

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Biologická fakulta

Magisterská diplomová práce



## **Sukcese půdních řas a sinic na deglaciovaném profilu ledovce Sphinx**

Jitka Škrdlová

Vedoucí práce: Ing. Alena Lukešová, CSc.

2002

## Magisterská diplomová práce

Škrdlová, J. (2002): Sukcese půdních řas a sinic na deglaciovaném profilu ledovce Sphinx. [Succession of soil algae on the deglacial area in the front of glacier Sphinx. Mgr. Thesis, in Czech.] 21p. Faculty of biological Sciences, The University Bohemia, České Budějovice, Czech Republic

### Anotace

I deal with the succession of algae in the deglaciated area near the Sphinx glacier in King George Island (South Shetland Islands). I studied soil algal communities (structure dominants, species composition, abundance) in the transect from the front of Sphinx glacier to the shoreline of Admiralty Bay. It was found that algal diversity and abundance increas with distance from recently retreating glacier.

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně, pouze s použitím uvedené literatury.

V Českých Budějovicích 25. dubna 2002

*Škrdlová*

Ráda bych poděkovala své školitelce Aleně Lukešové, Zdeňkovi Fricovi, všem přátelům a v neposlední řadě své rodině za podporu a pochopení v těžkých chvílích.

## Obsah

Úvod .....	1
Charakteristika lokality .....	3
Odběr vzorků .....	4
Metodika .....	5
Výsledky .....	7
Diskuse .....	14
Závěr .....	17
Literatura .....	19

## Úvod

Půdní řasy a sinice jsou pravidelnou složkou všech terestrických ekosystémů a na nově obnažených substrátech vytvářejí zpravidla první fotoautotrofní společenstva. Jsou základním kamenem potravních řetězců v půdě a ostatní organismy jsou na nich závislé. Jejich účast je nenahraditelná zejména v ranných fázích sukcese, kdy poskytují organické látky nutné pro organismy vyšších trofických úrovní a sinice navíc obohacují půdu dusíkem (Marshall & Chalmers 1997).

Výzkum Antarktidy nyní nabývá celosvětového významu, neboť má nezanedbatelný vliv na atmosférické a oceánické proudění. Tomu také odpovídá množství zde vybudovaných výzkumných stanic. V současné době je tu přes padesát vědeckých stanic náležejících dvaadvaceti státům. Z vědeckého hlediska je Antarktida rozsáhlou přírodní laboratoří, kde můžeme studovat fyzikální a biologické procesy v širokém měřítku a relativně neznečištěném prostředí (Block 1994).

Antarktida je pokryta až čtyři kilometry silnou vrstvou ledu po miliony let. Průměrné roční teploty kolísají od minus šedesáti (centrální Antarktida) do plus šesti stupňů Celsia (subantarktické ostrovy). Průměrná rychlost větru se pohybuje od čtyř do dvaceti metrů za sekundu, v centrálních oblastech je i vyšší. Většina Antarktidy je popsána jako poušť. Je zde velmi málo dostupné vody a velmi málo srážek, ačkoli v létě jsou občas pozorovatelné záplavy (Block 1994).

Antarktida se dá rozdělit na centrální a přímořskou část. V pobřežní oblasti panuje studené přímořské klima. Průměrné letní teploty se pohybují slabě nad nulou (jeden až čtyři měsíce) a průměrné zimní teploty zřídka klesají pod patnáct stupňů pod nulou. Množství srážek se pohybuje od třista padesáti do pětiset milimetrů za rok (Block 1994; Bradford 1975).

Dlouhodobým pozorováním a měřením teplot v přímořské zóně se potvrdilo, že dochází k nárůstu průměrných ročních teplot za posledních čtyřicet pět let. Nárůst teplot je výraznější od roku 1980 (Olech & Massalski 2001). Tento nárůst teplot způsobil masový ústup ledovců a obnažování substrátů pod nimi (Olech & Massalski 2001; Davey et al. 1992). Tak se naskýtá jedinečná možnost studovat ne pouze kolonizaci nového substrátu, ale celý proces utváření nového ekosystému tundry (Davey & Rothery 1993; Olech & Massalski 2001; Block 1994).

Prvními kolonizátory nově odhaleného substrátu bývají právě sinice a řasy (Davey et al. 1991). Tato společenstva porůstají ty části kontinentu, jež nejsou pokryty ledem, tedy asi dvě procenta z celkové rozlohy (Kennedy 1993). V některých částech Antarktidy vytvářejí řasy a sinice klimaxová společenstva.

Posledních dvacet pět miliónů let nebyla Antarktida v kontaktu s jiným pevninským celkem. Nejbližší kontinent je Jižní Amerika vzdálená zhruba tisíc kilometrů, Jižní Afrika a Nový Zéland jsou daleko asi čtyři tisíce kilometrů. Tato velká vzdálenost kombinovaná s barierami způsobenými jižním ledovým oceánem a vzdušným cirkumpolárním prouděním potlačuje průnik nových druhů do těchto oblastí (Kennedy 1993). Přesto se zde vyskytuje celá řada kosmopolitních druhů řas a sinic. Dostaly se sem pravděpodobně pomocí vzdušných proudů. Tento způsob šíření podporují zjištění Marshalla a Chalmerse, kteří našli velké množství diaspor řas a sinic ve vzduchu na konci růstové sezóny po vyschnutí půdního povrchu (Marshall & Chalmers 1997). Šíření vzdušnými proudy je snadné pro malou velikost diaspor a jejich odolnost vůči vysychání (Wynn-Williams 1991).

Růst řas je omezen na letní měsíce, kdy teploty vystupují nad nulu (listopad až březen). Studie periodicity růstu řas v maritimní části Antarktidy ukazují, že skutečná doba růstu je mnohem kratší, s maximem růstu v únoru, které je následováno poklesem abundance u všech druhů až do dubna, kdy půda zmrzne (Davey & Rothery 1992; Wynn-Williams 1996). Podle tradičního pohledu je hlavním limitujícím faktorem pro růst nízká teplota. S ohledem na makroklimatická data je tento pohled opodstatněný. Avšak daleko větší vliv mají mikroklimatické podmínky, kdy na osluněném místě teploty dosahují vyšších hodnot než udávají makroklimatická data. Tato příhodná mikrostanoviště jsou

mnohem hojněji osídlena organismy (Davey & Clarke 1991; Wynn-Williams 1996).

Podle nejnovějších výzkumů je hlavním limitujícím faktorem dostupná půdní vlhkost (tekutá a plynná fáze) (Kennedy 1993; Davey & Rothery 1992; Davey 1989; Wynn-Williams 1990). Množství vody na Antarktidě je obrovské, je to asi devadesát procent celosvětové zásoby pitné vody. Paradoxem je, že dostupná voda pro živé organismy je zde velmi vzácná (většinou se zde vyskytuje jen v pevném skupenství) a podmínky zde odpovídají svým charakterem poušti.

Dalším důležitým faktorem pro růst řas a sinic je kolísání teplot během dne a noci, kdy teploty během letní noci klesají pod nula stupňů Celsia. Řasy se brání těmto výkyvům růstem těsně pod povrchem půdy a nebo migrací v půdním horizontu (Davey & Clarke 1991; Davey & Rothery 1992; Davey et al. 1992). Navíc růst pod povrchem půdy řasy chrání před silným UV zářením, které je způsobeno rozsáhlou ozónovou dírou v této oblasti (Davey & Clarke 1991).

Limitace živinami nebyla prokázána, pouze na konci růstového období se objevila slabá limitace dusíkem (Davey & Rothery 1992).

Tato práce se zabývá studiem mikroflóry při kolonizaci deglaciovanych půd a je součástí komplexního výzkumu na Jižních Shetlandách, na ostrově Krále Jiřího v blízkosti polské stanice Henryk Arctowski. Cílem práce bylo studium změn struktury společenstev půdních řas a sinic vyvíjejících se v různě starých sukcesních stádiích na odledněném profilu ledovce Sphinx.

## Charakteristika lokality

Studované území se nachází na 62°09'28" jižní šířky a 301°32'02" západní délky, na pobřeží zátoky Admirality, ostrov Krále Jiřího, Jižní Shetlandy (Map.1) v blízkosti polské stanice Henryk Arctowski. Průměrná teplota vzduchu se pohybuje kolem 5,5 °C v létě a -1,9 °C v zimě (Rakusa-Suszczewskiègg 1992).

Společenstva řas a sinic byla studována na transektu, který byl vytýčen v roce 1996 polskými biology pro studium mechů a fyzikálně-chemických

půdních parametrů (Olech & Massalski 2001). Transekt vedl od čela ledovce Sphinx k mořskému pobřeží v zátocě Admirality (Map. 2). Jeho délka byla v době prvního odběru v lednu 1996 skoro šest set metrů. Druhý odběr byl proveden v únoru následujícího roku. V té době, díky postupnému odtávání ledovce, se transekt prodloužil asi o 25 m (Obr.1).

Studované území je ploché, pouze v okolí ledovce dosahuje až padesáti metrů nad mořem (Obr.2, 3). Plocha transektu je pokryta zbytky morény, které jsou rozbrázděny množstvím potůčků. Místy se zde vyskytují ledové skluzy, vymražené hromady šterku a kameny zbylé po ústupu ledovce.

Prvních dvě stě metrů transektu leží na mírném svahu od ledovce směrem k přímořské plošině. Povrch je pokryt zbytky ledu, kamennými morénami, anorganickým detritem a je často podmáčený. Nevyskytuje se zde žádná makroskopická vegetace. Druhá část transektu se zvolna svažuje k moři a roztroušeně se zde vyskytují morénky, které tvoří vyvýšená mikrostanoviště. Nachází se tu ostrůvkovitý porost mechorostů (*Bryum*, *Pohlia*) a lišejníků, místy řasy a sinice vytvářejí krusty (*Leptolyngbya*, *Phormidium*). Z vyšších rostlin se zde vyskytují oba dva antarktické druhy, *Deschampsia antarctica* a *Colobanthus quitensis*.

## Odběr vzorků

V roce 1996 byly vzorky odebrány Jiřím Komárkem. Druhý odběr provedl Ondřej Komárek. V každém odběru bylo 25 vzorků. Na studované lokalitě byly vzorky odebrány sterilně ze svrchní vrstvy půdy do hloubky jednoho až dvou centimetrů z plochy přibližně 10 cm<sup>2</sup>.

Při odběrech v roce 1996 bylo prováděno měření aktuálních teplot jednotlivých odběrových míst. Vzorky byly vysušeny při laboratorní teplotě a takto skladovány do té doby, než jsem s nimi začala pracovat. Vzhledem k rychle měnícímu se reliéfu vlivem odtávání ledovce bylo obtížné v roce 1997 znovu přesně zaměřit původní transekt. Je možné, že transekt v tomto roce nebyl



zaměřen na úplně shodném místě s předešlým rokem. Vzorke z roku 1997 byly po odebrání uchovávány ve zmraženém stavu. V roce 1996 byly některé vzorky odebrány se zřetelem na mikrostanoviště (deprese a výše položená místa). V roce 1997 to nebylo rozlišováno. Odběrová místa v obou letech byla charakterizována i vizuálně (Tab. 1), avšak popisy z roku 1997 nejsou úplné. Poslední tři vzorky v tomto roce byly odebrány mimo transekt na úrovni odběru vzorku číslo 22.

## Metodika

Pro studium druhového složení byla u obou odběrů použita plotnová zřed'ovací metoda s následnou izolací a kultivací řas, u kterých bylo potřebné sledování jejich životních cyklů pro určení do rodové či druhové úrovně. U vzorků z roku 1997 byly navíc určovány dominantní typy i pomocí epifluorescence.

Plotnová zřed'ovací metoda se ukázala jako nezastupitelná pro zjištění druhového spektra, protože je schopná zachytit i kvantitativně méně zastoupené druhy řas, které jsou schopné růst v laboratorních podmínkách. Ze základní suspenze (10g půdy do 90ml sterilní vody) byla připravena ředící řada až do třetího ředění. Pro každé z těchto ředění bylo připraveno po čtyřech miskách s minerálním 1,5 % BBM agarem (Bischoff & Bold 1963). Inokulace suspenze příslušného ředění byla na misku 0,1 ml. Naočkované misky byly kultivovány při světelném režimu osmáct hodin světlo, šest hodin tma a teplotě okolo 20 °C po dobu tří až čtyř týdnů, pak byly kolonie narostlé na miskách prohlíženy pod mikroskopem a odlišné typy izolovány do zkumavek s minerálním 1,5 % BBM agarem a po nakultivování identifikovány pod mikroskopem. Tato metoda bývá též používána ke zjištění abundance půdních řas, ale je méně vhodná než epifluorescence. Na přesnosti jí ubírá řada faktorů. Různé řasy mají různou schopnost růstu v laboratorních podmínkách. Půda též obsahuje velké množství klidových částic řas (spor atd.), z nichž některé vyrostou lépe na miskách, než v půdě, kde by nemusely vyrůst vůbec. Ve vzorcích jsou též vláknité nebo

koloniální typy řas a sinic, které nelze nedestruktivně oddělit tak, aby každá kolonie narostla z jedné buňky. Takto vyrostou třeba i z mnohobuněčných fragmentů.

Vzorky odebrané v roce 1997 byly po rozmražení důkladně homogenizovány a z každého z nich byla přímo určována abundance řas a sinic, jejich druhové složení a vlhkost půdy. Ze zhomogenizovaných půdních vzorků byla připravena základní suspenze (rovněž 10g půdy na 90ml sterilní vody). Ta se pak ještě jednou homogenizovala a to na ultrazvuku po dobu čtyř minut. Suspenze byla použita pro plotnovou ředící metodu a též pro epifluorescenci.

Abundance řas a sinic byla zjišťována epifluorescencí (epifluorescenční mikroskop Olympus BX60) jako přímé počty buněk s přirozenou fluorescencí chlorofylu v základní půdní suspenzi (okulár 10× a objektiv 20×). Řasové buňky byly počítány vždy v 20μl základní půdní suspenze pod čtvercovým krycím sklíčkem o hraně 24 milimetrů. Pro každý vzorek byly připraveny tři preparáty a v každém byly řasy spočítány ve čtyřech pruzích o šířce zorného pole a délce krycího sklíčka. Pro snazší rozlišení řas a sinic byla použita kostka na eukaryotické řasy (MWB FILTER CUBE BLUE EXC. 450-480, EM. 515+) a na sinice (MWG FILTER CUBE GREEN EXC. 510-550, EM. 590+). Přepnutí mikroskopu z fluorescenčního na světelný umožnilo určování vyskytujících se dominantních typů. Tento mikroskop jsem též použila při fotografování řas a sinic uvedených v příloze (automatické zařízení PM 20). Pro výpočet abundance byl použit následující vzorec :

$$X = n \times s / p \times V$$

X - počet řas v jednom mikrolitru

n - počet řas spočítaných na ploše p

s - celková plocha krycího sklíčka

p - počet pruhů krát plocha pruhu

V - objem suspenze příslušného ředění

Abundance se pak počítala přepočtem zjištěných množství řasových buněk na gram vlhké půdy (tj. průměrný počet řas v  $1\mu\text{l} \times 10^4$ ) a nakonec byla přepočtena na jeden gram suché půdy, vydělením hmotností sušiny půdy.

