

Antarktické vegetační oázy

6. Sinice a řasy

Prokaryotní sinice (cyanobakterie) a řasy (nejprimitivnější eukaryotické rostliny) jsou méně nápadné než lišejníky a mechorosty, ale svým významem i rozšířením patří mezi hlavní složky současné antarktické vegetace. Vyskytují se ve všech antarktických ekosystémech, často i jako dominantní složka.

Ve srovnání s lišejníky a mechorosty mají sinice a řasy odlišnou životní strategii. Jakmile teploty překročí bod mrazu a led se mění na vodu, adaptace na nízké teploty jim umožňuje okamžitý růst. Rychlé životní cykly a přechod v klidová stadia, která snášejí i velmi nízké teploty po dlouhou dobu, jim dovolují neobyčejně rychlý start vegetace, rychlé namnožení velké biomasy a opět okamžitý přechod do hibernačních stadií. Sinice (*Cyanobacteria*), zelené řasy (*Chlorophyceae*), různobrvé řasy (*Tribophyceae*) a rozsivky (*Bacillariophyceae*) jsou proto velmi hojné na všech stanovištích, kde se alespoň po krátké období během roku objevuje voda v tekutém stavu, jsou hlavní složkou iniciačních stadií předcházejících trvalejší mechová společenstva a uplatňují se i jako pionýrské organismy ve všech půdních a odledněných částech pevniny. Tyto vlastnosti řas adaptovaných na extrémně chladné a poměrně suché antarktické prostředí se podílejí i na vegetačním úspěchu lišejníků, u nichž představují podstatnou složku stélky.

Původ antarktické řasové flóry

V návaznosti na předchozí díly seriálu o antarktických vegetačních oázách se budeme v našem přehledu věnovat převážně jen sladkovodním a terestrickým řasám. Přesto v tomto pojednání o antarktické ve-

getaci nemůžeme zcela vynechat mořské řasy. Ty představují dva hlavní samostatné ekosystémy. Zaprvé to jsou společenstva planktonních řas tvořená převážně rozsivkami, obrněnkami (*Dinophyceae*), tzv. silikoflageláty s křemičitou kostrou a v menší míře i pikoplanktonem – populacemi sinic a řas s buňkami menšími než 2–3 μm. Druhým výrazným ekosystémem jsou benthická a litorální společenstva makroskopických chaluh (*Phaeophyceae*), ruduch (*Rhodophyceae*) a zelených řas představujících zvláštní svět, který by si však vyžádal mnoho speciálních informací. Mezi mořskými biotopy a pevninou existují zejména v Antarktidě velmi úzké vazby a interakce. Všichni antarktičtí ptáci a savci jsou v podstatě spjatí s mořským prostředím a řasy mají v tomto složitém ekosystému rozhodující úlohu jako jedna z neopomenutelných složek potravního řetězce.

U mořských řas se dají předpokládat úzké vazby na vegetaci vzdálenějších oblastí, se kterými je spojuje oceánické prostředí. V případě Antarktidy zde však existuje jistá bariéra ve formě tzv. antarktické konvergence. Antarktický kontinent je izolován mořskými proudy obklopujícími celou pevninu přibližně na 40–50° jižní zeměpisné šířky. Tato hranice se silně projevuje v teplotním režimu moře a např. i ve výrazné změně složení mořského fyto-

