skále u cesty

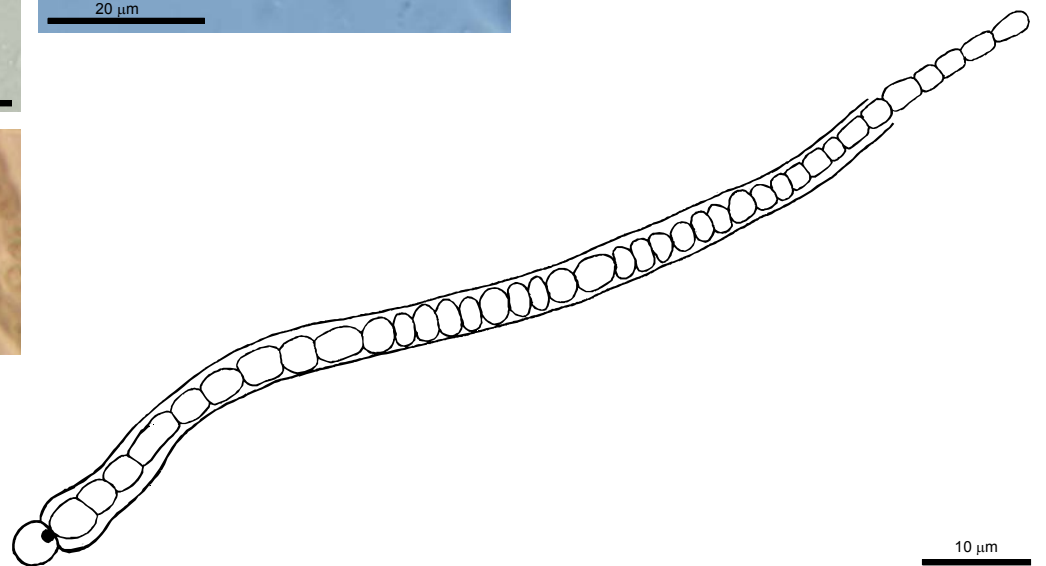
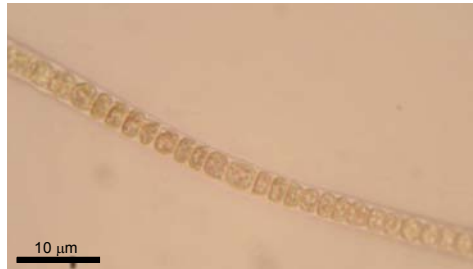
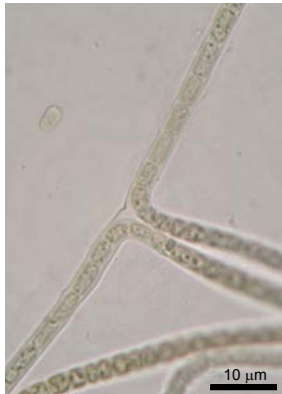
Šířka vláken: 17 - 20 µm

Délka buněk: 4 - 6 µm; šířka buněk: 13 - 18 µm

Délka heterocytů: 8 - 11 µm; šířka heterocytů 15 - 20 µm

Makroskopicky vytváří tmavé až černé nárosty. Vlákna se větví nepravě. Buňky jsou zaškrcované, kratší než širší, většinou zelené někdy až hnědofialové. Ke koncům vláken se buňky zkracují a zužují, bývají zbarvené dožluta. Poslední buňka je větší a polokulovitě zaoblená. Heterocyty jsou žlutavé, často širší než zbytek trichomu. Pochva je místy zesílená, průhledná až nažloutlá.