Vlhkost byla měřena gravimetricky. Nejdříve bylo do váženek naváženo přesně okolo pěti gramů půdy a po vysušení v horkovzdušné sušárně po dobu šesti hodin při  $105\text{ }^\circ\text{C}$  byly znovu zváženy. Ze získaných údajů byla spočtena relativní vlhkost (hmotnost půdy z čerstvého vzorku minus hmotnost suché půdy a to celé děleno hmotností půdy z čerstvého vzorku) a násobeno stem.

Testovala jsem různé podmínky, které mohly mít vliv na výskyt druhů řas a sinic v transektu programem Canoco, metoda RDA (CANOCO for Windows 4.0) a vliv těchto podmínek na abundanci programem S-Plus 4.5.

K determinaci řas byla použita následující literatura : Ettl & Gärtner 1996; Starmach 1966.

## Výsledky

Ve zkoumaných vzorcích z roku 1996 a 1997 bylo celkem nalezeno 75 druhů řas a sinic, z toho 46 druhů Chlorophyta náležících do tříd Charophyceae (6), Chlamydoephyceae (7), Chlorophyceae (31), Zygnematophyceae (2), dále 8 druhů Xanthophyceae, 6 druhů Bacillariophyceae a 16 druhů Cyanophyceae. V odběru z roku 1996 bylo identifikováno 46 druhů, z nich bylo 28 Chlorophyta (Charophyceae 4, Chlamydoephyceae 6, Chlorophyceae 18), 4 Xanthophyceae, 2 Bacillariophyceae a 12 Cyanophyceae (Tab. 2). V roce 1997 bylo nalezeno 68 druhů z nichž do Chlorophyta náleželo 43 druhů (Charophyceae 4, Chlamydoephyceae 7, Chlorophyceae 30 a Zygnematophyceae 2), Xanthophyceae 6, Bacillariophyceae 6 a Cyanophyceae 14 (Tab. 3).

V roce 1996 byl zřetelný nárůst počtu druhů se vzdáleností od ledovce (Obr. 4), kdežto v roce 1997 bylo překvapivě velké druhové zastoupení i ve vzorcích nejbliže u ledovce (Obr. 5).

V prvním roce počet druhů Cyanophyceae směrem od ledovce narůstal, nejvíce jich bylo ve vzorku číslo 12, nejvíce se vyskytovaly ve vlhkých místech hlavně v depresích. Bacillariophyceae se nacházely různě rozptýleně po transektu. Počet druhů Xanthophyceae narůstal od ledovce k moři. Chlamydoephyceae se nevyskytovaly v odběrech nejbliže u ledovce, maxima dosahovaly na vlhkých lokalitách. Chlorophyceae dobře odpovídají celkovému trendu. Charophyceae byly rovnoměrně rozptýleny po transektu.

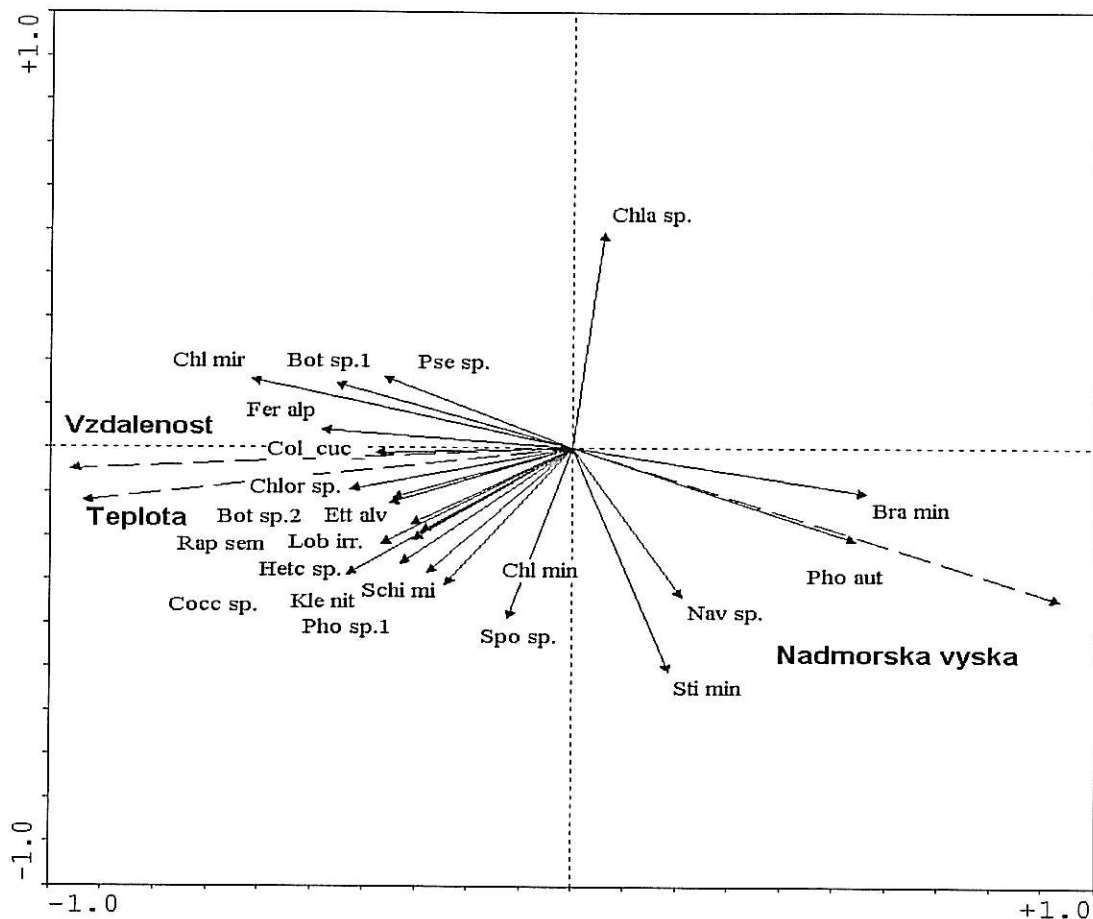
V druhém roce počet druhů Cyanophyceae vzrůstal až po odběr číslo 17 (Obr. 6), poté následoval mírný pokles až do konce transektu. Nejvíce druhů Bacillariophyceae se vyskytovalo ve vzorcích 5-22 s maximem v odběru číslo 15. Nejvíce druhů Xanthophyceae bylo nalezeno na začátku transektu, poté počet výskytů poklesl. Chlamydoephyceae se nejhojněji vyskytovaly na začátku a na konci transektu. Množství druhů Chlorophyceae bylo nejvyšší na začátku a na konci transektu, nejméně ve vzorcích 11-14. Charophyceae se nejvíce vyskytovaly ve vzorcích 1-3, jinak byly rovnoměrně rozptýleny po transektu.

Mezi nejčastěji nalézané kosmopolitní druhy řas a sinic v roce 1996 patří *Phormidium autumnale*, *Hantzschia amphioxys*, *Xanthonema debile*, *Bracteacoccus minor*, *Diplosphaera chodatii*, *Stichococcus bacillaris* a v roce 1997 *Phormidium autumnale*, *Hantzschia amphioxys*, *Navicula atomus*, *Xanthonema debile*, *Bracteacoccus minor*, *Chlorella vulgaris*, *Diplosphaera chodatii*, *Pseudococcomyxa simplex*, *Klebsormidium flaccidum*, *Stichococcus bacillaris*. Velmi hojně se zde též vyskytovaly další běžné půdní druhy, v roce 1996 *Ettlia alveolaris*, *Fernandinella alpina*, *Chlorella mirabilis* a v následujícím roce *Fernandinella alpina*, *Chlorella fusca*, *Chlorella minutissima*, *Chlorella mirabilis*, *Schizochlamydeella minutissima*, *Actinochloris cf. terrestris* a *Spongiochloris cf. irregularis*. V roce 1997 byly nalezeny dva zástupci Zygnematophyceae (*Actinotaenium sp.*, *Cylindrocystis brebissonii*), oba pouze v jednom ze zkoumaných vzorků. K zástupcům, kteří byly zjištěni jako typičtí pro tyto oblasti, patří například *Raphidonema sempervirens* či *Macrochloris multinucleata*. Hojně se zde též vyskytoval *Lobococcus irregularis var. antarcticus*, který byl přímo z ostrova Krále Jiřího popsán (Massalski et al. 1995). Zajímavý byl též nález *Trochiscia sp.*, která byla při kultivacích schopna růst jen při teplotách nižších než deset stupňů Celsia. Bohužel se nepodařilo zachytit její

životní cyklus a tak není možné s jistotou říci, zda patří vůbec do rodu *Trochiscia*. U celé řady druhů zařazených do tohoto rodu se později ukázalo, že se jedná o zygoty jiných druhů zelených řas. Další zde hojně nalézané řasy a sinice, které však nebylo možné zařadit do druhu, patří k rodům *Phormidium*, *Leptolyngbya*, *Nostoc*, *Botrydiopsis*, *Chlorococcum*, *Coccomyxa*, *Chlorosarcinopsis* a *Heterococcus*.

Vzhledem ke způsobu uchování vzorků nebylo možno stanovit abundanci řas a sinic z roku 1996. Ta byla stanovena jen u odběrů z následujícího roku. Při zjišťování abundance se daly rozlišit tři skupiny - Cyanophyceae, Bacillariophyceae a ostatní. Celková abundance postupně vzrůstala směrem od ledovce k moři (Obr. 7). Obecně největší abundanci tvoří Cyanophyceae (až  $9457,5 \times 10^3$  / g suché půdy, vzorek číslo 21), které též sledují společný trend. Ten souhlasí i u ostatních skupin (maximální abundance  $944,9 \times 10^3$  / g suché půdy, vzorek číslo 21), přičemž Bacillariophyceae se vyskytují ve větším množství zřídka (maximálně  $31,7 \times 10^3$  / g suché půdy, vzorek číslo 15) a to hlavně ve střední části transektu.

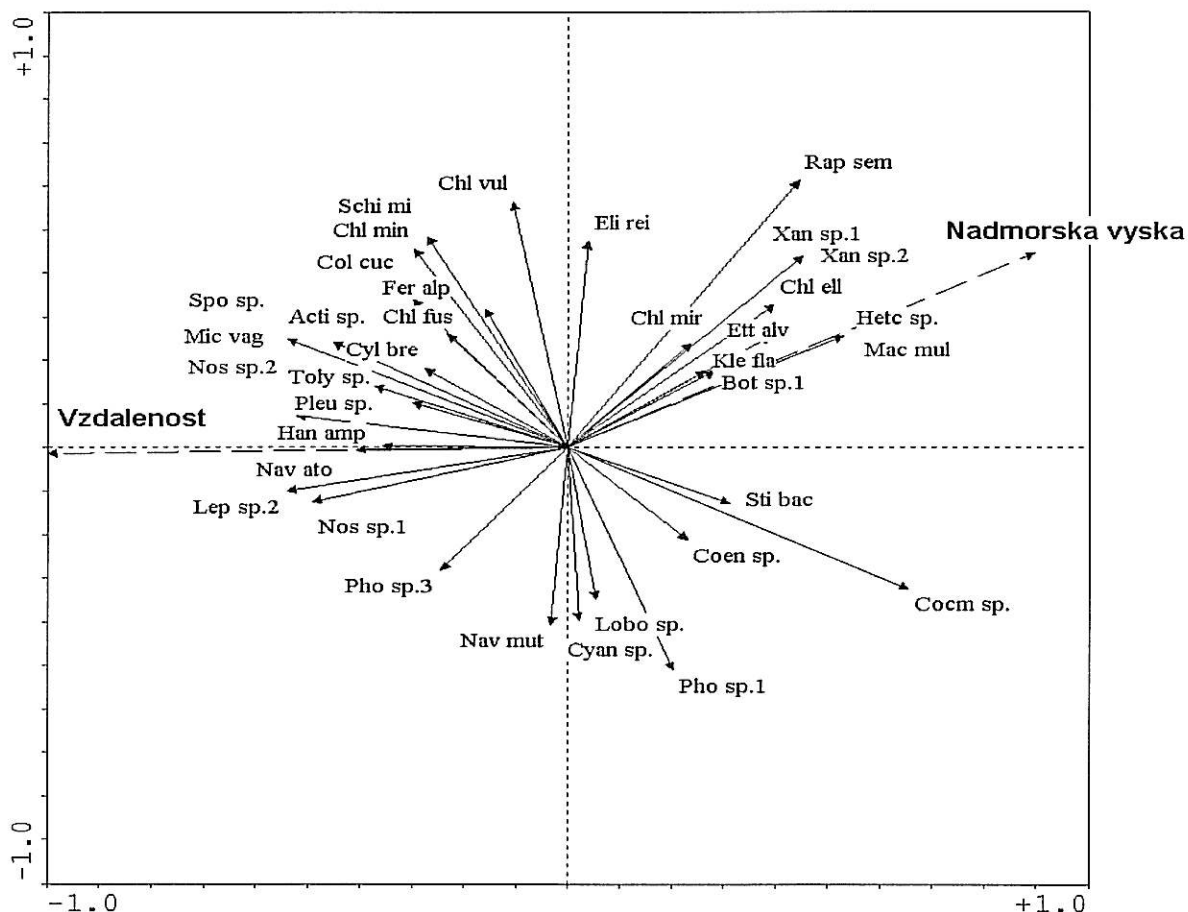
Testovala jsem různé podmínky, které mohly mít vliv na výskyt druhů řas a sinic v transektu programem Canoco (seznam zkratk Tab. 4). V roce 1996 i 1997 byl prokázán signifikantní vliv nadmořské výšky (1996: trace=0.102, F=2.61,  $p << 0.01$ ; 1997: 0.083, F=2.08,  $p << 0.01$ ) a vzdálenosti od ledovce (1996: trace=0.105, F =2.704,  $p << 0.01$ ; 1997: 0.087, F=2.188,  $p << 0.01$ ) na druhové zastoupení řas a sinic. Teplota povrchu půdy byla měřena jen v roce 1996. Byl prokázán její signifikantní vliv na druhovou bohatost (trace=0.102, F=2.599,  $p << 0.01$ ). Relativní vlhkost vzorků bylo možné měřit jen v odběru z roku 1997 a je patrné, že samotná vlhkost signifikantní vliv nemá (trace=0.046, F=1.108,  $p=0.275$ ). Dělal jsem také celkový model pro rok 1996 (teplota, nadmořská výška, vzdálenost od ledovce) (Test of significance of first canonical axis: eigenvalue=0.112, F=2.644,  $p=0.019$ ; Test of significance of all canonical axes : Trace=0.177, F=1.505,  $p << 0.05$ ).