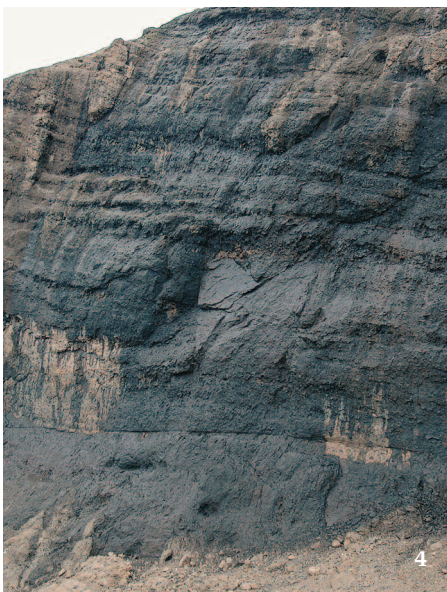
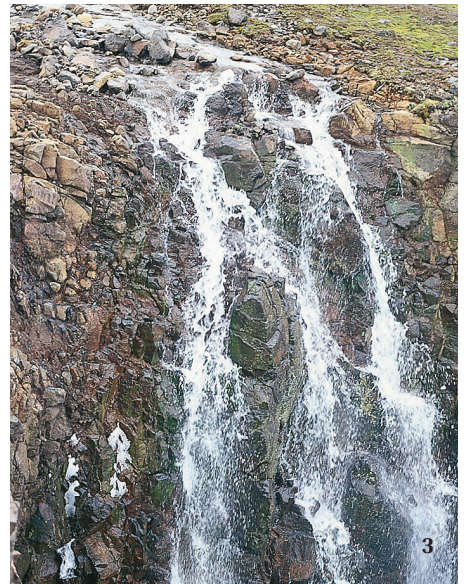
planktonu. V antarktických mořích se proto vyskytuje i dosti vysoké procento specifických a endemických druhů, a to jak v planktonu, tak v litorálu.

U sladkovodních a terestrických řas se donedávna předpokládalo kosmopolitní rozšíření většiny druhů. Vysvětlovalo se to především tím, že diaspory řas jsou lehce přenosné a zejména u vývojově starých skupin, jako jsou např. sinice, existují šance přenosu většiny druhů po celém světě. Teprve v posledních desetiletích detailní studium právě v polárních a také tropických biotopech prokázalo, že extrémní oblasti mají velice speciální flóru sinic a řas a že se zde tudíž setkáváme s daleko větším procentem endemitů. Tak v případě Antarktidy první algologové z počátku 20. stol., zejména Angličané F. E. Fritsch, W. West a G. S. West popsali z materiálu přivezeného prvními vědeckými výpravami řadu nových antarktických druhů. Později, v dlouhé éře čistě morfologické taxonomie se oprávněnost popisu nových druhů zpochybňovala, byly „nalézány“ i jinde, třeba v Evropě, a naopak vzorky z Antarktidy se určovaly podle evropských klíčů. Došlo tím ke značně zkresené představě o řasové mikroflóře Antarktidy. Dokonce ještě v 90. letech 20. stol. byly publikovány teorie, že společenstva sladkovodních řas v pobřežní Antarktidě se vyvíjejí každý rok znovu z diaspor přivátých větry na počátku letní antarktické sezony ze severnějších kontinentů. Hlavní důkaz, že většina antarktické mikroflóry řas je naopak velice specifická, přinesla především detailní analýza společenstev v řadě vyhraněných biotopů pobřežní Antarktidy (potoky, dna zamrzlých jezer a mělké mokřady – seepages), které mají trvale stejné druhové složení s většinou endemických a specifických druhů, stejnou strukturu a sezonní dynamiku. Dalším důkazem byly první detailní molekulární analýzy antarktické mikroflóry, které ukázaly převahu genotypů nevyskytujících se jinde na světě. Lze tedy již jednoznačně uzavřít, že antarktická mikroflóra sice byla postupně sekundárně transportována na tento kontinent (a dosud sem mohou různé druhy migrovat), většina druhů se však adaptovala na místní podmínky a vytváří zde dnes zcela charakteristická a specifická společenstva.

S problematikou původu antarktické vegetace je spojena i jiná dlouhodobě diskutovaná otázka příbuznosti mezi mikrovegetací obou polárních oblastí. Vazby arktické mikrovegetace na přilehlé jižní oblasti jsou daleko užší, než je tomu v Antarktidě a byly již prokázány některé společné rysy i stejné druhové složení např. mezi společenstvy na Svalbardu a v severní Skandinávii, nebo v centrální a vysoké Arktidě v Kanadě. Přesto i arktická mikroflóra má mnoho specifických rysů. Typická společenstva v obou polárních oblastech, např. na smáčených stěnách nebo v mělkých mokřadech (seepages) jsou hod-

