

Bakalářská práce Biologické fakulty Jihočeské university



Sukcese půdních řas a sinic na výsypkách po těžbě uhlí v
oblasti Sokolova

Jitka Trochová

1999

Vedoucí práce : Ing. Alena Lukešová, CSc.

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

V Českých Budějovicích 4. ledna 1999 Trochová

Úvod :

Půdní řasy a sinice jsou fotoautotrofní mikroorganismy s celosvětovým rozšířením. První údaje o významu půdních řas se poprvé objevily téměř před sto lety, ale teprve v poslední době je půdním řasám věnována ve světě větší pozornost. V českých zemích se problematikou půdních řas zabývali Rosa (1961, 1962, 1963), Hindák (1970, 1974, 1975) a Desortová (1974) a to především některých lesních společenstev. V současné době jsou u nás sledovány půdní řasy zejména ve vztahu k sukcesním procesům (Lukešová, Komárek, 1987; Lukešová, 1993; Lukešová, Hoffmann, 1996).

V půdě se nacházejí specifické druhy řas, které patří ke čtyřem hlavním taxonomickým skupinám Cyanophyceae, Chlorophyceae s. l., Bacillariophyceae a Xanthophyceae. Nejhojněji jsou pak zastoupené Cyanophyceae a Chlorophyceae. Mezi málo se vyskytující skupiny patří Euglenophyceae, Chrysophyceae a Rhodophyceae. Uplatnění jednotlivých skupin řas závisí jak na typu půdy, tak rostlinného společenstva. Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících výskyt a růst řas je samozřejmě světlo. Množství světla pronikajícího půdou přímo ovlivňuje vertikální rozmístění řas v profilu. Většina řas roste na povrchu půdy nebo přímo pod ním, do hlubších vrstev půdy pronikají řasy pasivně se vsakující se vodou, činností půdních živočichů či kořeny rostlin (Štítna, Holerbach, 1976). Většina půdních řas jsou obligátní fototrofové, ale jsou mezi nimi i fakultativní fotoheterotrofové a chemoheterotrofové a to zvláště ve skupinách Bacillariophyceae a Xanthophyceae (Metting, 1981).

Řasy jsou důležité zejména na pionýrských stanovištích jako primární producenti. Jsou ale též součástí stabilních společenstev v závěrečných sukcesních stádiích. Pro společenstva rostoucí na půdách chudých na dusík je velmi významná schopnost sinic vázat dusík a zpřístupnit ho tak pro ostatní organismy. Řasy osídlují i ty nejextrémější stanoviště (polární oblasti, pouště). Tato schopnost je dána celou řadou adaptací, jako je např. odolnost k silné insolaci (zbarvené slizové pochvy, migrace některých Cyanophyceae v závislosti na insolaci, doplňkové pigmenty v buňkách), k extrémním teplotám a k velkým denním výkyvům teploty. Půdní řasy jsou též velmi odolné k vysychání (některé přečkávají nepříznivé období v klidovém stavu, jiné jsou

schopny žít ze vzdušné vlhkosti), mohou mít rovněž řadu morfologických a fyziologických adaptací k pohlcování a udržení vody (extracelulární sliz - vodostálé agregáty, viskózní protoplazma, změny tloušťky a struktury buněčné stěny), některé jsou též odolné vůči extrémnímu pH (o něm spolurozhodují další faktory, např. obsah živin) či k zasolení (hlavně Cyanophyceae) (Ština, Hollerbach, 1976; Metting, 1981).

Půdní řasy jsou přirozenou půdotvornou a strukturotvornou složkou půdy. Jejich význam též spočívá v protierozivní činnosti (Maxwell, 1991).

Řasy a sinice jsou prvními kolonizátory v sukcesi rostlinných společenstev, kteří osidlují nově vzniklé substráty jak přirozeného původu (Schwabe, Behre, 1972) tak vytvořené činností člověka (Šušujeva, 1977, 1985; Starks, Shubert, 1978, 1979, 1982; Maxwell, 1991). Z literatury vyplývá, že charakter těchto nově vznikajících společenstev i uplatnění jednotlivých skupin řas půdních řas je asi nejvíce ovlivněn klimatem oblasti, vlastnostmi osidlovaného substrátu a přísunem diaspor z okolí. Při osidlování půdní řasy zpětně ovlivňují svou činností texturu a fyzikální a chemické vlastnosti půdy. V oblastech s extrémní teplotou, vlhkostí a insolací mohou řasy zcela dominovat a dokonce mohou tvořit klimaxová společenstva (Metting, 1981).