Obr. 8 Celkový model pro rok 1996

Je patrné že většina řas a sinic preferuje stanoviště dále od ledovce s nižší nadmořskou výškou a vyšší teplotou. Z grafu též můžeme vidět, že *Phormidium autumnale* se skutečně nejhojněji nachází na nejmladších sukcesních stádiích, tedy nejblíže u ledovce, na místech chladných a nejvýše položených.

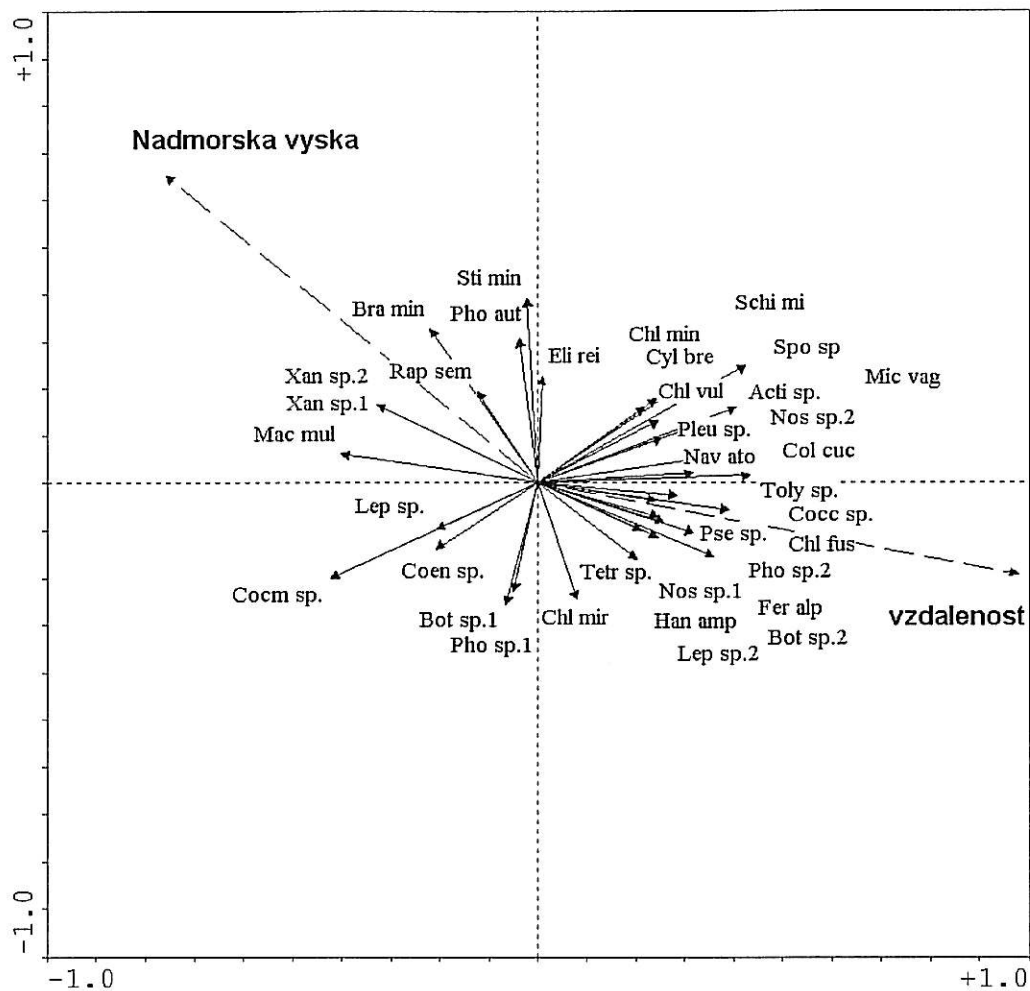
Celkový model pro rok 1997 jsem testovala jak s vlhkostí (Test of significance of first canonical axis: eigenvalue = 0.090,  $F = 2.078$ ,  $p = 0.0310$ ; Test of significance of all canonical axes : Trace = 0.193,  $F = 1.673$ ,  $p \ll 0.01$ ) tak bez ní (Test of significance of first canonical axis: eigenvalue = 0.087,  $F = 2.093$ ,  $p = 0.019$ ; Test of significance of all canonical axes : Trace = 0.153,  $F = 1.985$ ,  $p \ll 0.01$ ).



Obr. 9 Celkový model pro rok 1997

Ukazuje se, že řasy popsané z takto chladných oblastí jako *Raphidonema sempervirens* či *Macrochloris multinucleata* skutečně dobře snášejí extrémní podmínky blízko ledovce. Jsou proto důležité při kolonizaci ihned po odlednění.

Dále byl testován efekt roku sběru ( $\text{trace} = 0.086$ ,  $F = 4.527$ ,  $p \ll 0.01$ ) a protože byl velký rozdíl mezi roky, odstranila jsem tento faktor tak, že jsem ho dále brala jako koprozměnnou a testovala jsem u obou odběrů dohromady vliv nadmořské výšky ( $\text{trace} = 0.037$ ,  $F = 1.982$ ,  $p \ll 0.01$ ), vzdálenost od ledovce ( $\text{trace} = 0.047$ ,  $F = 2.572$ ,  $p \ll 0.01$ ) a nakonec obě charakteristiky dohromady (Test of significance of first canonical axis: eigenvalue = 0.048,  $F = 2.576$ ,  $p = 0.0030$ ; Test of significance of all canonical axes :  $\text{trace} = 0.070$ ,  $F = 1.903$ ,  $p \ll 0.01$ ).



Obr. 10 Celkový model pro oba roky

V grafu z obou let se znovu potvrdila důležitost druhů *Phormidium autumnale*, *Raphidonema sempervirens* či *Macrochloris multinucleata* při osidlování nově obnažených substrátů po ústupu ledovce.

Na testování vlivu vzdálenosti od ledovce, nadmořské výšky a relativní vlhkosti na abundanci jsem použila pro rok 1997 program S-Plus.



Název		df	df	deviance	cp	F	p
<b>X+CH</b>	nulový	24		1200159	1304188		
	Rel. vlhkost	23	1	1196326	1404383	0.074	0.788
	Vzdálenost	23	1	890484	1045351	7.998	0.010
	Nadm. výška	23	1	1026726	1205287	3.885	0.061
	Vzdálenost a nadm. výška	22	2	851043	1083146	4.512	0.023
	Vzdálenost a nadm. výška + vzdálenost* nadm. výška	21	3	849946		2.884	0.060
	vzdálenost a rel. vlhkost	22	2	867483	1104069	4.218	0.028
	Vzdálenost a rel. vlhkost + vzdálenost * rel. vlhkost	21	3	843071	1164241	2.965	0.055
	Nadm. výška a rel. vlhkost	22	2	1014258	1290873	2.016	0.157
	Nadm. výška a rel. vlhkost + Nadm. výška*rel. vlhkost	21	3	967154	1335593	1.686	0.200
	Vzdálenost a nadm. výška a rel. vlhkost	21	3	824304	1138325	3.192	0.045
	Vzdálenost a nadm. výška a rel. vlhkost + vzdálenost* nadm. výška* rel. vlhkost	17	7	756281	1468076	1.425	0.259
<b>B</b>	Rel. vlhkost	23	1	1255.94 9	1474.37 5	0.806	0.379
	Nadm. výška	23	1	1189.38 6	1396.23 5	2.139	0.157
	Vzdálenost	23	1	1222.58	1435.20	1.456	0.240
	Vzdálenost a nadm. výška	22	2	1186.82	1510.50	1.049	0.367
	Vzdálenost a nadm. výška + vzdálenost* nadm. výška	21	3	1185.27	1636.80	0.677	0.576
	Nadm. výška a rel. vlhkost	22	2	1159.83	1476.15	1.329	0.285
	Nadm. výška a rel. vlhkost + Nadm. výška*rel. vlhkost	21	3	1159.77	1601.59	0.846	0.484
	vzdálenost a rel. vlhkost	22	2	1194.35	1520.08	0.973	0.394
	Vzdálenost a rel. vlhkost + vzdálenost * rel. vlhkost	21	3	1193.27	1647.85	0.626	0.606
	Vzdálenost a nadm. výška a rel. vlhkost	21	3	1154.65	1594.52	0.881	0.467
	Vzdálenost a nadm. výška a rel. vlhkost + vzdálenost* nadm. výška* rel. vlhkost	17	7	1110.83	2156.32	0.414	0.881
<b>C</b>	Rel. vlhkost	23	1	1018917	1196120	0.001	0.975
	Nadm. výška	23	1	9354665	1098156	2.053	0.165
	Vzdálenost	23	1	8303704	9747826	5.224	0.033
	Vzdálenost a nadm. výška	22	2	7734599	9844035	3.491	0.048
	Vzdálenost a nadm. výška + vzdálenost* nadm. výška	21	3	7501322	1035897	2.509	0.087
	vzdálenost a rel. vlhkost	22	2	8264333	1051824	2.563	0.100
	Vzdálenost a rel. vlhkost + vzdálenost * rel. vlhkost	21	3	8226111	1135987	1.671	0.207
	Vzdálenost a nadm. výška a rel. vlhkost	21	3	7675634	1059969	2.293	0.108
	Vzdálenost a nadm. výška a rel. vlhkost + vzdálenost* nadm. výška* rel. vlhkost	17	7	6718212	1304124	1.255	0.329

Tabulka 5. Výsledky statistického programu S-Plus

Z tabulky je patrné, že kromě Bacillariophyceae, které se v transektu vyskytovaly nezávisle na testovaných faktorech, byla abundance řas a sinic nejvíce ovlivněná vzdáleností od ledovce a pak ještě při spolupůsobení vzdálenosti od ledovce s

nadmořskou výškou. Relativní vlhkost sama vyšla vysoce neprůkazně, a její vliv lze předpokládat jen u Xanthophyceae a Chlorophyta ve spolupůsobení se vzdáleností od ledovce či vzdáleností od ledovce a nadmořskou výškou.

V odběru z roku 1996 nebyla měřena vlhkost. V literatuře byly uvedeny některé další půdní charakteristiky (Olech & Massalski 2001), které jsem testovala také pomocí programu S-Plus, ale nevyšly průkazně.

## Diskuse

Srovnání výsledků s literaturou je poměrně omezené, protože existuje málo literatury zabývající se obdobnou problematikou. Srovnatelnost výsledků je též obtížná kvůli nesnadnému zařazení do druhové, ale často i rodové úrovně. Práce zabývající se srovnatelnou problematikou byly prováděny v jiných částech Antarktidy.

Zjištěné výsledky ukazují na důležitou roli půdních řas a sinic na nově obnažených substrátech po ústupu ledovce, kde se i přes extrémní podmínky vyvíjela druhově pestrá a početně bohatá společenstva.

Většina autorů zabývajících se podobnou problematikou zařazovala nalezené řasy a sinice pouze do rodové úrovně (Davey & Rothery 1993; Marshall & Chalmers 1997) kromě několika dobře známých kosmopolitních druhů (např. *Pinnularia borealis*, *Phormidium autumnale*). Jediný autor, který se zabýval určováním zde nalezených půdních řas a sinic do druhové úrovně byl A. P. Broady. Poměrné druhové zastoupení jednotlivých skupin řas nalezených na studované ploše potvrzují i jeho výsledky (Broady 1976).

Rozdílné uchování vzorků bohužel znesnadňuje srovnatelnost obou odběrů mezi sebou. Procentuelní rozdíly druhového zastoupení v jednotlivých skupinách půdních řas a sinic nejsou nijak výrazné až na Bacillariophyceae, avšak tento rozdíl může být způsoben rozdílným uchováváním vzorků a možným odchýlením se od původního transektu a tak vůbec nemusí jít o vývojový trend.

V absolutním množství druhů se ukazují velké rozdíly v bohatosti skupiny Chlorophyta. Rozdíl je možné vidět i u Bacillariophyceae. Xanthophyceae a Cyanophyceae jsou zastoupeny v obou odběrech poměrně stabilním počtem druhů. Myslím si, že právě způsob uchování vzorků sám mohl mít vliv na větší druhovou bohatost v roce 1997. Ukazuje na to i vyrovnanost druhového zastoupení Cyanophyceae v obou odběrech, které relativně dobře snášejí vysušení substrátu na rozdíl od ostatních zde sledovaných skupin.

Obecně lze říci, že abundance i druhová pestrost směrem od ledovce vzrůstala asi do dvou třetin transektu, po té nedocházelo k výraznějším změnám až k moři. Avšak v roce 1996, kdy byly vzorky odebrány zvláště z depresí a zvláště z výše položených míst, jsou patrné zásadní rozdíly v množství druhů pod vlivem mikroklimatických podmínek. Toto pozorování je ve shodě s údaji uváděnými v literatuře (Davey & Rothery 1992; Davey et al. 1992). Výjimkou jsou první tři odběry v roce 1997 nacházející se nejbliže k ledovci, kde bylo nalezeno poměrně velké množství druhů, což lze jen obtížně vysvětlit.

Celkový počet druhů nalezený na sledovaných plochách v roce 1996 byl nejvyšší na plochách, které byly ve sníženinách a byly vlhké až podmáčené ( 8, 10, 12, 14, 16, 19, 20, 23). Podle literatury má v antarktickém ekosystému vlhkost zásadní vliv na množství i druhovou pestrost řasových společenstev (Kennedy 1993). Avšak k odběrům v roce 1997 chybí důležité údaje při popisu míst odběru a naměřená relativní vlhkost vyšla statisticky neprůkazně jak s druhovým zastoupením tak s abundancí.