1 Mokřady s plně vyvinutou vegetací sinic na konci vegetačního období tvoří rozsáhlé červené plochy. Za nápadnou červenou barvu je odpovědný druh *Leptolyngbya vincentii*, který překrývá v horní vrstvě spodní vegetaci





ně odlišná jak druhovým složením, tak svou strukturou. Zatím byla podle molekulárních analýz prokázána totožnost pouze jednoho genotypu sinic a několika málo genotypů zelených řas v obou polárních územích. Podle dosavadních výsledků je nejméně 60 % genotypů sinic endemických v mokřadních systémech pobřežní Antarktidy. V tomto směru se zdá řasová flóra Antarktidy ještě vyhraněnější, než je tomu u mechů a lišejníků. Postupujeme-li ke kontinentálním, více vyhraněným jižnějším stanovištím řas, počet druhů se zmenšuje, ale současně se zvyšuje procento specifických a endemických druhů. Rozdíly v druhovém složení řas i sinic jsou i v různých, na první pohled nepříliš odlišných ekosystémech Antarktidy. Zmíníme se alespoň o několika hlavních.

Půdní společenstva řas

Největší část odledněných území v Antarktidě je pokryta kamenným, štěrkovým nebo půdním substrátem bez viditelné vegetace. Neznamená to ovšem, že na těchto plochách není žádný život. Jestliže odebereme vzorky i z čerstvě odledněných oblastí, vypěstujeme v kulturách vždy řadu druhů sinic nebo řas, které se na přírodních stanovištích mohou lokálně rozvinout v různé kvantitě v závislosti na

vlhkosti a teplotě. Bylo zjištěno, že na subantarktických ostrovech i v pobřežních kontinentálních oblastech se povrch půdy ohřívá již od první poloviny listopadu do poloviny února trvale nad 0 °C, přičemž maximální hodnoty zejména v lednu přesahují neziřídka i 15 °C. Toto období je dostatečně dlouhé, aby se řada druhů řas dokázala namnožit a opět vyprodukovat zásobu hibernujících stadií pro příští období.

Vedle teploty jsou další limitující podmínkou rozvoje řas nutriční poměry. Nově vznikající půdy mají silně oligotrofní charakter, avšak i tak jsou způsobilé dodat skrovné populaci řas dostatečnou zásobu živin. Kromě toho se u některých druhů sinic, zejména těch, které tvoří heterocysty, uplatňuje i schopnost vázat atmosférický dusík. Z této skupiny se speciálně v antarktických půdách uplatňují zástupci rodu *Nostoc*, kteří někde tvoří dominantní složku vegetace, případně i další druhy z rodu *Hydrocoryne* a *Nodularia*. Takto připravené půdy vytvářejí stále příhodnější prostředí pro osidlování dalšími rostlinnými organismy. Je ovšem nutno zdůraznit, že v podmínkách Antarktidy všechny tyto procesy hodně zpomaluje krátká vegetační doba a zvláště tvrdé podmínky antarktické zimy.

2 Vnitrozemská jezera s vyvinutou bentickou vegetací během letního období částečně rozmrzají. Foto J. Elster

3 Potoky jsou přerušovány často rychle proudícími úseky a vodopády, v nichž se rozvíjejí některé specifické druhy

4 Na smáčených stěnách rostou různá společenstva sinic adaptovaných na velice extrémní podmínky. Na skalním podkladu tvoří charakteristické rozsáhlé černé pruhy. Většina druhů, které tvoří tato společenstva v Antarktidě, je endemická. Snímek je z tzv. Devil Rocks v severní části ostrova Jamese Rosse. Foto J. Elster

5 Na povrchu vyvinutých společenstev mokřadů se v závěru vegetačního období často vyvíjejí černé kolonie dalších sinic z rodu *Nostoc* a *Tolypothrix*

U stabilizovanějších půd se na povrchu vytvářejí silné krusty s převládajícími sinicemi z rodu *Microcoleus*, *Trichocoleus* a *Nostoc* (obr. 8). V Antarktidě byly nalezeny i druhy, které dávají půdě vložené přednost před vodním prostředím, např. *Oscillatoria fracta* a zvláštní morfotyp z okruhu *Nostoc commune*. Jeden z nejlepších znalců řasové flóry Antarktidy Novozélanďan Paul Broady nalezl v pobřežních půdách kontinentální Antarktidy kolem 30 druhů zelených jednobuněč-

ných i vláknitých řas. Další významnou skupinou, která se podílí na kolonizaci antarktických půd, jsou rozsivky.