Příloha 6:



Calothrix sp. RKST 551

Lokalita: Chirripó, Kostarika; hlína na cestě

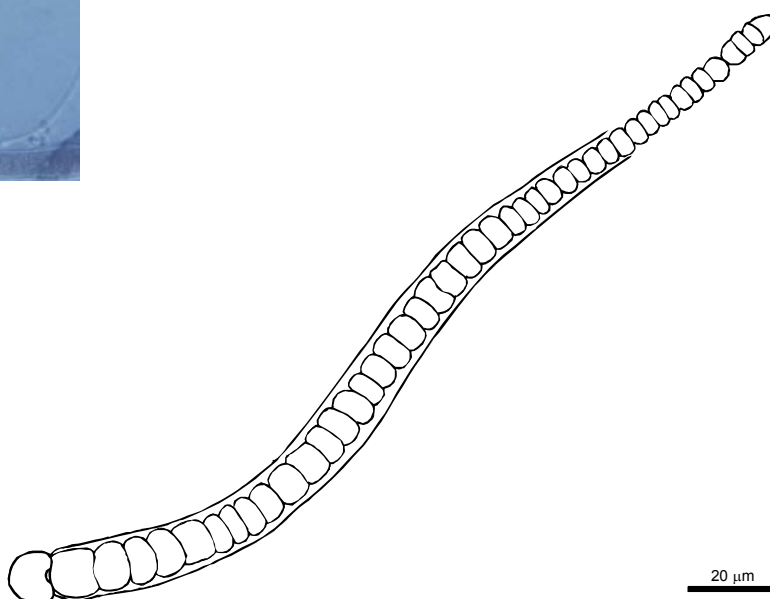
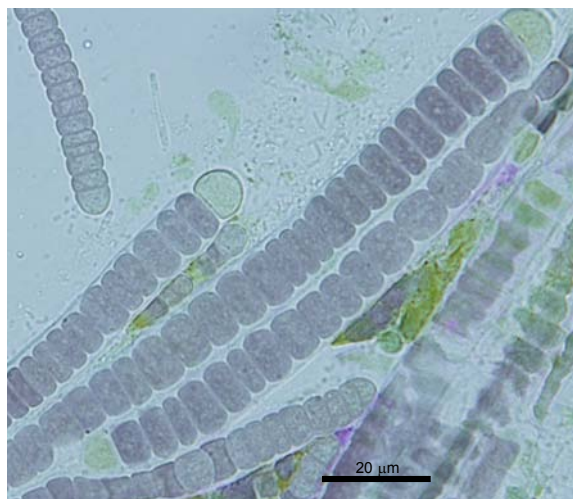
Šířka vláken: 4 - 7 µm

Délka buněk: 3 - 8 µm; šířka buněk: 3 - 5 µm

Délka heterocytů: 4 - 7 µm; šířka heterocytů 4 - 7 µm

Vlákná začínají žlutými heterocyty a ke konci se výrazně zužují. Bývají velmi dlouhá. Buňky mají hnědožlutou barvu a v některých místech jsou silně zaškrcované. Počáteční buňka za heterocytem může být zvětšená, koncová je pak protáhlá a kyjovitě rozšířená, nebo hrotovitě zúžená. Pochvy jsou tenké a průhledné, délka trichomů přesahuje délku pochvy.

Příloha 7:



Microchaete sp. RKST 382

Lokalita: Cloudbridge Reserve, Kostarika; nárost v bromélii u cesty

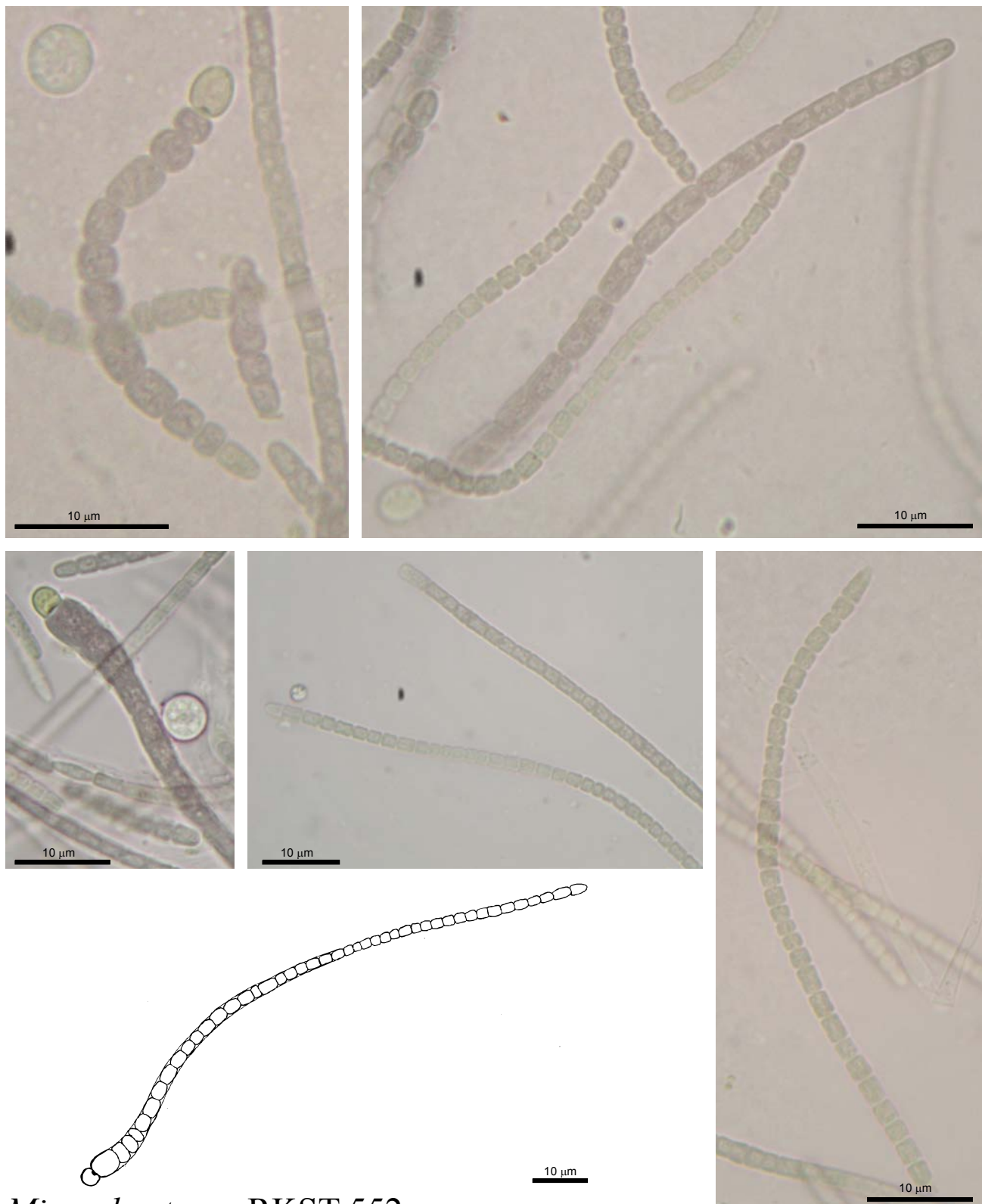
Šířka vláken: 8 - 10 μm

Délka buněk: 4 - 6 μm ; šířka buněk: 5 - 9 μm

Délka heterocytů: 8 - 9 μm ; šířka heterocytů 7 - 10 μm

Vláčna začínají polokulovitými žlutozelenými heterocyty a ke konci se výrazně zužují. Buňky mají hnědofialovou barvu a mohou být více či méně zaškrpcované. Koncové buňky jsou zkrácené, poslední je pak mírně protáhlá a oválně zakulacená. Pochvy jsou tenké a bezbarvé, dobře viditelné, délka trichomů přesahuje délku pochvy.