Abundance řasových společenstev byla zjišťována jen v odběru z roku 1997. Je zde dobře patrný postupný vzrůst abundance směrem od ledovce k mořskému pobřeží u všech sledovaných skupin. Cyanophyceae hrají důležitou roli v kolonizaci iniciálních stanovišť a dobře se adaptují na extrémní podmínky, tuto skutečnost potvrzuje jejich vysoká abundance ve srovnání s ostatními skupinami řas v první třetině transektu, avšak jejich abundance je vysoká v celém jeho průběhu, zřejmě nejen proto že dobře snášejí extrémní podmínky, ale navíc jim vyhovuje vyšší pH této lokality (Maxwell 1991). Skutečnost, že Cyanophyceae rostou špatně v laboratorních podmínkách, je dobře patrná při srovnání jejich abundance stanovené přímou epifluorescencí půdní suspenze a množstvím sinic narostlých na agarových plotnách. Bacillariophyceae se

vyskytovaly převážně v druhé polovině transektu, v jeho první části nebyly téměř nalezeny. Abundance Chlorophyta též postupně vzrůstá od ledovce k mořskému pobřeží a její průběh tedy zcela neodpovídá kolísání nalezených druhů, kdy například největší počet druhů byl nalezen v prvních třech odběrech u paty ledovce. Obecně lze říci, že nejvyšší hodnoty zde naměřené abundance patří k nejvyšším udávaným pro půdní řasová společenstva.

V roce 1996 vzhledem ke způsobu uchování vzorků nebyla stanovována abundance. Počty druhů Cyanophyceae měly podobný nárůstový trend jako v roce 1997 a vzhledem ke srovnání abundance a druhového spektra v roce 1997, lze usuzovat, že skutečné množství Cyanophyceae, které se vyskytovaly na sledovaných plochách, je mnohem vyšší. U Chlorophyta je poměrně velký rozdíl obou let v počtu druhů v průběhu transektu. V odběrech z roku 1996 byl nalezen menší počet druhů, což je nejvíce patrné v první části transektu. Je to zřejmě způsobeno jejich nižší odolností k vysychání či v roce 1997 byla první odběrová místa ovlivněna nějakým jiným faktorem.

Při fluorescenci se ukázalo, že hlavními dominantními typy jsou *Leptolyngbya* a *Phormidium*, které však i přes kultivaci na miskách s 1,5 % BBM agarem s přidavkem actidionu (potlačuje růst eukaryotických organismů), často nevyrostly. Úloha sinic rodu *Phormidium* jako významných kolonizátorů, a to hlavně *Phormidium autumnale*, je často uváděna i v literatuře (Kennedy 1993; Wynn-Williams 1996; Broady 1984; Davey & Rothery 1993; Davey & Rothery 1992; Akiyama 1967; Kol 1968; Kol 1970).

Při determinaci řas a sinic z plotnové zřed'ovací metody se v souladu s literaturou hojně vyskytovaly některé kosmopolitně rozšířené druhy a to *Stichococcus bacillaris*, *Klebsormidium flaccidum*, *Phormidium autumnale*, *Xanthonema debile*, *Pseudococcomyxa simplex*, *Schizochlamydeella minutissima*, *Diplosphaera chodatii*, další hojně vyskytující se druhy jako *Hantzschia amphioxys*, *Bracteacoccus minor*, *Navicula atomus* a *Chlorella vulgaris* jsou uváděny v literatuře jen sporadicky (Broady 1977; Broady 1979; Broady 1982; Broady 1984; Broady 1989; Broady 1996; Starmach 1966).

Hojně se zde vyskytoval *Lobococcus irregularis* var. *antarcticus* (Massalski et al. 1995), který byl popsán právě z tohoto ostrova a mé pozorování potvrdilo, že je typický pro tuto oblast.

Bohužel některé druhy se nedaly určit až do druhové úrovně díky svému špatnému růstu v kultuře nebo příliš malému množství, který nedovoloval prostudovat jejich cykly či byly zachyceny jen při přímé mikroskopii půdní suspenze a některé zase neodpovídaly známým druhům popsaným v literatuře.

Ze statistických výsledků vyplývá, že na druhovou pestrost i abundanci řas a sinic má největší vliv vzdálenost od ledovce. Toto potvrzuje předpokládaný sukcesní trend na půdách po ústupu ledovce. Se vzdáleností od ledovce klesala i nadmořská výška. Níže exponovaná místa jsou méně vystavena extrémním podmínkám, které jsou v těchto oblastech limitující. Byl prokázán signifikantní vliv teploty na druhovou bohatost řasových společenstev čemuž odpovídá i to, že většina zde rostoucích řas a sinic jsou kosmopolitní druhy, které rostou mnohem lépe při vyšších teplotách. Relativní vlhkost vyšla neprůkazně v souvislosti s kvantitou i kvalitou řasových společenstev. Důvodem může být, že relativní vlhkost je okamžitý stav a nemusí odpovídat vlhkostním podmínkám v dlouhodobém měřítku. Naopak při porovnání popisů odběrových míst (rok 1996) s druhovou bohatostí je patrná souvislost mezi vlhkými místy ve sníženinách a vysokým počtem druhů řas a sinic. Ostatní dostupné fyzikálně-chemické půdní charakteristiky vyšly statisticky neprůkazně, protože jejich proměnlivost v průběhu transektu byla minimální a nevykazovala žádný zřetelný trend. Navíc se tato data dala vztáhnout pouze k některým odběrovým místům.

## Závěr

Na deglaciováných půdách po ústupu ledovce se vyvíjí bohatá řasová společenstva, která mají nezastupitelnou úlohu při kolonizaci takto vzniklých substrátů. Ukazuje se, že sinice z řádu Oscillatoriales, hlavně rod *Phormidium* a zástupci LPP-group jsou hlavními kolonizátory v nejmladších sukcesních stadiích. Vzhledem k vyššímu pH půdy transektu byly sinice kvantitativně hojně zastoupeny v celém jeho průběhu. I přes velmi extrémní podmínky je zde velmi

vysoká druhová bohatost, která je srovnatelná s řadou biotopů mírného pásma. V průběhu transektu je dobře patrný vývojový trend společenstev řas a sinic, avšak je zde patrný i vliv mikroklimatických podmínek na druhovou pestrost.

## Literatura

- BLOCK W. (1994): Terrestrial ecosystems: Antarctica, *Polar Biol.*, 14: 293-300
- BROADY P. A. (1976): Six new species of terrestrial algae from Signy Island, South Orkney Islands, Antarctica, *Br. Phycol. J.*, 11: 387-405
- BROADY P. A. (1977): A new genus and two new species of terrestrial chlorophycean algae from Signy Island, South Orkney Islands, Antarctica, *Br. Phycol. J.*, 12: 7-15
- BROADY P. A. (1979): A preliminary survey of the terrestrial algae of the Antarctic Peninsula and South Georgia, *Antarct. Surv. Bull.*, 48: 47-70
- BROADY P. A. (1979): The terrestrial algae of Signy Island, South Orkney Islands, British Antarctic Survey Scientific Reports, 98: 1-117
- BROADY P. A. (1982): New records of chlorophycean micro-algae cultured from Antarctic terrestrial habitats, *Nova Hedwigia*, 36: 445-484
- BROADY P. A. (1984): Taxonomic and ecological investigations of algae on steam-warmed soil on Mt. Erebus, Ross Island, Antarctica, *Phycologia*, 23: 257-271
- BROADY P. A. (1989): Broadscale patterns in the distribution of aquatic and terrestrial vegetation at the three ice-free regions on Ross Island, Antarctica, *Hydrobiologia*, 172: 77-95
- BROADY P. A. (1996): Diversity, distribution and dispersal of Antarctic terrestrial algae, *Biodiversity and Conservation*, 5: 1307-1335
- BRADFORD J. M. (1975): New parasitic Choniostomatidae (Copepoda) mainly from antarctic and subantarctic Ostracoda, New Zealand Oceanographic Institute Memoir, 67: 1-36
- DAVEY M. C. (1989): The effects of freezing and dessiccation on photosynthesis and survival of terrestrial Antarctic algae and cyanobacteria, *Polar Biol.*, 10: 29-36
- DAVEY M. C., CLARKE K. J. (1991): The spatial distribution of microalgae on Antarctic fellfield soils, *Antarctic science*, 3: 257-263

DAVEY M. C., CLARKE K. J. (1992): Fine structure of a terrestrial cyanobacterial mat from Antarctica, *J. Phycol.*, 28: 199-202

DAVEY M. C., DAVIDSON H. P. B., RICHARD K. J., WYNN-WILLIAMS D. D. (1991): Attachment and growth of Antarctic soil cyanobacteria and algae on natural and artificial substrata, *Soil. Biol. Biochem.*, 23: 185-191

DAVEY M. C., PICKUP J., BLOCK W. (1992): Temperature variation and its biological significance in fellfield habitats on a maritime Antarctic island, *Antarctic Science*, 4: 383-388

DAVEY M. C., ROTHERY P. (1992): Factors causing the limitation of growth of terrestrial algae in maritime Antarctica during the late summer, *Polar Biol.*, 12: 595-601

DAVEY M. C., ROTHERY P. (1993): Primary colonisation by microalgae in relation to spatial variation in edaphic factors on Antarctic fellfield soils, *J. Ecol.*, 81: 335-343

ETTL H., GÄRTNER G. (1995): *Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen*, Stuttgart, Jena, New York, G. Fischer, 721 pp

KENNEDY A. D. (1993): Water as a limiting factor in the Antarctic terrestrial environment: A biogeographical synthesis, *Arctic and Alpine Research*, 25: 308-315

KOMÁREK J. (1988): Modern approach to the classification system of cyanophytes, *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 80, *Algological Studies*, 50-53: 327-472

MARSHALL W. A., CHALMERS M. O. (1997): Airborne dispersal of Antarctic terrestrial algae and cyanobacteria, *Ecography*, 20: 1-10

MASSALSKI A., MROZIŃSKA T., OLECH M. (1995): *Lobococcus irregularis* (Boye-Pet.) Reisigl var *antarcticus* var. nov. (Chlorellales, Chlorophyta) from King George Island, South Shetlands Islands, Antarctica, and its ultrastructure, *Nova Hedwigia*, 61: 199-206

MAXWELL C. D. (1991): Floristic changes in soil algae and Cyanobacteria in reclaimed metal-contaminated land at Sudbury, Canada, *Water, Air and Soil Pollution*, 60: 381-393

OLECH M. A., MASSALSKI A. (2001): Plant colonization and community development on the Sphinx glacier forefield, *FOLIA*, Brno, 25: 111-119

STARMACH K. (1966): Cyanophyta - sinice, Glaucophyta - glaukofity, *Flora sławkowodna polsky*, Panstwowe wydawnictwo naukowe, Warszawa, 807 pp



RAKUSA-SUSZCZEWSKIEGO S. (1992): Zatoka Admiralicji, ekosystem strefy przybrzeżnej morskiej Antarktyki, Instytut ekologii PAN dziekanów Leśny, 287 pp

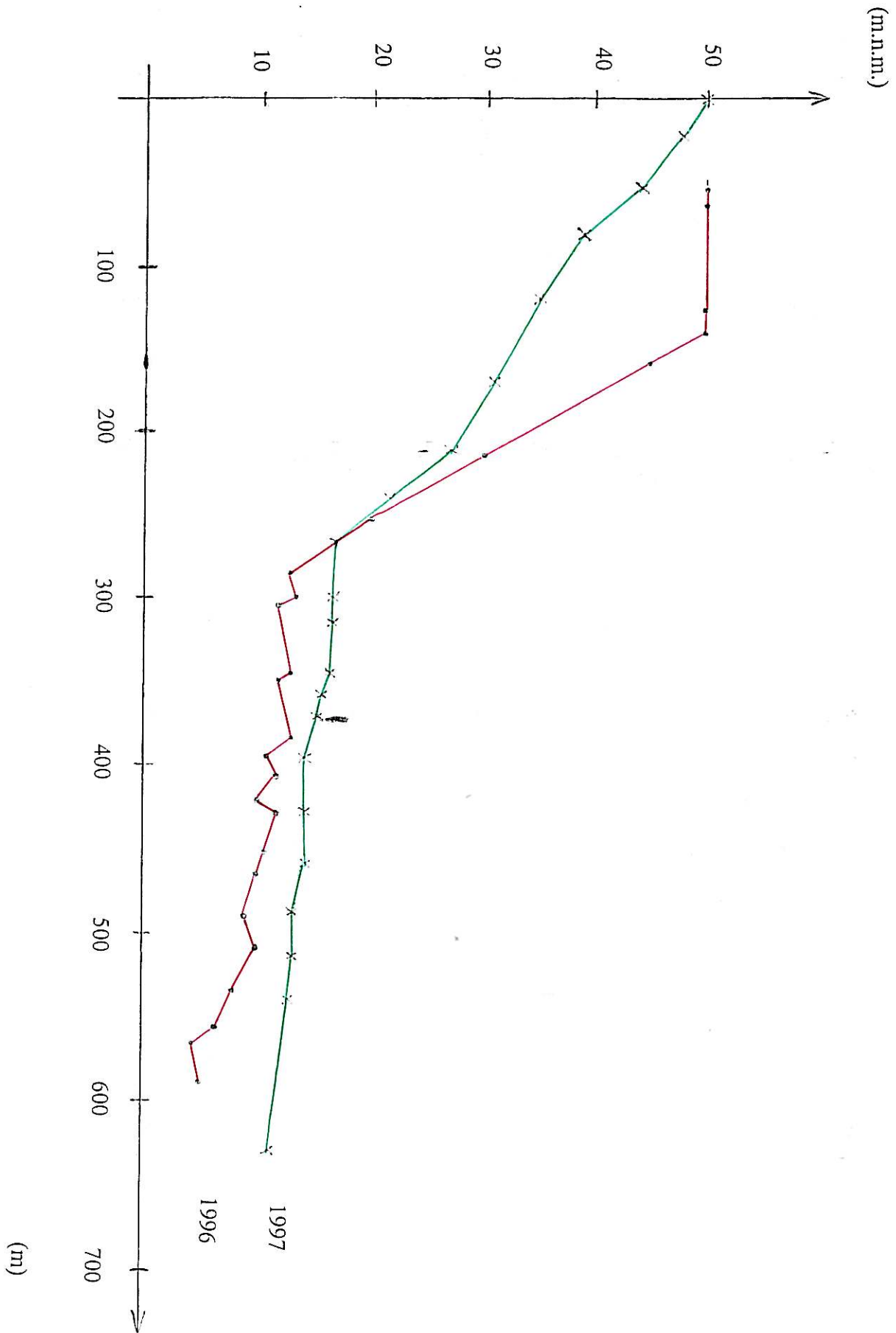
WYNN-WILLIAMS D. D. (1990): Ecological aspects of Antarctic microbiology, *Advances in microbial ecology*, 11: 71-146

WYNN-WILLIAMS D. D. (1992): Epifluorescence image analysis of the three-dimensional structure of phototrophic microbial biofilms at Antarctic soil surfaces, *Binary*, 4: 53-57

WYNN-WILLIAMS D. D. (1996): Antarctic microbial diversity: The basis of polar ecosystem processes, *Biodiversity and Conservation*, 5: 1271-1293