Antarktické půdy mohou ovšem být i silně eutrofizovány. Množství živin výrazně stoupá např. v blízkosti ptačích kolonií, zejména hnízdišť tučňáků (rookeries) a odpočívadel tuleňů. Obsah různých sloučenin fosforu se zvyšuje na enormní hodnoty v dosti širokém okruhu kolem těchto hnízdišť a s tím se mění i řasová vegetace. Kolem hnízdišť se dá rozeznat několik typických pásem. Samozřejmě zde dochází k hromadnému rozvoji určitých druhů, ale v některých případech se mění i druhové složení. Např. když rozsáhlé kolonie sinice kroužkového (*Pygoscelis adeliae*) na konci hnízdního období opustí svá hnízdiště (téměř vždy v průběhu několika málo dní nebo i hodin), na vrstvách ptačích trusu (guána) a zbytků mořských planktonních korýšů (krilů) se během krátké doby vyvinou rozsáhlé černé kolonie sinice *Phormidium attenuatum*. Na odpočívadlech tuleňů a rypoušů sloních se vyvíjejí porosty zelené řasy *Prasiola antarctica*, která se na takových místech udržuje i řadu let po jejich opuštění. Zejména v pobřežních oblastech a na subantarktických ostrovech nejsou tato eutrofizovaná místa zanedbatelným ekologickým fenoménem.

Potoky

Významným ekologickým prvkem ostrovních a pobřežních odledněných částí Antarktidy jsou geotermální a ledovcové potoky. Geotermální prameny jsou v polárních oblastech velmi vzácné a pokud se zde vyskytují, je to obvykle v místech s vulkanickou aktivitou. Tyto v Antarktidě unikátní lokality mají i specifickou flóru řas a především sinic. Je známo, že termální vody na celém světě se vyznačují zvláštní vegetací sinic, která je do značné míry kosmopolitní, ale je vázána pouze na tyto biotopy. Lokálních odchylek je jen málo. Výjimkou nejsou ani antarktické termální vody. Za zmínku stojí zejména dvě lokality – vulkanický ostrov Deception v souostroví Jižní Shetlandy a vulkanická oblast v zemi Victoria na západním pobřeží Rossova moře (Mt. Erebus, Mt. Melbourne, Mt. Rittmann). Teplota půdy zde kolísá mezi 13 a 31 °C a bylo zde nalezeno 6 druhů sinic a pět jednobuněčných zelených řas omezených pouze na tento mikrobiotop; příznačná je dominance typicky termální sinice *Mastigocladus laminosus*. Řada těchto termálních typů zde ovšem vytváří i specifické morfologické modifikace a jejich genotypové vztahy k příbuzným typům z obdobných lokalit v jiných oblastech musí být ještě ověřeny.

V pobřežní Antarktidě jsou však daleko důležitějším ekologickým prvkem tzv. ledovcové potoky. Všechny mají zdroj v tajícím sněhu, ledovcích, ledových jádrech morén a trvale zmrzlé půdě – permafrostu. Znamená to, že vydatně fungují jen v období antarktického léta, když se teplota zvýší nad 0 °C. Jakmile nastane mrazivé období, potoky rychle zamrzají a vysychají, na rozdíl od trvale tekoucích geotermálních pramenů. Přesto toto období bohatě dostává k tomu, aby se v tekoucích vodách vyvíjela specifická spole-

čenstva, která u delších toků mohou mít dokonce různou zonaci. Tak např. pro ostrov Jamese Rosse a celou oblast kolem Antarktického poloostrova je typický horní úsek potoka s převládající sinicí *Leptolyngbya fritschiana*, na středním toku se vyskytuje zvláštní morfotyp *Nostoc commune*, *Phormidium autumnale* a bohaté populace zelené vláknité řasy *Klebsormidium* sp. (obr. 7), zatímco pro spodní úseky je charakteristický antarktický endemit *Phormidesmis priestleyi* tvořící oranžové polokulovité slizové kolonie na kamenech v silně proudící vodě (obr. 12). Tato společenstva často pokrývají velké plochy šterkovitého nebo kamenitého dna.