Podrobnější poznání kolonizace antropomorfě vzniklých substrátů je důležité zejména pro oblasti zasažené těžbou kvůli usměrnění a urychlení rekultivace, která je zatím složitá a časově i finančně náročná činnost s nejistým výsledkem. Tato problematika byla sledována v severní Dakotě, v oblastech postižených povrchovou těžbou uhlí, kde byl studován vliv některých faktorů na úspěšnost kolonizace řasami (Starks a Shubert, 1978, 1979). Další autoři se zabývali sukcesí řas v Kuzbase (Šušujeva, 1977, 1985); Maxwell (1991) zkoumal floristické změny půdních řas na územích zasažených těžbou, spadem z tavíren a požáry v Sudbury v Ontariu, kde na části sledovaných ploch byla prováděna rekultivace. V našich zemích byla zatím publikována jediná práce podobného zaměření (Lukešová, Komárek, 1987) kteří studovali spontánní sukcesi půdních řas na Mostecku. Kolonizace sterilních navážek po těžbě uhlí fototrofními mikroorganizmy poskytuje velmi lákavou možnost studovat podobný proces jako je sukcese na vulkanických územích, v našich podmínkách.

Tato práce je součástí širšího biologického výzkumu na Sokolovsku. Akciová společnost Sokolovská uhelná ve Vřesové těží v Sokolovské pánvi hnědé uhlí podle ekologických norem. Z toho důvodu se zabývá rekultivací území postižených její důlní činností. Kvůli posouzení možných rekultivačních opatření pro usměrnění a urychlení rekultivace výsypek spolupracuje s Výzkumným ústavem rybářským a hydrobiologickým ve Vodňanech a Ústavem půdní biologie Akademie věd České

republiky v Českých Budějovicích. Na vybraných výsypkách probíhá výzkum celé řady půdně biologických parametrů včetně různých skupin půdních organismů. Tato práce se zabývá půdními řasami, které byly sledovány na výsypce Vintířov na plochách různého sukcesního stáří.

Cílem práce bylo porovnat druhové složení a abundanci půdních řas na čtyřech sukcesních plochách Vintířovské výsypky a zjistit dominantní typy či skupiny řas uplatňující se při kolonizaci této výsypky.

Charakteristika území a sledovaných lokalit :

Výsypka Vintířov, na které jsem pozorování prováděla, se nachází nedaleko Sokolova (map.1). Je převážně tvořena cyprisovými jíly. Její rozloha činí něco kolem 20 km² a nalézá se v nadmořské výšce okolo 450 m. Průměrná roční teplota ve sledované oblasti je 7 °C a ve vegetačním období 13 °C a srážková bilance činí 650 milimetrů za rok (Anonymus, 1958).

Sledování jsem prováděla na čtyřech plochách různého sukcesního stáří. Plocha „0“ (obr. 1) označuje iniciální sukcesní stádium ponechané spontánní sukcesi. Jde o doposud aktivní část výsypky, prakticky každým rokem se zde pokračuje s navážením zeminy. Tuto plochu představuje vrcholová část výsypky, je buď zcela bez vegetace nebo v místech, která nejsou po delší dobu zasažena disturbancí, je řídký porost s dominancí *Tusilago farfara*. Ostatní studované plochy se rekultivují. Nachází se na nich výsadby olší různého stáří. Plocha „1“ (obr. 2) je na úbočí výsypky s nezapojeným porostem *Calamagrostis epigeos* a *Alnus glutinosa*. Porost olší je tři až pět let starý. Na ploše „2“ (obr. 3) je částečně zapojený dva až tři metry vysoký porost olší, které jsou devět až deset let staré. Plocha se nachází na úbočí výsypky s hustým bylinným podrostem. Povrch půdy je kryt opadem. „3“ (obr. 4) je plocha se zapojeným porostem olší sedm až devět metrů vysokých. Jejich stáří je kolem osmnácti let. Půda je kryta hustým olšovým opadem.

Plochy „0“ a „1“ ještě nemají vyvinutý humózní horizont. „1“ má pouze komplex půdní organické hmoty s jílovou frakcí. Plochy „2“ a „3“ jsou pokročilejším sukcesním stádiem a už mají vytvořený humózní horizont. Na vrcholu výsypky („0“) se substrát vyznačuje poměrně velkou pórovitostí danou lupínkovým charakterem

zvětrávajících hornin. Na stanovištích „1“ a „2“ se pórovitost zmenšuje, což je způsobeno rozkladem substrátu na drobnější částičky a jeho sleháváním. Nasáklivost na těchto plochách však převyšuje hodnoty pórovitosti, to indikuje bobtnání jílových minerálů při nasycení vodou. Na stanovišti „3“ opět vzrůstá pórovitost akumulací organické hmoty a činností půdních organizmů.