WYNN-WILLIAMS D. D. (1996): Response of pioneer soil microalgal colonists to environmental change in Antarctica, *Microb. Ecol.*, 31: 177-188

Obr. 1 Profil transektu s označením jednotlivých odběrových míst



1. vyvýšenina, bez porostu
2. deprese, bez porostu
3. bez porostu
4. bez porostu
5. bez porostu
6. bez porostu
7. vyvýšenina, bez porostu
8. deprese, podmáčená, *Deschampsia*
9. vyvýšenina, bez porostu
10. deprese, *Bryum*, *Deschampsia*, *Colobanthus*
11. vyvýšenina, *Colobanthus*, *Bryum*, *Pohlia*
12. deprese, *Colobanthus*, *Bryum*, *Pohlia*, mechy
13. vyvýšenina, bez porostu
14. deprese, podmáčená, bez porostu
15. vyvýšenina, bez porostu
16. deprese, bez porostu
17. vyvýšenina, bez porostu
18. plošina, ojediněle mechy, *Deschampsia*, *Colobanthus*
19. deprese, hojně mechy, *Deschampsia*, *Colobanthus*
20. deprese, bez porostu
21. vyvýšenina, bez porostu
22. mírný svah, bez porostu
23. vyschlé koryto potoka, podmáčené, mechy
24. mírný svah, četné mechy
25. pobřežní plošina, podmáčené, bez porostu

Tab. 1a Charakteristika jednotlivých odběrových míst v roce 1996

1. vyvýšenina, bez porostu
2. podmáčená, bez porostu
3. vyvýšenina, podmáčená, bez porostu
4. podmáčená, bez porostu
5. suchá, bez porostu
6. vlhká, bez porostu
7. podmáčená, bez porostu
8. suchá, bez porostu
9. deprese, suchá, bez porostu
10. *Deschampsia*, *Colobanthus*, černé mechy
11. černé mechy
12. *Colobanthus*
13. *Colobanthus*, *Deschampsia*, mech
14. *Colobanthus*
15. *Deschampsia*, *Colobanthus*
16. *Colobanthus*, černý mech
17. *Colobanthus*, *Deschampsia*, mech
18. *Colobanthus*
19. mech
20. *Colobanthus*, *Deschampsia*, mech
21. *Colobanthus*, *Deschampsia*, mech
22. *Deschampsia*, mech
23. *Colobanthus*
24. *Deschampsia*, mech
25. *Colobanthus*, *Deschampsia*.

Tab. 1b Charakteristika jednotlivých odběrových míst v roce 1997

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
<b>Cyanophyceae</b>																											
<i>Calothrix</i> sp.																											
<i>Leptolyngbya</i> sp. 1					1																1					1	
<i>Leptolyngbya</i> sp. 2										1											1					1	
<i>Microcoleus vaginatus</i> (Vaucher) Gomont																						1					
<i>Mostoc</i> sp.																						1				1	
<i>Phormidium autumnale</i> (Agardh) Gomont						1	1	1																		1	
<i>Phormidium</i> sp. 1																										1	
<i>Phormidium</i> sp. 2																										1	
<i>Pseudanabena</i> sp.																										1	
<i>Pseudophormidium</i> sp.								1														1			1	1	
<i>Synechocystis</i> sp.																						1			1	1	
<i>Tolypothrix</i> sp.																						1			1		
<b>Bacillariophyceae</b>																											
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.					1							1									1			1	1	1	
<i>Navicula</i> sp.								1																		1	
<b>Xanthophyceae</b>																											
<i>Botrydopsis</i> sp. 1							1	1																		1	
<i>Botrydopsis</i> sp. 2																						1				1	
<i>Heterococcus</i> sp.																										1	
<i>Xanthonema cf. debile</i> (Visch.) Silva		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<b>Chlamydomphyceae</b>																											
<i>Actinochloris cf. terestris</i> (Visch.) Ettl & Gärt.																										1	
<i>Chlamydomonas</i> sp. 1																										1	
<i>Chlamydomonas</i> sp. 2																										1	
<i>Chlamydomonas</i> sp. 3																										1	
<i>Chlorococcum</i> sp.																						1				1	
<i>Tetracystis</i> sp.																							1			1	

Tab. 2 Druhy nalezené v jednotlivých odběrech v roce 1996

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
<b>Chlorophyceae</b>																											
<i>Bracteacoccus cf. minor</i> (Chodat) Petrová	1	1	1	1	1	1	1	1				1		1		1										1	
<i>Coccolobus</i> sp.																											1
<i>Coccomyxa</i> sp.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Coleochlamys cucurnis</i> (Reisigl) Ettl & Gärt.								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Diplopsphaera chodatii</i> Bialosuknia em. Visch.																											1
<i>Ettia alveolaris</i> (Bold) Ettl & Gärt.			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Fernandirella cf. alpina</i> Chodat								1		1																	1
<i>Chlorella ellipsoidea</i> Gem.																											1
<i>Chlorella fusca</i> Sthl. a Krauss										1																	1
<i>Chlorella minutissima</i> Fott & Nováková										1																	1
<i>Chlorella mirabilis</i> Andr.								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Chlorella vulgaris</i> Beij.												1															1
<i>Chlorosarcinopsis</i> sp.												1															1
<i>Lobococcus irregularis</i> var. <i>antarctic</i> : Massalski,							1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Neochloris cf. terrestris</i> Hemdon														1													1
<i>Pseudococcomyxa simplex</i> (Main.) Fott										1																	1
<i>Schizochlamydeella minutissima</i> Broady												1										1					1
<i>Spongiochloris</i> sp.																						1					1
<b>Charophyceae</b>																											
<i>Klebsormidium nitens</i> (Menegh. in Kütz.) Lokh.																					1	1	1	1	1	1	1
<i>Raphidoneima cf. sempervirens</i> Chodat																											1
<i>Slichococcus bacillaris</i> Nag.			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Slichococcus cf. minor</i> Nag.					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tab. 2 Pokračování

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
<b>Cyanophyceae</b>																											
<i>Calothrix</i> sp.															1	1											
<i>Cyanosarcina</i> sp.										1	1					1											
<i>Hassalia</i> sp.															1											1	
<i>Leptolyngbya</i> sp. 1																1	1	1									
<i>Leptolyngbya</i> sp. 2									1	1			1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<i>Microcoleus vaginatus</i> (Vaucher) Gomont																											
<i>Nostoc</i> sp. 1																1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<i>Nostoc</i> sp. 2																											
<i>Phormidium autumnale</i> (Agardh) Gomont																											
<i>Phormidium</i> sp. 1																											
<i>Phormidium</i> sp. 2																											
<i>Phormidium</i> sp. 3																											
<i>Pseudophormidium</i> sp.																1										1	
<i>Tolypothrix</i> sp.																										1	
<b>Bacillariophyceae</b>																											
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.							1								1												
<i>Navicula atomus</i> (Kitz) Grun.															1												
<i>Navicula mutica</i> Kütz.											1	1															
<i>Navicula</i> sp.								1																			
<i>Pinularia borealis</i> Ehr.															1												
<b>Xanthophyceae</b>																											
<i>Botrydopsis</i> sp.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<i>Burttilleropsis cf. terricola</i> Matvienko			1																							1	
<i>Heterocoocus</i> sp.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<i>Xanthonema debile</i> (Visch.) Sil.		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<i>Xanthonema</i> sp. 1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<i>Xanthonema</i> sp. 2			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Tab. 3 Druhy nalezené v jednotlivých odběrech v roce 1997

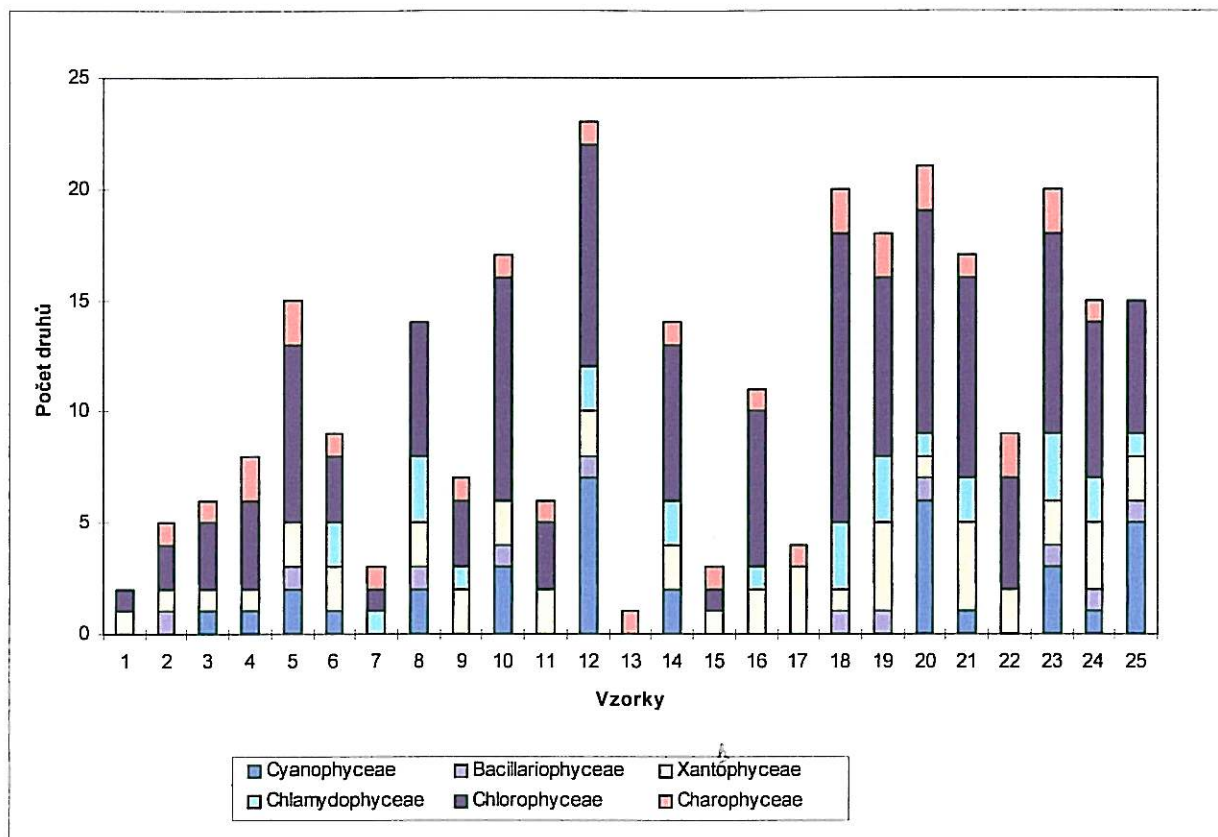
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<b>Chlamydoephyceae</b>																									
<i>Actinochlois cf. teresfris</i>		1													1				1						
<i>Chlamydomonas</i> sp. 1								1											1						
<i>Chlamydomonas</i> sp. 2																			1						
<i>Chlamydomonas</i> sp. 3															1										
<i>Chlorococcum</i> sp.	1	1	1	1															1	1	1	1	1		
<i>Macrochlois multinucleata</i> (Reis.) Ettl & Gärt.	1		1		1														1						
<i>Tetracystis</i> sp.																									
<b>Chlorophyceae</b>																									
<i>Bracteacoccus cf. minor</i> (Chodat) Petrová	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Coccolobus</i> sp.																									
<i>Coccomyxa</i> sp.	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Coenochlois</i> sp.																									
<i>Coleochlamys cucumis</i> (Reisigl) Ettl & Gärt.	1	1																							
<i>Diclyosphaerium chlorelloides</i> (Nau.) Kom. & Per.																									
<i>Diplospiraera chodatii</i> Balosuknia em. Visch.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Elliptochlois reisiigii</i> (Reisigl) S. Watanabe	1	1	1																						
<i>Ettlia awoelans</i> (Bold) Ettl & Gärt.	1	1	1	1																					
<i>Fernandirella cf. alpina</i> Chodat	1	1	1	1																					
<i>Chlorella ellipsoidea</i> Geim.	1	1																							
<i>Chlorella fusca</i> Shih. a Kr.	1		1	1			1																		
<i>Chlorella minutissima</i> Fott & Nov.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Chlorella mirabilis</i> Andr.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Chlorella vulgaris</i> Beij.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Chlorosarcinopsis</i> sp. 1																									
<i>Chlorosarcinopsis</i> sp. 2			1																						
<i>Leptosira</i> sp.																									
<i>Lobococcus irregularis</i> var. <i>atlantic</i> . Massalski, Miro	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Lobosphaera</i> sp.																									
<i>Mymecia bisecta</i> Reisigl	1																								

Tab. 3 Pokračování

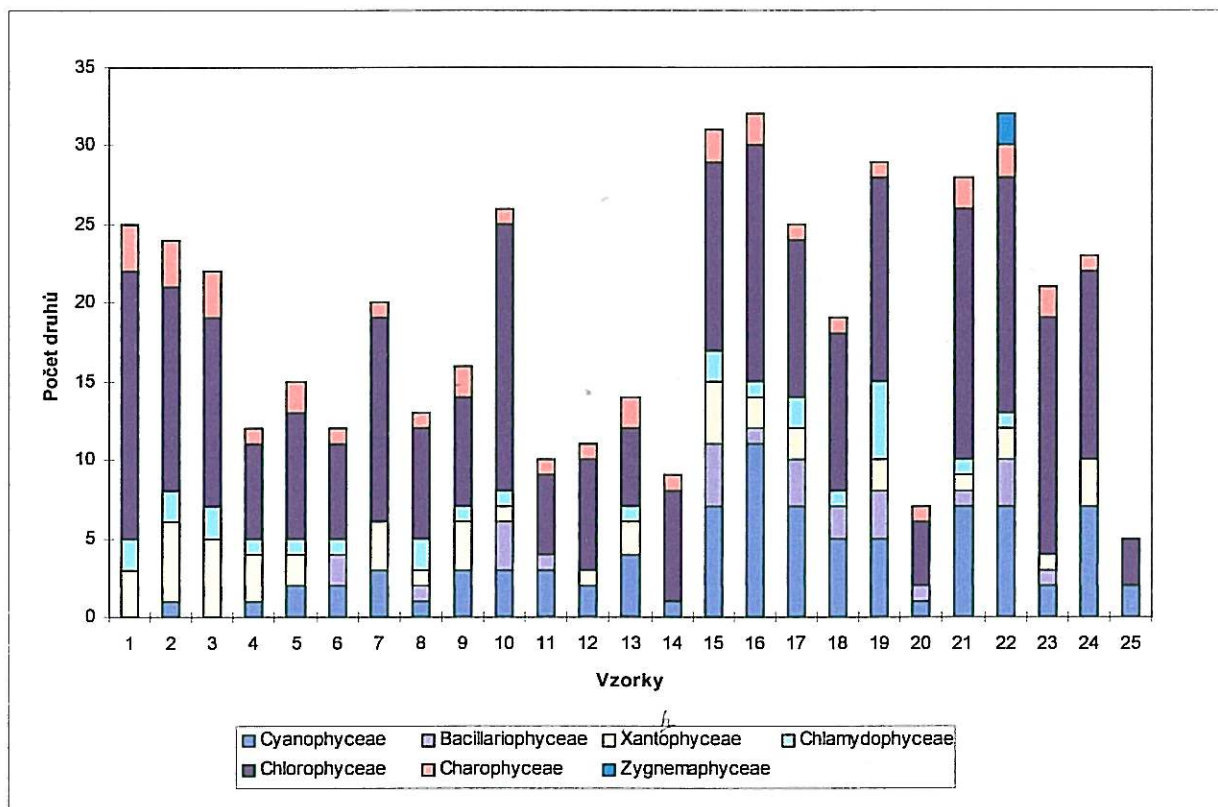


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
<b>Chlorophyceae - pokračování</b>																										
<i>Mycetia macronucleata</i> (Deas.) Andr.																										
<i>Pleurostium</i> sp.																										
<i>Pseudococconeum</i> sp.																										
<i>Pseudococconeum simplex</i> (Main.) Fott																										
<i>Scotiopsis</i> sp.																										
<i>Schizochlamydes minutissima</i> Broady																										
<i>Spongiochloris cf. irregularis</i> Kostikov																										
<i>Spongiochloris</i> sp.																										
<i>Trachiscia</i> sp.																										
<b>Charophyceae</b>																										
<i>Klebsormidium cf. flaccidum</i> (Kütz.) Sil., Mat & Black																										
<i>Klebsormidium</i> sp.																										
<i>Raphidoneura sempervirens</i> Chodat																										
<i>Stichococcus bacillaris</i> Nag.																										
<b>Zygnemaphyceae</b>																										
<i>Actinotaenium</i> sp.																										
<i>Cylindrocapsa brevissonii</i> Menegh.																										