Řasová společenstva v antarktických potocích procházejí i určitými sezonními změnami. Na začátku vegetace se většinou rozvíjejí rozsáhlé okrové až kávově hnědé povlaky rozsivek, které teprve později vystřídají hlavní společenstva. Variabilita ve složení společenstev jednotlivých toků není příliš zásadní, i když se zde mohou samozřejmě projevit rozdíly v závislosti na místních podmínkách. K těm patří délka a profil toku, ale také turbidita, stabilita substrátu, intenzita průtoku a nutriční poměry. J. Elster a O. Komárek prokázali vztah produkce nárostových řas v potocích jak k fyzikálně-chemickým parametřům, tak ke geomorfologicko-geografickým podmínkám. I antarktické periodické ledovcové potoky se tak jeví jako charakteristické ekosystémy řasové vegetace.

Mokřadní a skalní vegetace

Mělké antarktické potoky velmi často vytvářejí podél břehů tišiny a rozlityny, kde se mnohdy rozvíjejí trvalá mechová společenstva. Tyto rozlityny mají někdy velký plošný rozsah a přecházejí do dalšího zvláštního biotopu – výše zmíněných seepages. To jsou silně podmáčené půdy, kde tající voda z permafrostu prosakuje na povrch a vytváří rozsáhlé mělké mokřadní plochy, místy s mírně proudící vodou. V těchto seepages se vyvíjejí na značných plochách zcela charakteristické a nápadné povlaky řas, které procházejí zákonitými změnami během vegetačního období a na vrcholu vegetace koncem letní sezony (konec ledna a v únoru) mají charakteristickou strukturu a zonaci. Povrch těchto plně vyvinutých společenstev má typickou oranžově-červenou barvu, kterou tvoří tenká vrstva sinice *Leptolyngbya vincentii*. Pod ní se vyvíjí sytě zelená vrstva *L. glacialis* a ve spodní části těchto povlaků (mats) je směs řady druhů sinic a rozsivek. Na konci letního období se na povrchu těchto rozsáhlých společenstev vyvíjejí další druhy sinic, zvláštní morfotyp *Nostoc commune* s velkými listovými stélkami a zástupci rodu *Tolypothrix* (obr. 5 a 9).

V mokřadech se ovšem mozaikovitě vyskytují i další charakteristické druhy, z nichž mnohé jsou považovány za endemické. Rostou většinou ve specifických mikrobiotopech a vytvářejí charakteristická ložiska, dobře rozeznatelná i makroskopicky. Mezi takové druhy patří např. sinice z okruhu *Phormidium autumnale* vytvářející černé a hnědé povlaky (obr. 6), dále hnědé povlaky s vláknitým povrchem, které tvoří *P. pseudopriestleyi* (na obr. 14), nebo žlutohnědé hladké vodnaté

6 Typické povlaky sinice *Phormidium autumnale* v litorálu potoků přecházejících do pobřežních mechových společenstev. Foto J. Elster

7 Střední část potoků s typickým rozvojem sinice *Leptolyngbya fritschiana* a zelenou řasou *Klebsormidium* sp. Foto J. Elster

8 Detail půdních krust s dominantními sinicemi. Foto J. Elster

9 Povrch typického mokřadního společenstva v závěru vegetační sezony se sinicemi. *Leptolyngbya vincentii* zde tvoří červené vrstvy na povrchu, které přerůstají černými koloniemi sinice *Nostoc commune*

10 Povlaky *P. autumnale* z pobřežní části dolních toků potoků hustě prosycené anorganickým detritem. Foto J. Elster

11 Bentické povlaky s dominantními sinicemi v rozmrzajících jezerech. Foto J. Elster

12 Charakteristickým druhem v rychle proudících úsecích potoků je endemický antarktický druh *Phormidesmis priestleyi* tvořící oranžové povlaky na kamenech