Příloha 8:



Microchaete sp. RKST 552

Lokalita: Chirripó, Kostarika; hlína na cestě

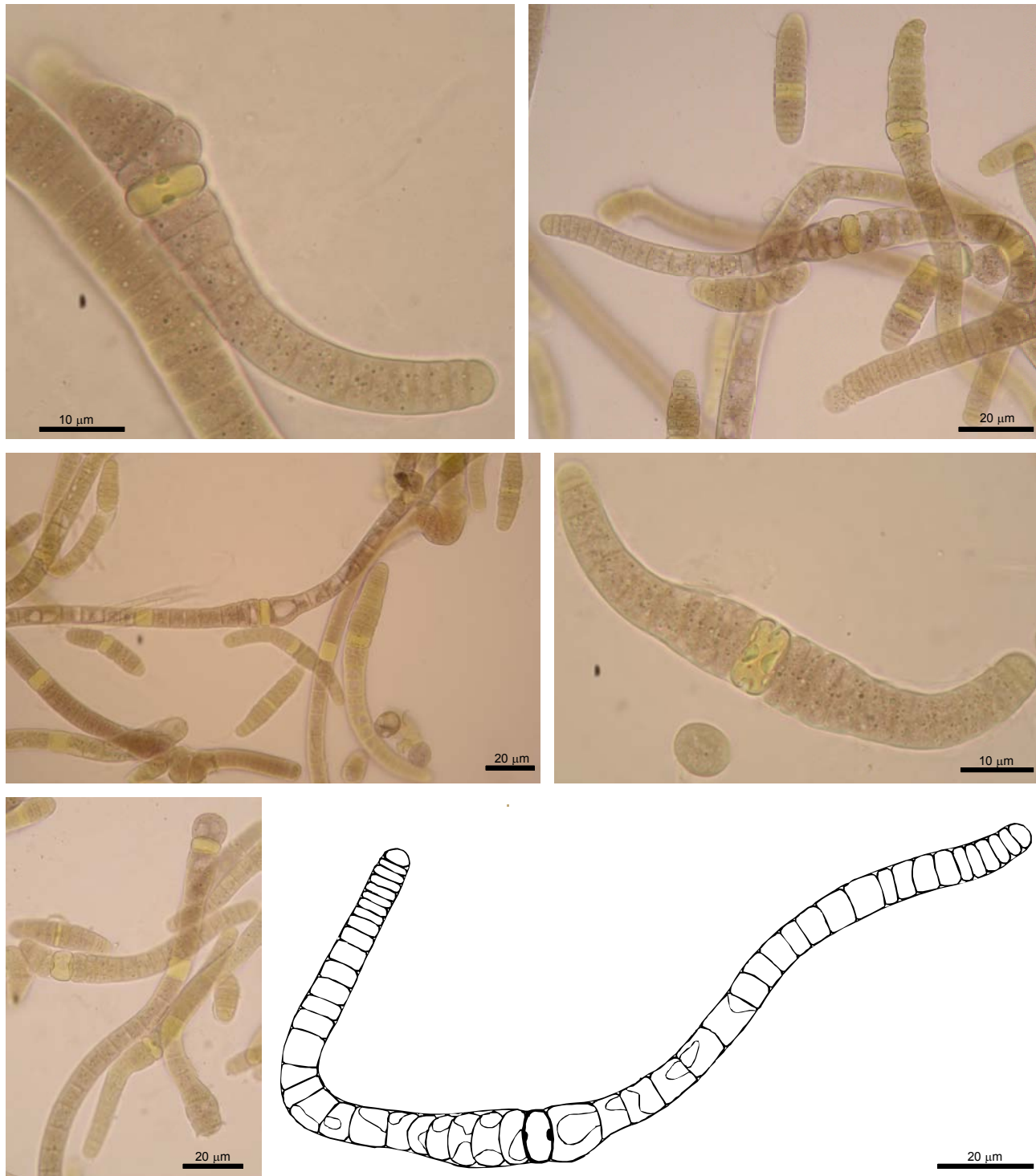
Šířka vláken: 3 - 5 µm

Délka buněk: 3 - 7 µm; šířka buněk: 3 - 5 µm

Délka heterocytů: 4 - 6 µm; šířka heterocytů 4 - 5 µm

Vlákná začínají žlutozelenými heterocyty, ke konci se výrazně zužují a obvykle jsou velmi dlouhá. Buňky jsou světle zelené a zaškrvcované. Koncové buňky jsou protáhlé a zúžené, poslední je hrotovitě zaoblená. Pochvy jsou tenké a bezbarvé, špatně viditelné, někdy úplně chybí. Délka trichomů přesahuje délku pochvy.