Tab. 3 Pokračování



Obr. 4 Počty druhů řas a sinic v jednotlivých vzorcích v roce 1996



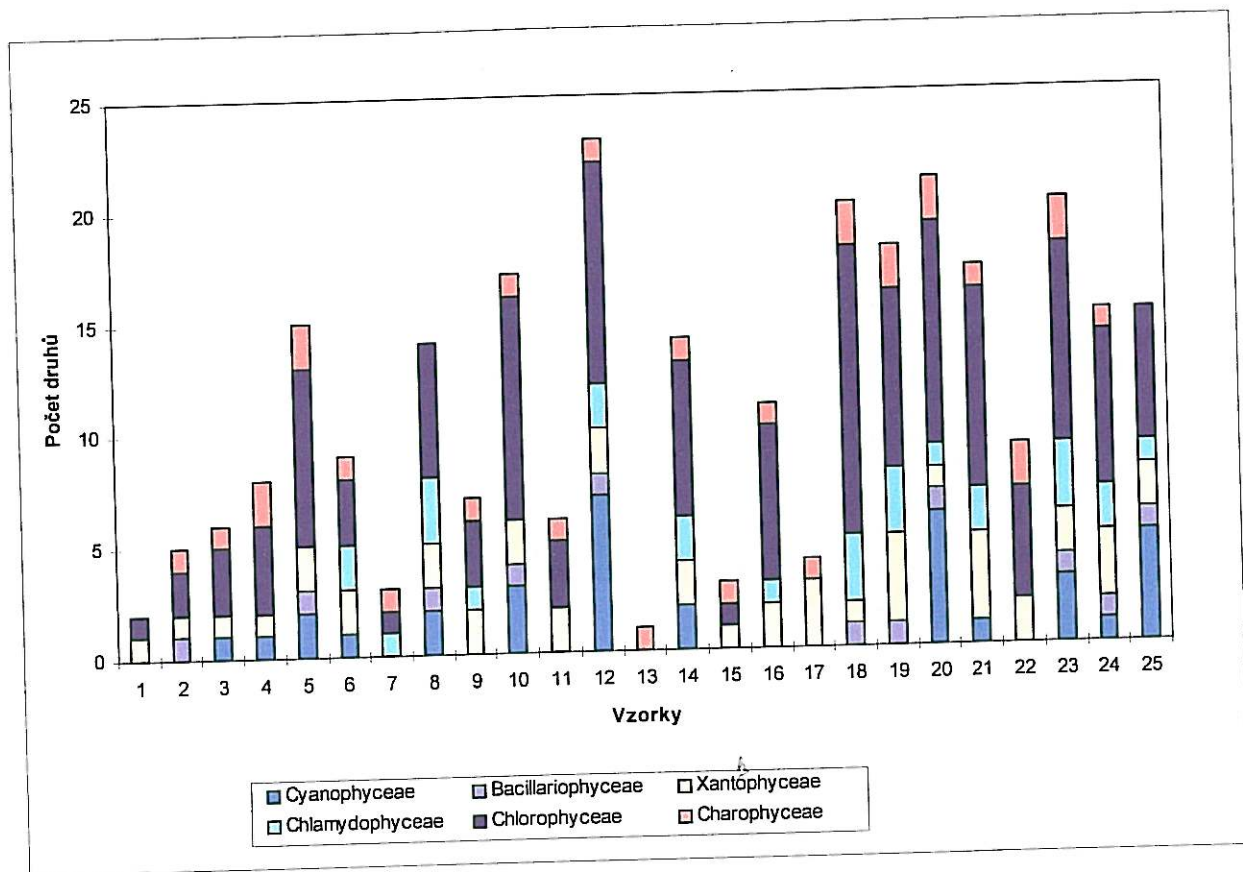
Obr. 5 Počty druhů řas a sinic v jednotlivých vzorcích v roce 1997

<b>Cyanophyceae</b>	
<i>Calothrix</i> sp.	<i>Calo.</i> sp.
<i>Cyanosarcina</i> sp.	<i>Cyan.</i> sp.
<i>Hassalia</i> sp.	<i>Has.</i> sp.
<i>Leptolyngbya</i> sp. 1	<i>Lep.</i> sp. 1
<i>Leptolyngbya</i> sp. 2	<i>Lep.</i> sp. 2
<i>Microcoleus vaginatus</i> (Vaucher) Gomont	<i>Mic.</i> vag.
<i>Nostoc</i> sp. 1	<i>Nos.</i> sp. 1
<i>Nostoc</i> sp. 2	<i>Nos.</i> sp. 2
<i>Phormidium autumnale</i> (Agardh) Gomont	<i>Pho.</i> aut.
<i>Phormidium</i> sp. 1	<i>Pho.</i> sp. 1
<i>Phormidium</i> sp. 2	<i>Pho.</i> sp. 2
<i>Phormidium</i> sp. 3	<i>Pho.</i> sp. 3
<i>Pseudanabena</i> sp.	<i>Pse.</i> sp.
<i>Pseudophormidium</i> sp.	<i>Pseu.</i> sp.
<i>Synechocystis</i> sp.	<i>Syne.</i> sp.
<i>Tolypothrix</i> sp.	<i>Toly.</i> sp.
<b>Bacillariophyceae</b>	
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.	<i>Han.</i> amp.
<i>Navicula atomus</i> (Kütz.) Grun.	<i>Nav.</i> ato.
<i>Navicula mutica</i> Kütz.	<i>Nav.</i> muc.
<i>Navicula</i> sp.	<i>Nav.</i> sp.
<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.	<i>Pin.</i> bor.
<b>Xanthophyceae</b>	
<i>Botrydopsis</i> sp. 1	<i>Bot.</i> sp. 1
<i>Botrydopsis</i> sp. 2	<i>Bot.</i> sp. 2
<i>Bumilleriopsis</i> cf. <i>terricola</i> Matvienko	<i>Bum.</i> ter.
<i>Heterococcus</i> sp.	<i>Hetc.</i> sp.
<i>Pleurochloris</i> sp.	<i>Pleu.</i> sp.
<i>Xanthonema debile</i> (Visch.) Sil.	<i>Xan.</i> deb.
<i>Xanthonema</i> sp. 1	<i>Xan.</i> sp. 1
<i>Xanthonema</i> sp. 2	<i>Xan.</i> sp. 2
<b>Chlamydomonadales</b>	
<i>Actinochloris</i> cf. <i>terrestris</i> (Visch.) Ettl & Gärt.	<i>Acti.</i> sp.
<i>Chlamydomonas</i> sp. 1	<i>Chla.</i> sp. 1
<i>Chlamydomonas</i> sp. 2	<i>Chla.</i> sp. 2
<i>Chlamydomonas</i> sp. 3	<i>Chla.</i> sp. 3
<i>Chlorococcum</i> sp.	<i>Chlor.</i> sp.
<i>Macrochloris multinucleata</i> (Reis.) Ettl & Gärt.	<i>Mac.</i> mul.
<i>Tetracystis</i> sp.	<i>Tetr.</i> sp.

Tab. 4 Seznam zkratek použitých v programu CANOCO

<b>Chlorophyceae - pokračování</b>																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
<i>Myrmecia macrorhyncha</i> (Deas.) Andr.																										
<i>Pleurastrium</i> sp.																										
<i>Pseudoclonium</i> sp.							1																			1
<i>Pseudococcomyxa simplex</i> (Main.) Fott		1	1	1			1	1		1			1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Scotiellopsis</i> sp.		1	1							1					1											
<i>Schizochlamydes minutissima</i> Broady		1	1	1						1					1						1	1	1	1	1	1
<i>Spongiochloris cf. irregularis</i> Kostikov										1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Spongiochloris</i> sp.																										
<i>Trochiscia</i> sp.														1	1											
<b>Charophyceae</b>																										
<i>Klebsormidium cf. flaccidum</i> (Kütz.) Sil., Mat & Black.		1	1	1						1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Klebsormidium</i> sp.																										
<i>Raphidonema sempervirens</i> Chodat		1	1	1			1						1													
<i>Silicococcus bacillans</i> Nag.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Zygnemaphyceae</b>																										
<i>Actinoetaerium</i> sp.																										1
<i>Cylindrocapsa brebissonii</i> Menegh.																										1

Tab. 3 Pokračování



Obr. 4 Počty druhů řas a sinic v jednotlivých vzorcích v roce 1996



<b>Cyanophyceae</b>	
<i>Calothrix</i> sp.	<i>Calo.sp.</i>
<i>Cyanosarcina</i> sp.	<i>Cyan.sp.</i>
<i>Hassalia</i> sp.	<i>Has.sp.</i>
<i>Leptolyngbya</i> sp.1	<i>Lep.sp.1</i>
<i>Leptolyngbya</i> sp.2	<i>Lep.sp.2</i>
<i>Microcoleus vaginatus</i> (Vaucher) Gomont	<i>Mc.vag.</i>
<i>Nostoc</i> sp.1	<i>Nbs.sp.1</i>
<i>Nostoc</i> sp.2	<i>Nbs.sp.2</i>
<i>Phormidium autumnale</i> (Agardh) Gomont	<i>Pho.aut.</i>
<i>Phormidium</i> sp.1	<i>Pho.sp.1</i>
<i>Phormidium</i> sp.2	<i>Pho.sp.2</i>
<i>Phormidium</i> sp.3	<i>Pho.sp.3</i>
<i>Pseudanabena</i> sp.	<i>Pse.sp.</i>
<i>Pseudophormidium</i> sp.	<i>Pseu.sp.</i>
<i>Synechocystis</i> sp.	<i>Syne.sp.</i>
<i>Tolypothrix</i> sp.	<i>Toly.sp.</i>
<b>Bacillariophyceae</b>	
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.	<i>Han.amp.</i>
<i>Navicula atomus</i> (Kütz.) Grun.	<i>Nav.ato.</i>
<i>Navicula mutica</i> Kütz.	<i>Nav.muc.</i>
<i>Navicula</i> sp.	<i>Nav.sp.</i>
<i>Finnularia borealis</i> Ehr.	<i>Fin.bor.</i>
<b>Xanthophyceae</b>	
<i>Botrydopsis</i> sp.1	<i>Bot.sp.1</i>
<i>Botrydopsis</i> sp.2	<i>Bot.sp.2</i>
<i>Bumilleriopsis cf. tericola</i> Matvienko	<i>Bum.ter.</i>
<i>Heterococcus</i> sp.	<i>Hetc.sp.</i>
<i>Pleurochloris</i> sp.	<i>Pleu.sp.</i>
<i>Xanthonema debile</i> (Visch.) Sil.	<i>Xan.deb.</i>
<i>Xanthonema</i> sp.1	<i>Xan.sp.1</i>
<i>Xanthonema</i> sp.2	<i>Xan.sp.2</i>
<b>Chlamydomonadales</b>	
<i>Actinochloris cf. terrestris</i> (Visch.) Ettl & Gärt.	<i>Acti.sp.</i>
<i>Chlamydomonas</i> sp.1	<i>Chla.sp.1</i>
<i>Chlamydomonas</i> sp.2	<i>Chla.sp.2</i>
<i>Chlamydomonas</i> sp.3	<i>Chla.sp.3</i>
<i>Chlorococcum</i> sp.	<i>Chlor.sp.</i>
<i>Macrochloris multinucleata</i> (Reis.) Ettl & Gärt.	<i>Mac.mul.</i>
<i>Tetracystis</i> sp.	<i>Tetr.sp.</i>