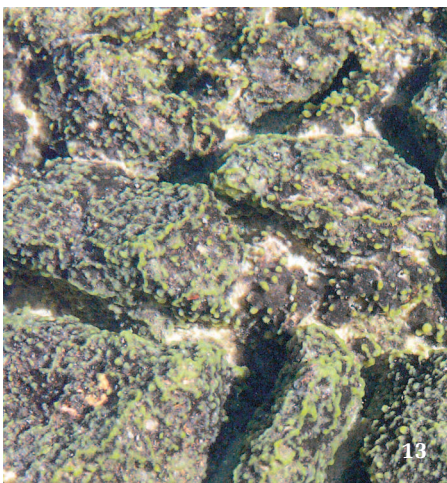
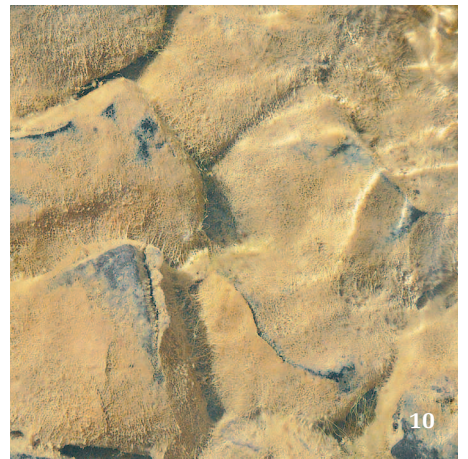
13 Bentické povlaky sinic z litorálu vnitrozemských jezer. Foto J. Elster

14 Jednotlivé druhy vytvářejí v mokřadech někdy monospecifické povlaky s charakteristickou strukturou a barvou. Na snímku sinice *Phormidium pseudopriestleyi*

15 Sněhy zabarvené zelenými řasami *Koliella*, *Raphidonema*, *Chlorosarcina* a *Chlorella*. Snímky J. Komárka, pokud není uvedeno jinak

chomáče *Leptolyngbya borchgrevinkii*. Celkově je společenstvo mokřadů velmi bohaté a vyskytuje se zde i značné množství jednobuněčných kokálních druhů, snad v nejvyšší diverzitě ze všech antarktických biotopů. Je zajímavé, že tyto drobné typy se nikdy nevyskytují ve velké biomase a rovněž jejich kultivace je velmi obtížná. Na konci vegetačního období celé společenstvo rychle vysychá a vymrzá, rozpadá se, ale diaspory zůstávají na místě a s příchodem jarního období a přísunem nové prosakující vody nastává opět jeho typický rozvoj. Charakteristickým znakem dlouhodobých seepages je nástup mechových porostů, které mohou postupně zcela přeměnit tyto plochy v souvislá mechoviště.

Na větších mokřících kamenech v seepages se vyskytují některé zvláštní druhy, např. sinice *Gloeocapsopsis aurea* se žlutými slizovými obaly, které již tvoří přechod ke společenstvům vyvíjejícím se na smáčených skalních stěnách. Toto zcela extrémní společenstvo řas a především sinic mokřících skal (obr. 4) je ekologickou zvláštností všude na světě a v Antarktidě obsahuje zejména soubor několika výjimečných druhů se zcela ojedinělou ekologií. Voda zde většinou teče přímo z roztávajících ledovců a sněžníků a její teplota jen zřídka přesahuje 2–3 °C. Navíc zde často dochází k drastickým změnám v průběhu dne. Voda stékající po skalních stěnách může zamrzat a roztávat jen na dobu několika hodin. Pro sinice a řasy to znamená přejít okamžitě z klidových stadií do aktivní fotosyntézy a naopak, což předpokládá velice specifickou adaptaci na toto prostředí.