Zajímavé je, jak se mění pH na jednotlivých sukcesních plochách (graf 1). Se zvyšujícím se stářím jednotlivých ploch pH půdy klesá, naopak vlhkost vzrůstá (graf 2).

Metodika :

Na studovaných lokalitách byly vzorky odebírány dvakrát do roka a to na jaře (14.5.1987 a 12.5.1998) a na podzim (16.9.1997 a 13.10.1998). Vzorky byly odebírány sterilně ze svrchní vrstvy půdy do jednoho centimetru hloubky. Na každé ploše bylo odebráno pět vzorků z pěti různých míst. Z těchto pěti vzorků byl připraven směsný vzorek pro každou plochu samostatně, z něj byla po důkladné homogenizaci určována abundance řas, jejich druhové složení a vlhkost půdy. Zvlášť byly odebrány a zpracovány dobře viditelné řasové povlaky a krusty. Ze zhomogenizovaných půdních vzorků byla připravena základní suspenze (10 g půdy do 90ml sterilní vody). Ta se pak ještě zhomogenizovala na ultrazvuku po dobu čtyř minut. Suspenze byla použita pro plotnovou ředící metodu a též pro epifluorescenci.

Abundance řas byla zjišťována epifluorescencí (fluorescenční mikroskop Olympus BX 60) jako přímé počty buněk s přirozenou fluorescencí chlorofylu řas v základní půdní suspenzi (okulár 10× a objektiv 20×), buňky řas byly počítány vždy v 20 μ l základní suspenze pod krycím sklíčkem o rozměru 24×24 milimetrů. Pro každý vzorek byly připraveny tři preparáty, v každém byly řasy spočítány ve čtyřech pruzích o šířce zorného pole a délce krycího sklíčka. Výhodná byla možnost používat speciální filtr 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 focení řas uvedených v příloze. Pro výpočet bandasce byl použit následující vzorec :

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

X- počet řas v 1 μ l

n- počet řas spočítaných na ploše p

s- celková plocha krycího sklíčka

p- počet pruhů \times 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 μ l $\times 10^4$) a nakonec byla přepočtena na jeden gram suché půdy, vydělením hmotností sušiny půdy.

Druhové složení řas bylo určováno následujícími metodami :

1. přímou mikroskopií viditelných řasových nárostů a základní půdní suspenze (mikroskop Amplival, Jenamed)
2. plotnovou zředovací metodou s následnou izolací a kultivací řas, u kterých bylo potřebné sledování jejich životních cyklů pro určení do druhové případně rodové úrovně.

Plotnová zředovací metoda je nezastupitelná pro zjištění druhového spektra, je schopná zachytit i kvantitativně méně zastoupené druhy řas, které jsou schopné růst v laboratorních podmínkách. Ze základní suspenze 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 0,1ml příslušné suspenze na misku). Naočkované misky byly kultivovány při světelném režimu 18 hodin světlo, 6 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, ale je méně vhodná než epifluorescence. Znepřesňuje ji řada faktorů, různé řasy mají různou schopnost růst v laboratorních podmínkách, půda též obsahuje velké množství klidových částic řas (spór atd.), z nichž některé vyrostou lépe na miskách, než v půdě, kde by třeba nevyrostly vůbec nebo by vyrostly v jiné sezóně. Ve vzorcích jsou též vláknité nebo koloniální typy řas, které nelze nedestruktivně oddělit tak, aby každá kolonie narostla z jedné buňky, takto vyrostou třeba i z mnohobuněčných fragmentů. Z těchto důvodů jsem pro zjištění abundance zvolila epifluorescenční metodu.

Vlhkost se měřila gravimetricky. Nejdříve bylo do váženek naváženo přesně okolo pěti gramů půdy, po vysušení v horkovzdušné sušárně po dobu šesti hodin při 105°C byly váženky i s usušenou půdou byly znovu zváženy a ze získaných údajů spočítána relativní vlhkost : $(\text{hmotnost půdy z čerstvého vzorku} - \text{hmotnost suché půdy}) / \text{hmotnost půdy z čerstvého vzorku} \times 100\%$.