Tab. 4 Seznam zkratk použitých v programu CANOCO

<b>Chlorophyceae</b>	
<i>Bracteacoccus cf. minor</i> (Chodat) Petrová	<i>Bra.min.</i>
<i>Coccobotrys sp.</i>	<i>Cocc.sp.</i>
<i>Coccomyxa sp.</i>	<i>Cocm.sp.</i>
<i>Coenochloris sp.</i>	<i>Coen.sp.</i>
<i>Coleochlamys cucumis</i> (Reisigl) Ettl & Gärt.	<i>Col.cuc.</i>
<i>Dictyosphaerium chlorelloides</i> (Nau.) Kom. & Per.	<i>Dic.chl.</i>
<i>Diplosphaera chodatii</i> Bialosuknia em. Visch.	<i>Dip.cho.</i>
<i>Elliptochloris reisiigii</i> (Reisigl) S. Watanabe	<i>Eli.rei.</i>
<i>Ettlia alveolaris</i> (Bold) Ettl & Gärt.	<i>Ett.alv.</i>
<i>Fernandinella cf. alpina</i> Chodat	<i>Fer.alp.</i>
<i>Chlorella ellipsoidea</i> Gern.	<i>Chl.ell.</i>
<i>Chlorella fusca</i> Shih. a Kr.	<i>Chl.fus.</i>
<i>Chlorella minutissima</i> Fott & Nov.	<i>Chl.min.</i>
<i>Chlorella mirabilis</i> Andr.	<i>Chl.mir.</i>
<i>Chlorella vulgaris</i> Beij.	<i>Chl.vul.</i>
<i>Chlorosarcinopsis sp.1</i>	<i>Ch.sp.1</i>
<i>Chlorosarcinopsis sp.2</i>	<i>Ch.sp.2</i>
<i>Leptosira sp.</i>	<i>Lep.sp.</i>
<i>Lobococcus irregularis var. antartic.</i> Massalski, Morozińska & Olech	<i>Lob.irr.</i>
<i>Lobosphaera sp.</i>	<i>Lobo.sp.</i>
<i>Myrmecia bisecta</i> Reisigl	<i>Myr.bis.</i>
<i>Myrmecia macronucleata</i> (Deas.) Andr.	<i>Myr.mac.</i>
<i>Neochloris cf. terrestris</i> Herndon	<i>Neo.ter.</i>
<i>Pleurastrum sp.</i>	<i>Pleu.sp.</i>
<i>Pseudoclonium sp.</i>	<i>Ps.simp.</i>
<i>Pseudococcomyxa simplex</i> (Main.) Fott	<i>Psed.sp.</i>
<i>Scotiellopsis sp.</i>	<i>Scot.sp.</i>
<i>Schizochlamydella minutissima</i> Broady	<i>Schi.mi.</i>
<i>Spongiochloris cf. irregularis</i> Kostikov	<i>Spo.irr.</i>
<i>Spongiochloris sp.</i>	<i>Spo.sp.</i>
<i>Trochiscia sp.</i>	<i>Tro.sp.</i>
<b>Charophyceae</b>	
<i>Klebsormidium cf. flaccidum</i> (Kütz.) Sil., Mat. & Black.	<i>Kle.fla.</i>
<i>Klebsormidium nitens</i> (Mengh. in Kütz.) Lokh	<i>Kle.nit.</i>
<i>Klebsormidium sp.</i>	<i>Kle.sp.</i>
<i>Raphidonema cf. sempervirens</i> Chodat	<i>Rap.sem.</i>
<i>Stichococcus bacillaris</i> Nag.	<i>Sti.bac.</i>
<i>Stichococcus cf. minor</i> Nag.	<i>Sti.min.</i>
<b>Zygnemaphyceae</b>	
<i>Actinotaenium sp.</i>	<i>Acti.sp.</i>
<i>Cylindrocystis brebissonii</i> Meneg.	<i>Cyl.bre.</i>

Tab. 4 Pokračování

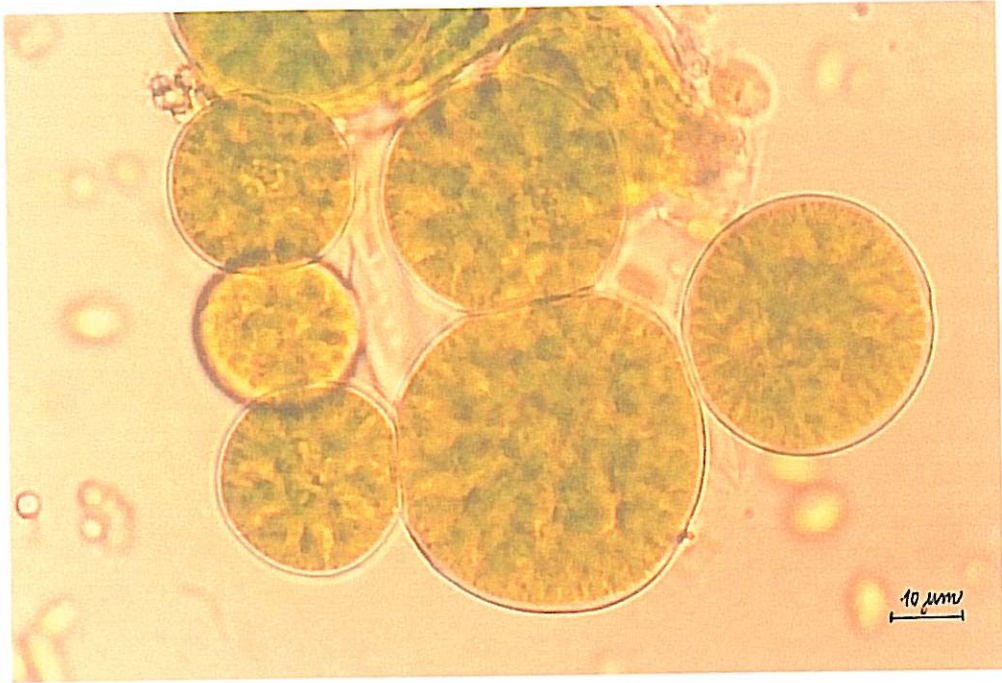


Obr. 11 *Calothrix* sp.

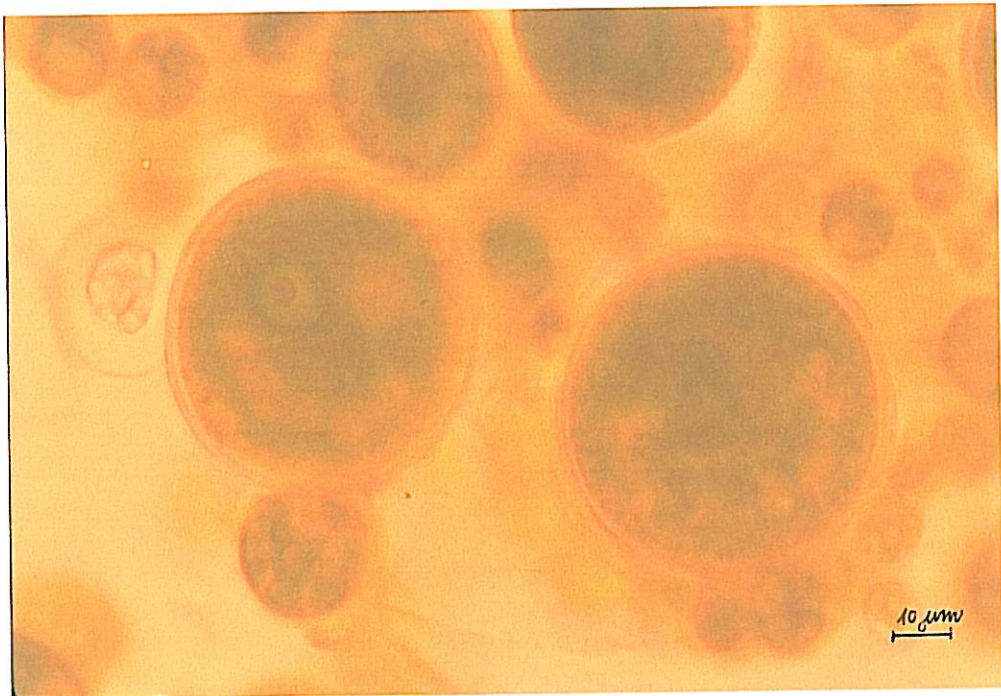


Obr. 12 <sup>w</sup>*Xantonema debile* (Visch.) Sil.

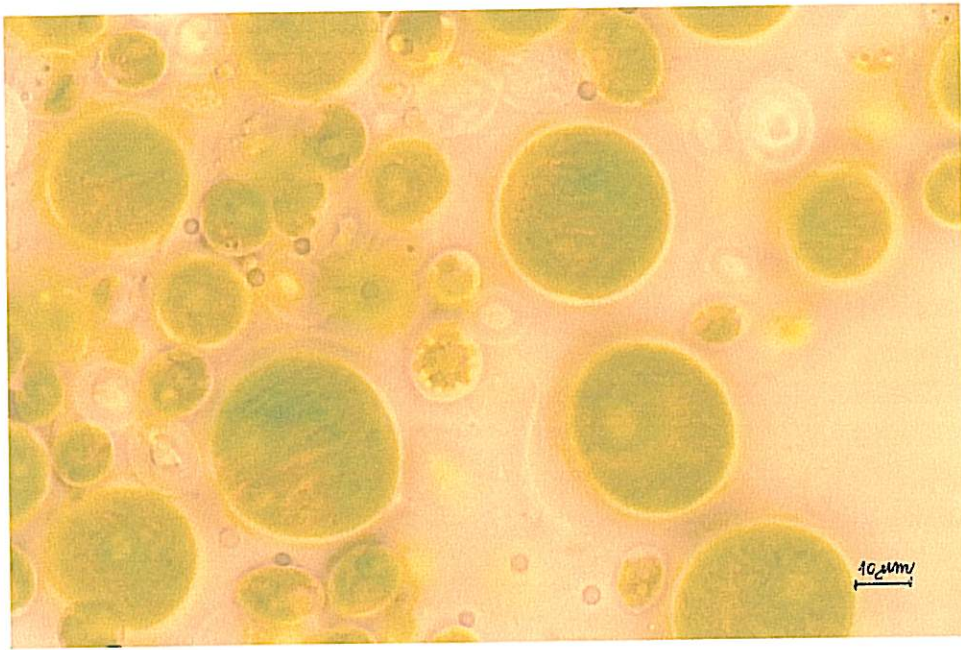




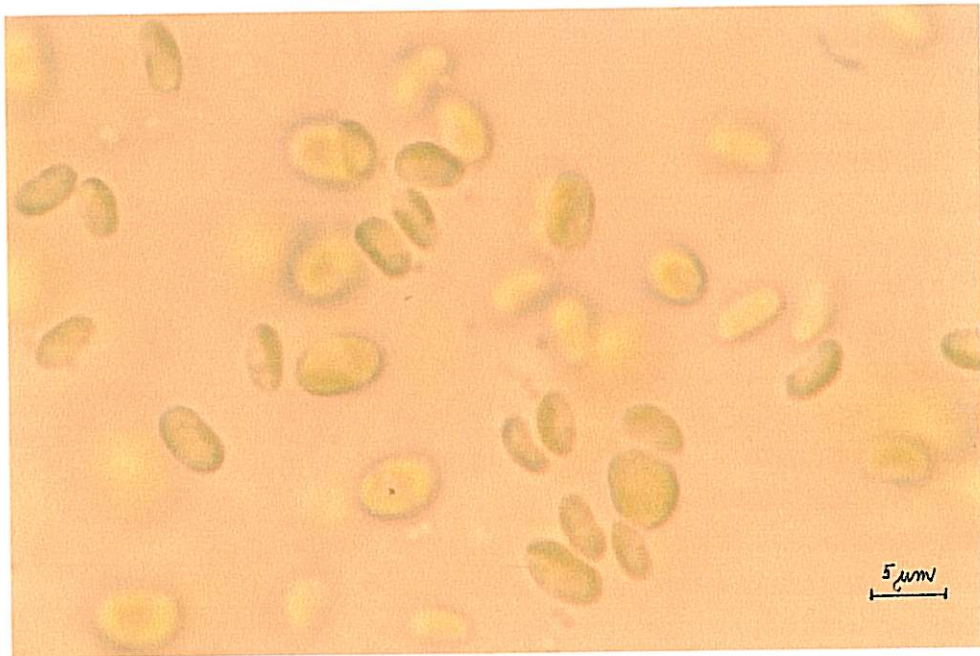
Obr. 13 *Actinochloris* cf. *terrestris* (Visch.) Ettl & Gärt.



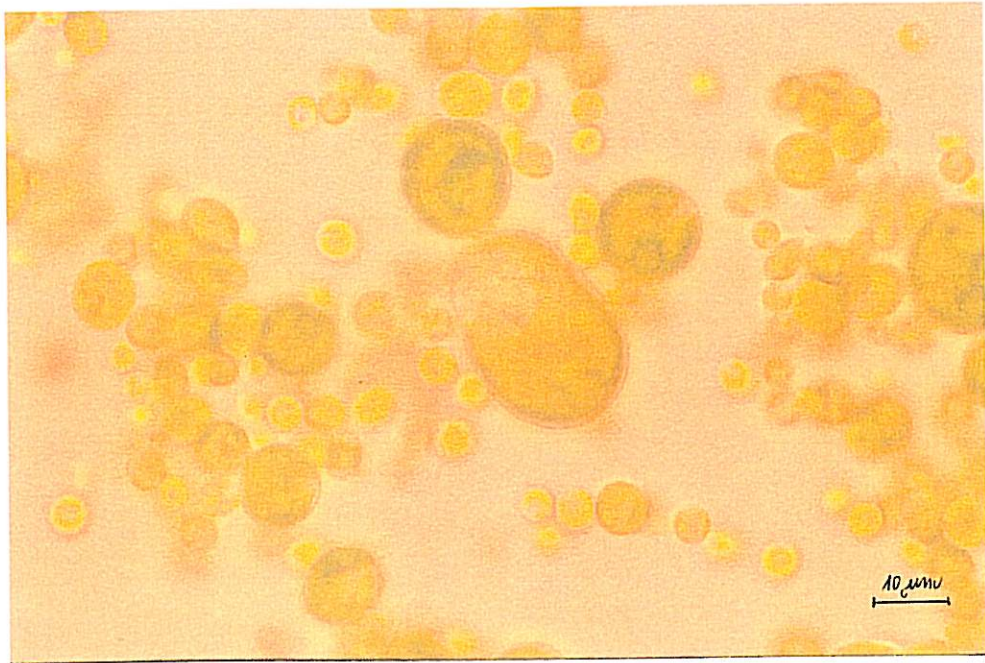
Obr. 14 *Chlorococcum* sp.