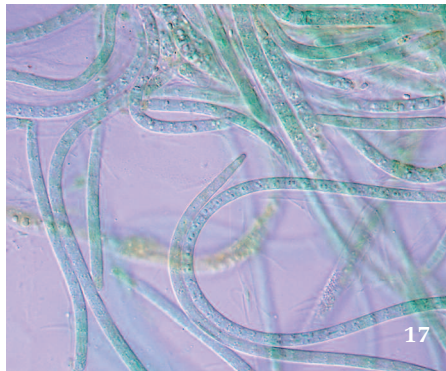




16 Epilitická řasa *Heterococcus* sp. (*Tribophyceae*) z povrchu skal v kontinentální části Antarktidy

17 Různé druhy rodu *Phormidium* ze společenstev sinic v potocích

18 Jedním z dominantních rodů sinic v antarktických půdách je *Microcoleus*. Autorkou všech snímků na této straně je J. Šnokhousová



Jezera

Antarktická jezera představují další ekosystém se zvláštními a charakteristickými společenstvy řas a sinic. Jezera nelze ovšem považovat za uniformní prostředí. Velký rozdíl je např. mezi periodickými jezery, která vznikají často přechodně na morénách před čelem ledovců, a hlubokými trvalými vnitrozemskými jezery se stabilními porosty řas na dně (v bentosu) a v příbřeží (litorálu). V morénových jezerech se většinou vyvíjejí v litorálu na kamenech bohatá ložiska oscillatorálních sinic (např. z rodů *Phormidium*, *Oscillatoria*, *Lyngbya* a *Leptolyngbya*), které vytvářejí přechodně bohatou biomasu, ale rychle zanikají a nemají trvalý charakter, podobně jako jezera samotná. V hlubokých vnitrozemských, většinou karových jezerech se vyvíjejí zvláštní společenstva, mezi kterými existuje určitá variabilita vzhledem k charakteru substrátu, geologickému podloží a délce zamrznutí.

Za pozornost stojí zejména bohatá stálá a charakteristická společenstva sinic na dně trvale zamrzlých jezer pevninského typu. Na jejich objevu se podílel zejména český astronom A. Mrkos, který přinesl první materiál a fotografie této zvláštní vegetace z oblasti Wolthatova masivu již ze svých prvních cest do Antarktidy. Na dně zamrzlých jezer se vyvíjejí bohaté povlaky sinice *Leptolyngbya antarctica* s několika dalšími roztroušenými druhy (*Pseudanabaena frigida*, *Nostoc antarcticus*) a tvoří vzpřímené kónické makroskopické útvary složené ze svazků vláken této sinice. Pokud není led pokryt sněhem, dochází i přes jeho značnou tloušťku (až přes 1 m) k intenzivní fotosyntéze, velké koláče bentických povlaků se odtrhávají ode dna a jsou vynášeny bublinami vyprodukovaného kyslíku ke spodní straně ledové vrstvy. Zde přimrzají a v průběhu dalšího odpařování ledu z povrchu a přimrzání odspodu promrzají tyto kolonie až na povrch. Zde vytvářejí bizarní suché papírově listnaté útvary trčící z ledu. Taková společenstva vznikají např. v zamrzlých jezerech v oblasti Dry Valley v dosahu amerického základny McMurdo, kde se jejich ekologie podrobně studovala v rámci

rozsáhlého projektu vedeného významným americkým algologem B. C. Parkerem.

U rozmrzajících nebo částečně rozmrzajících jezer v pobřežních oblastech a na subantarktických ostrovech je daleko větší variabilita v druhovém složení i struktuře společenstev. Zcela recentně našli J. Elster a L. Nedbalová např. zajímavé stromatolity tvořené sinicemi v jezerech ostrova Jamese Rosse v blízkosti české stanice. Ze zvláštních jezer je nutno se zmínit i o pobřežních mělkých nádržích, často se zvýšenou salinitou, kde se objevují vedle mimořádných sinicových povlaků i bohaté populace zelených a spájivých řas (*Conjugatophyceae*), vytvářejících zvláštní hibernační adaptace a strategie.

Specifické antarktické ekosystémy

V Antarktidě se setkáme i s řadou specifických extrémních ekologických situací, kdy společenstva sinic existují skutečně na pokraji životních možností. Zvláštní druhy sinic byly objeveny např. pod ledem na dně zamrzlých plochých jezírek v pohořích v hlubokém antarktickém vnitrozemí. Kontinentální Antarktida je považována za chladnou poušť, kde jsou jakékoli životní projevy velmi omezené. I v tomto prostředí však žijí charakteristické organismy, je nutno zmínit alespoň endolitickou vegetaci rostoucí v dutinách při povrchu sedimentárních skal v nejnepřístupnějších oblastech antarktické pevniny.