Příloha 9:



Scytonematopsis sp. RKST 321

Lokalita: Cloudbridge Reserve, Kostarika; skála u cesty

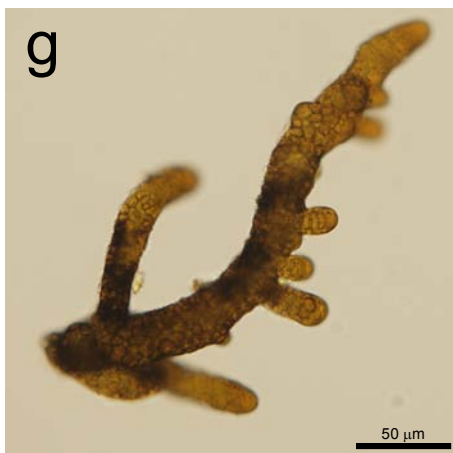
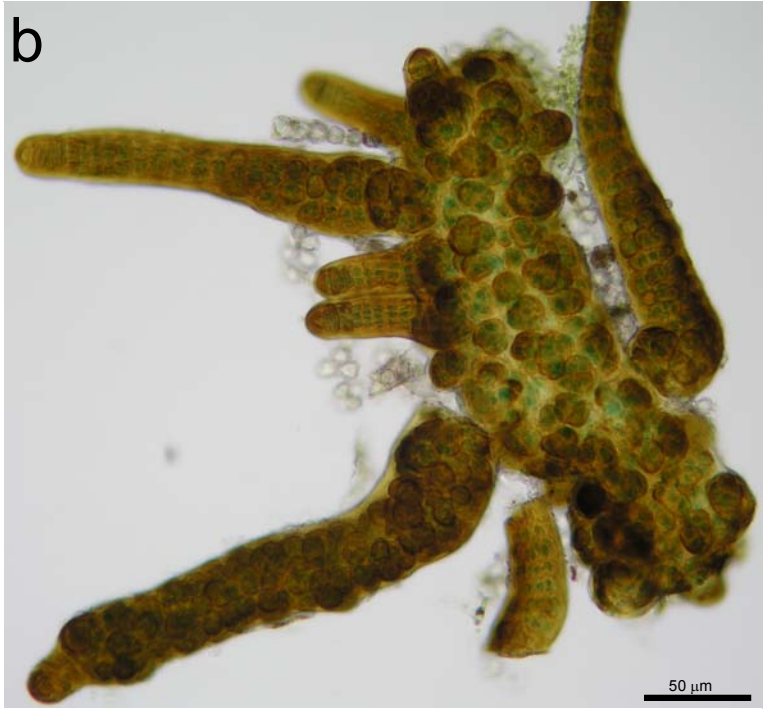
Šířka vláken: 13 - 16 µm