K determinaci řas byla použita následující literatura : Ettl, Gärtner, 1996; Starmach, 1966; Komárek 1988.

Výsledky :

Během dvouletého sledování společenstev řas na výsypce Vintířov bylo nalezeno celkem 56 druhů půdních řas a sinic z toho 34 druhů zelených řas (Chlorophyta : Charophyceae, Chlamydoephyceae, Chlorophyceae, Zygnematophyceae), 3 druhy heterokont (Xanthophyceae), 10 druhů rozsivek (Bacillariophyceae) a 8 druhů sinic (Cyanophyceae) (tab.1). Jak je patrné z grafu 3, nejvíce druhů se vyskytovalo na ploše „1“ (48 druhů). Plocha „2“ byla o něco chudší a nejvýraznější pokles druhové rozmanitosti řas byl na ploše „3“. Ale u jednotlivých skupin řas nebyl tento trend tak jednoznačný. Chlorophyta odpovídaly všeobecnému trendu. U Xanthophyceae ale byly na všech lokalitách přítomny všechny nalezené druhy. Bacillariophyceae měly nejmenší zastoupení na ploše „3“, zatím co na plochách „0“ až „2“ mírně počet druhů vzrůstal. U Cyanophyceae byl trend opačný, na lokalitě „0“ bylo nalezeno největší druhové bohatství, které se stoupajícím sukcesním stářím ploch klesalo, přičemž výraznější pokles nastal opět na ploše „3“.

Podobně i kvantitativně nejbohatší společenstva řas se nacházela na ploše „1“ a se vzrůstajícím sukcesním stářím jejich abundance klesala (graf 4, tab. 2 - 5). Zde všeobecnému trendu (největší abundance na ploše „1“) odpovídaly všechny skupiny řas. Zajímavé však bylo, že v podzimním odběru 1998 dokonce Cyanophyceae s abundancí $3104 \times 10^3 \text{ g}^{-1}$ suché půdy převýšily na ploše „1“ Bacillariophyceae s $23 \times 10^3 \text{ g}^{-1}$ suché půdy, i Chlorophyta s Xanthophyceae, $2287 \times 10^3 \text{ g}^{-1}$ suché půdy, zatím co na plochách „2“ a „3“ se kvantitativně Cyanophyceae skoro neuplatnily. Při prvním odběru na jaře 1997 byla abundance Cyanophyceae na ploše „1“ zanedbatelná (podobně Bacillariophyceae), ale již při druhém odběru

měly Cyanophyceae vyšší abundanci $108 \times 10^3 \text{ g}^{-1}$ suché půdy, než Bacillariophyceae $25 \times 10^3 \text{ g}^{-1}$ suché půdy, přičemž Chlorophyta s Xanthophyceae měly abundanci v obou odběrech mírně pod $1000 \times 10^3 \text{ g}^{-1}$ suché půdy. Na této ploše se v každém odběru zvyšovala abundance u všech skupin řas, na ostatních plochách se takto jednoznačný trend neprojevoval. Cyanophyceae také vytvářely na mladších sukcesních plochách viditelné krusty a povlaky (r. *Nostoc*, *Pseudophormidium*, *Leptolyngbya*).

Na ploše „0“ byla pozorována specifická situace kvůli každoročnímu navážení zeminy (většinou v předjaří). V důsledku těchto zásahů docházelo ke kolísání druhové pestrosti i abundance. V jarních odběrech byl počet druhů i kvantita nižší než v podzimních, protože kolonizace musela probíhat stále znovu a znovu (tab. 4). Na ploše „1“ byl pozorován náznak sukcesního trendu, souvislý nárůst druhové pestrosti a významný nárůst abundance. Na ostatních plochách („2“, „3“) docházelo spíše k sezonním změnám.

Na všech lokalitách se vyskytovaly některé kosmopolitně rozšířené druhy : *Phormidium autumnale*, *Leptolyngbya sp.*, *Hantzschia amphioxys* (obr. 10), *Navicula cf. atomus* (obr.11), *Navicula mutica*, *Navicula neoventricosa*, *Botrydiopsis intercedens* (obr. 8), *Xanthonema debile*, *Heterococcus sp.*, *Bracteacoccus minor*, *Elliptochloris subsphaerica*, *Chlorella elipsoidea*, *Chlorella cf. homosphaera*, *Pseudococcomyxa simplex*, *Coccomyxa gloeobotrydiformis* (obr.12), *Chlamydomonas cf. macrostellata*, *Stichococcus bacillaris* (obr. 6) , *Diplosphaera chodatii*, *Klebsormidium flaccidum* (obr. 5), *Klebsormidium cf. nitens*. Na mladších sukcesních stádiích („0“ a „1“) bylo nalezeno šest méně běžných druhů, např. *Nostoc muscorum*, *Navicula cf. nivalis*, *Pinnularia cf. obscura*, *Ettlia cf. pseudoalveolaris*, *Chlorella vulgaris*, *Klebsormidium crenulatum*. Z osmi zaznamenaných druhů Cyanophyceae byly tři fixátoři dusíku s heterocyty (*Nostoc cf. calcicola*, *Nostoc muscorum*, *Tolypothrix sp.*).