Společenstva endolitické vegetace obsahují heterotrofní bakteriální a houbovou složku, ale i několik pozoruhodných sinic (např. *Chroococcidiopsis*) a eukaryotních řas z rodů *Trebouxia* a *Heterococcus*. Vytvářejí barevnou vrstvu s výraznou zonací endolitických druhů v poměrně zákonitěm sledu pod skalním povrchem. Ekofyziologické vlastnosti těchto druhů jsou neobvyklé. Rychlé přechody teploty od zhruba 10 °C na otepleném skalním povrchu po hluboký mráz až -20 °C jsou zcela běžné, vodní režim je limitován, nutriční poměry specializované. I když je toto společenstvo velmi vyhraněné, má velkou životnost. Nepřekvapuje, že právě kmeny těchto autotrofních patří mezi organismy, které by mohly vegetovat i v dnešním prostředí na povrchu planety Mars. Proto se také jejich ekologie podrobně studuje s podporou projektů NASA již od 80. let 20. stol., zejména v týmu I. Friedmanna.

Endolitická společenstva řas mají i zvláštní ekologickou funkci. Jak bylo prokázáno, podílejí se na destrukci povrchu pískovcových skal. Jsou též předpokladem k osídlení těchto skal lišejníky. Některé

druhy endolitických řas jsou dokonce přímo lichenizovány přítomnými houbovými hyfami.

Kryoseston

Výčet specifické a fascinující antarktické mikroflóry řas musíme zakončit velice zvláštním společenstvem – kryosestonem. To je společenstvo řas, které se vyvíjí na sněhu a zabarvuje ho zeleně, žlutě nebo červeně (viz Živa 2007, 3: 104–106). Vyvíjí se jen v letním období, to znamená v době, kdy je na povrchu ledovců nebo v přetrvávajících sněhových polích dostatek vody. Tyto řasy tedy vlastně rostou ve vodním prostředí obklopeném ledem a sněhem. Je samozřejmé, že musí být adaptovány nejen na nízké teploty a rychlé přechody ze zmrzlého do vegetačního stavu, ale i na silné záření. U řady druhů vznikají v buňkách ochranné karotenoidy a jiné pigmenty, které překrývají chlorofyl, a výsledná barva buněk i celého společenstva je žlutá, oranžová nebo sytě červená. V antarktických kryokonitech – prohlubních na povrchu pobřežních ledovců – byly nedávno nalezeny některé druhy obsahující v pochvách nebo i v buňkách dokonale černý pigment, jehož podstata není dosud zcela jasná (v pochvách sinice *Leptolyngbya nigrescens* nebo v buňkách spájivky *Ancylonema* sp.). Předpokládá se, že tyto adaptace chrání buňky především před silným UV zářením.

U kryosestonních řas jsou velice zajímavé nutriční vazby. Kromě Antarktidy se kryoseston vyskytuje i ve vysokohorských oblastech jiných kontinentů, kde na povrch sněhových polí a ledovců dopadají četné spady, představující dostatečnou zásobu živin. U těchto lokalit ze střední Evropy se živinová základna rovná i středně obhospodařovanému rybníku. V Antarktidě jsou kryosestonní společenstva rozvinuta zejména v pobřežních oblastech a samozřejmě chybějí ve vnitrozemí, kde k roztávání povrchu sněhu téměř nedochází a přísun živin na povrch rozsáhlých sněhových polí je více omezen. Je ovšem zajímavé, že druhová bohatost kryosestonní flóry v Antarktidě téměř dvojnásobně převyšuje druhové složení kryosestonu ostatního světa, Arktidu nevyjímaje.

Autotrofní mikroorganismy (sinice a řasy) patří tedy k jedné z nejdůležitějších složek antarktického ekosystému. Jednotlivé druhy se liší svými životními strategiemi a představují neuvěřitelnou pestrost různých adaptací až k hranicím pozemského života. Jejich studium patří bezesporu k nejnárovnějšímu problémům v rámci moderní biologie a ekologie.