Délka buněk: 6 - 10 µm; šířka buněk: 12 - 14 µm

Délka heterocytů: 9 - 13 µm; šířka heterocytů 12 - 16 µm

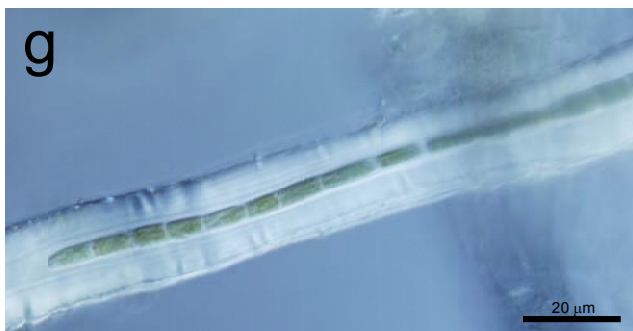
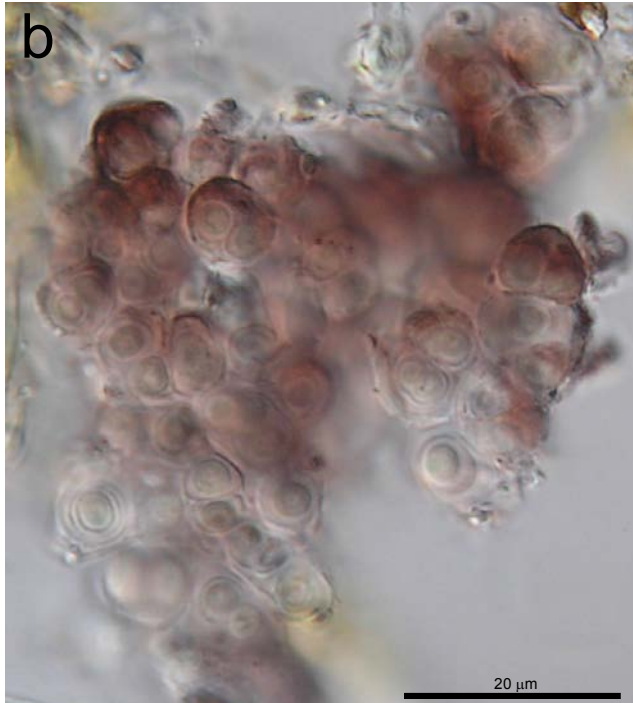
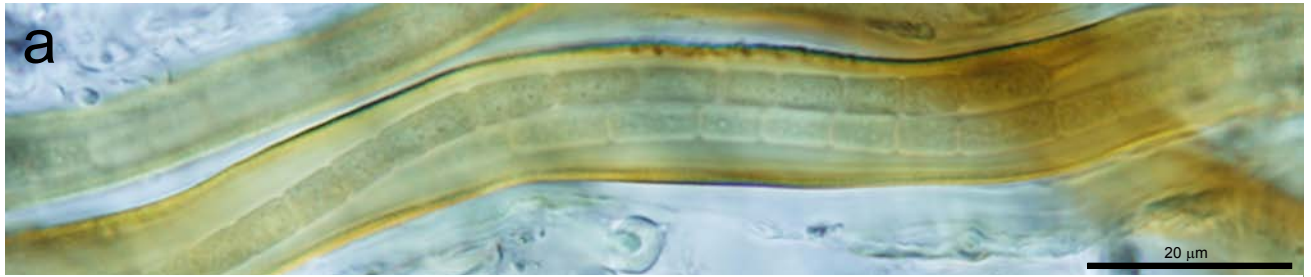
Makroskopicky vytváří hnědé nárosty vzpřímených vláken. Ta jsou v některých částech výrazně vakuolizovaná a v okolí centrálního žlutého heterocytu bývají zesílená, větví se nepravě. Buňky jsou hnědozelené, místy až fialové. Většinou jsou širší než delší, ale poměr se v průběhu vlákna mění, obzvláště u zužujících se konců, která končí polokulovitě zaoblenou buňkou. Pochva je tenká, průhledná a obtížně viditelná.

Příloha 10:



- a** *Scytonema ocellatum*
- b** *Stigonema mamillosum*
- c** *Stigonema tomentosum*
- d** *Stigonema minutum*
- e** *Calothrix* cf. *parietina*
- f** *Scytonema spirulinoides*
- g** *Stigonema* cf. *panniforme*
(porostlá houbou)

Příloha 11:



a *Porphyrosiphon* cf. *velasquezii*

b *Gloeocapsa rupicola*

c *Gloeocapsopsis pleurocapsoides*

d *Aphanothece castagnei*

e *Xenotholos* sp.

f *Gloeocapsopsis dvorakii*

g *Schizothrix* sp.