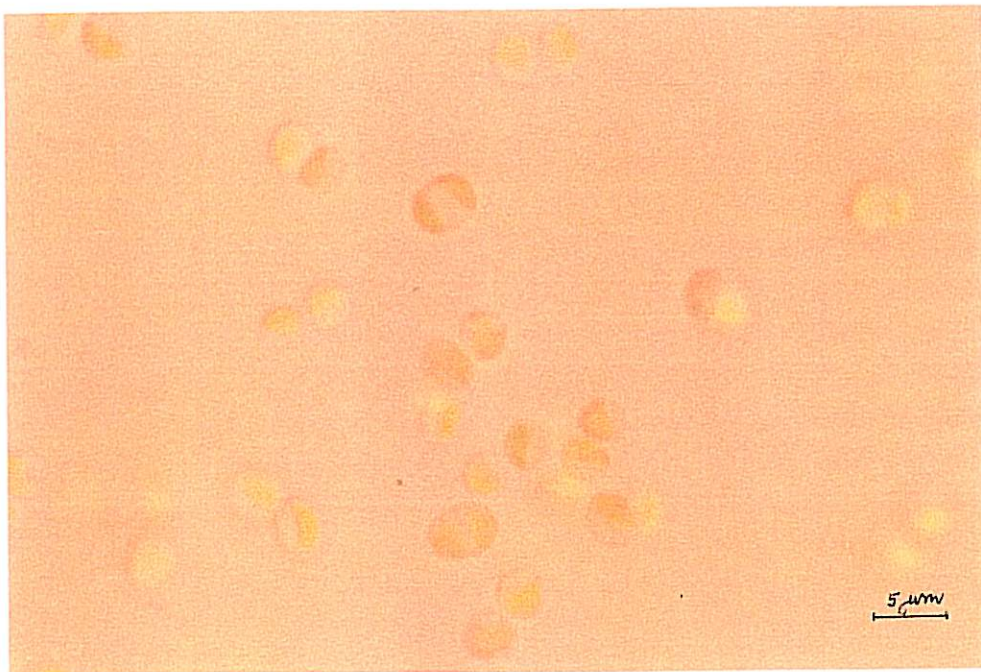
Obr. 15 *Macrochloris multinucleata* (Reis.) Ettl & Gärt.



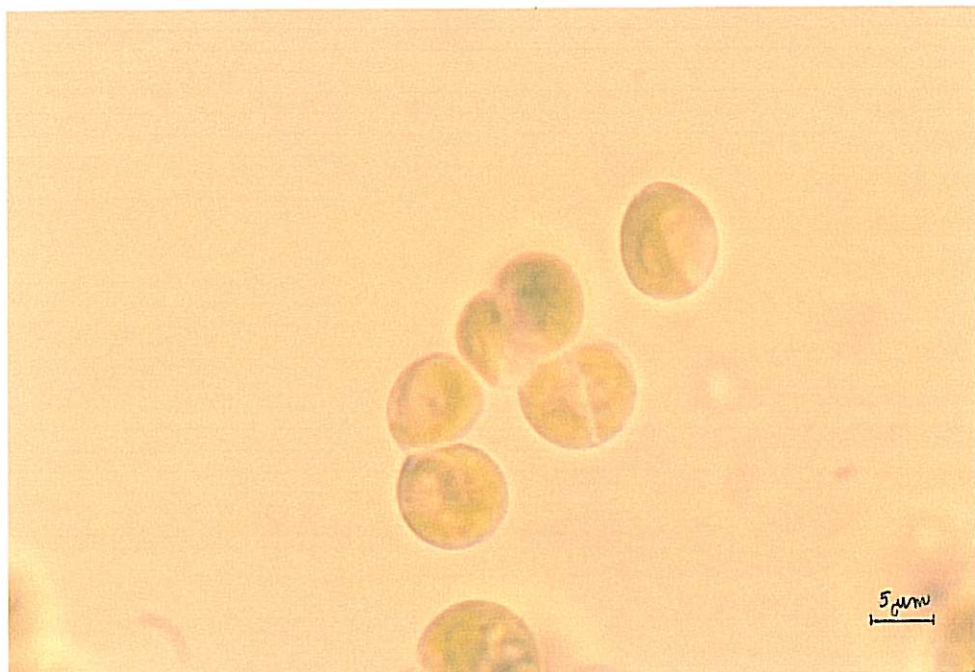
Obr. 16 *Coccomyxa* sp.



Obr. 17 *Coleochlamys cucumis* (Reisigl) Ettl & Gärtner



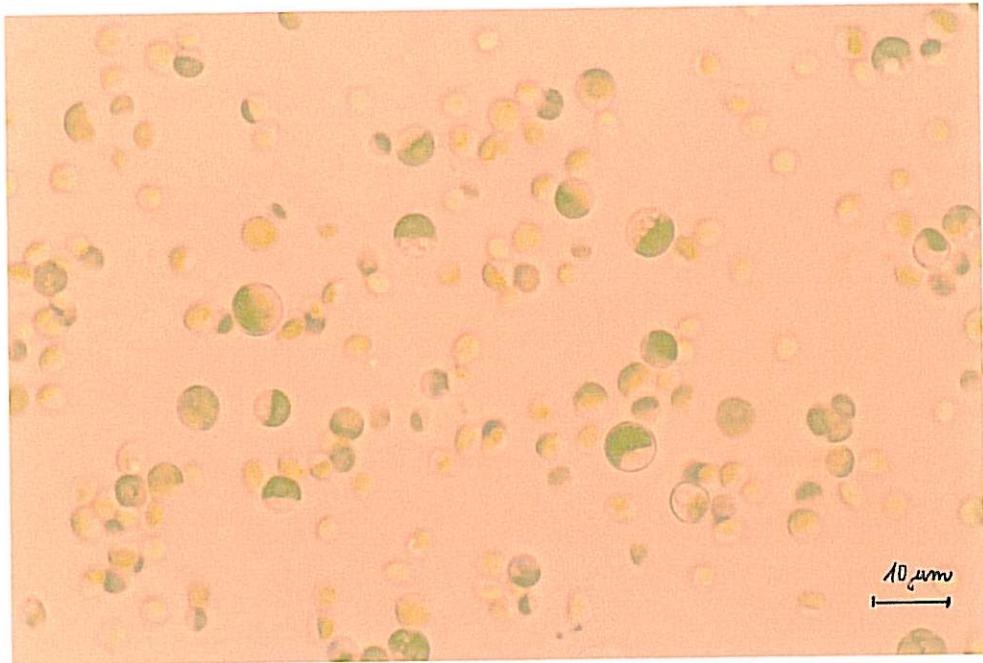
Obr. 18 *Diplosphaera chodatii* Bialosuknia em. Visch.



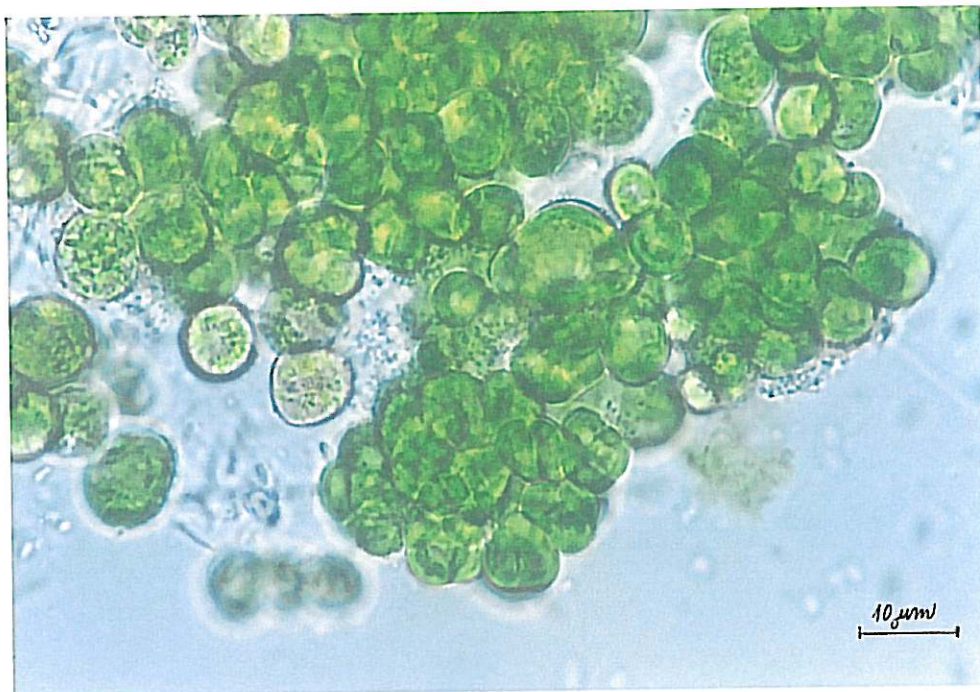
Obr. 19 *Fernandinella cf. alpina* Chodat (iniciální stadium)



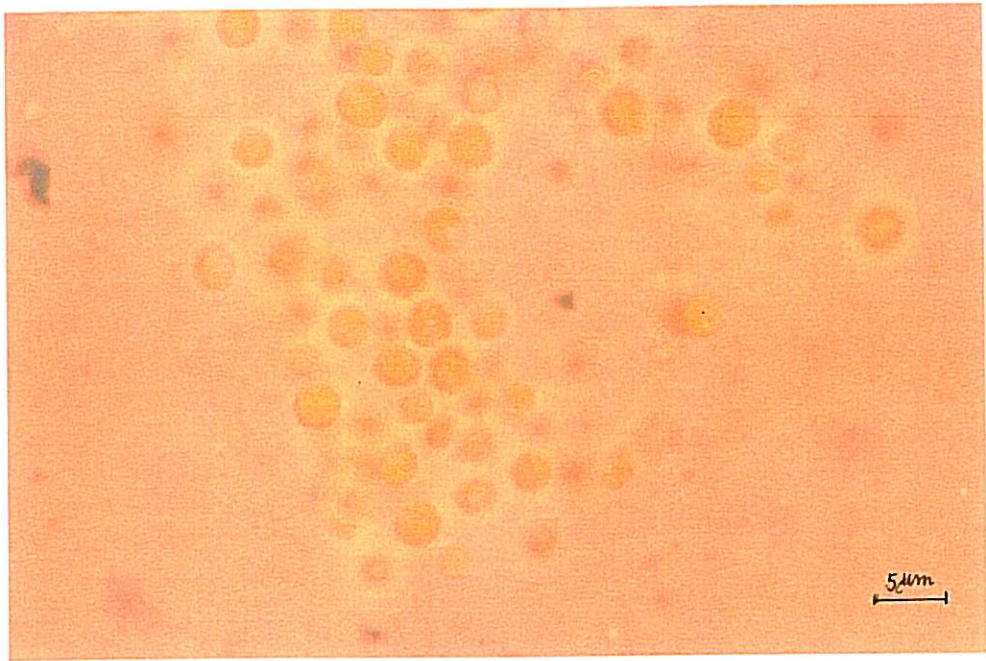
Obr. 20 *Fernandinella cf. alpina* Chodat



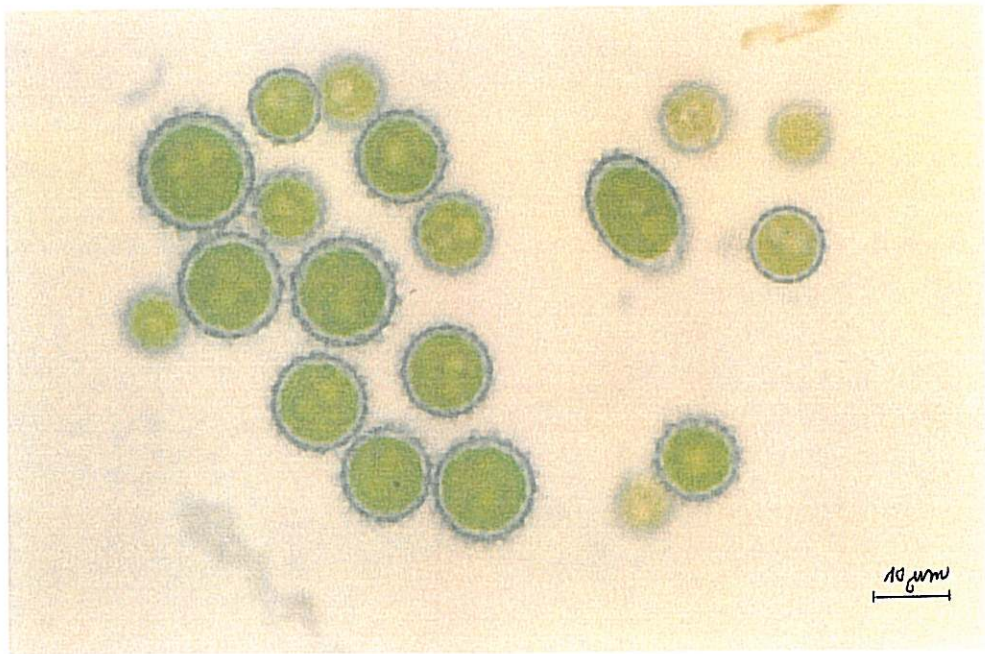
Obr. 21 *Chlorella mirabilis* Andr.



Obr. 22 *Lobococcus irregularis* var. *antarcticus* Massalski, Mrozińska & Olech



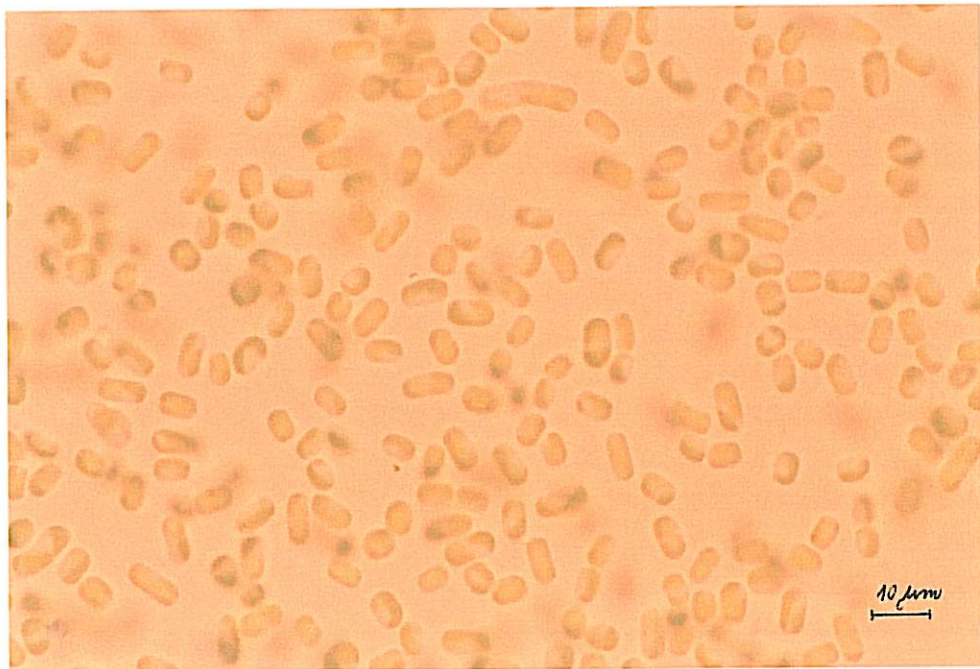
Obr. 23 *Schisochlamydeella minutissima* Broady



Obr. 24 *Trochiscia* sp.



Obr. 25 *Klebsormidium cf. flacidum* (Kützing) Sil., Mat. & Black.



Obr. 26 *Stichococcus bacillaris* Nag.