Nejfrekventnějším druhem, který byl zaznamenán ve všech odběrech a na všech lokalitách byla heterokonta *Botrydiopsis intercedens*.

Diskuse :

Srovnatelnost zjištěných výsledků s literaturou je omezená. Jednak existuje jen malé množství literatury zabývající se sukcesí na rekultivovaných výsypkách, srovnatelnost výsledků též znesnadňuje obtížná determinace druhů, dále také to že práce byly prováděny na jiných typech půd a v odlišných klimatických podmínkách a nakonec též používání různých kvalitativních a kvantitativních metod různými autory (např. odlišná doba a délka sledování, rozdílné způsoby odběru vzorků do různých hloubek).

Z prezentovaných výsledků vyplývá, že půdní řasy hrály důležitou roli hlavně v mladších sukcesních stádiích („0“, „1“, „2“), kde se vyvíjela bohatá i druhově pestrá společenstva. Starší stádium se vzrostlými olšemi mělo výrazně nižší abundanci i druhovou pestrost, a to zejména sinic a rozsivek, ale snižovala se i druhová pestrost a abundance zelených řas. Tento pokles byl pravděpodobně způsoben zhoršujícími světelnými podmínkami, protože v souvislosti se zvyšujícím se sukcesním stářím ploch se zvyšuje pokryvnost rostlin a narůstá i množství opadu na zemi, a případně i větším počtem konzumentů. Podobný trend bývá uváděn v literatuře, která se věnuje studiu primární i sekundární sukcese půdních řas (Lukešová, 1993; Lukešová, 1997).

Na iniciálních sukcesních stádiích Vintířovské výsypky bylo zachyceno více druhů řas než na odpovídajících plochách Mostecká a Cottbusu (Lukešová, 1997; Lukešová, Komárek, 1987). Zdá se, že na ranných sukcesních stádiích byl nejdůležitějším faktorem pro vznikající společenstva řas charakter a kvalita substrátu. A právě tím by mohla být způsobena rozdílnost Sokolovska a Cottbusu. Zatím co v okolí Sokolova je substrát jílovitý a spíše zásaditý, v Cottbusu se vyskytují kyselé (pH kolem 3) písky. Na Mostecku jsou obdobné podmínky jako na Vintířovské výsypce. Výzkum bohužel nebyl prováděn tak komplexní, aby bylo k dispozici dost srovnatelných faktorů jež by mohly být důvodem rozdílnosti druhové pestrosti daných lokalit. Lukešová a Komárek (1987) při studiu kolonizace těchto výsypek pozorovali také závislost druhového spektra řas a jejich abundance na vlastnostech kolonizovaného substrátu u

iniciálních sukcesních stádií, ale v pozdějších fázích záleželo druhové složení společenstev řas a celkový počet druhů spíše na stáří výsypky.

V Cottbusu byly některé pokusné plochy obohacovány o popílky, kaly či kompost. Na takto upravených substrátech se pak vyvíjela různě bohatá společenstva půdních řas. Maxwell (1991) porovnával zase vývoj společenstev řas na kyselých půdách a na půdách jejichž kyselost byla snížena přidáním vápence. Podle rozdílnosti dat získaných na různě upravených plochách, se dá předpokládat, že takovéto zásahy výrazně ovlivní rychlost a průběh kolonizace substrátu.

Na ploše „0“ probíhala každoročně disturbance, většinou v předjaří. To bylo důvodem kolísání zde zaznamenané druhové pestrosti a abundance, jež byly na jaře (kdy docházelo vlastně ke kolonizaci nově navezeného substrátu) nižší než na podzim.

Celkový počet druhů nalezený na sledovaných plochách byl nejvyšší na ploše „1“. To zřejmě souviselo s lepšími světelnými podmínkami na této ploše než na starších sukcesních stádiích, ale na druhé straně ve srovnání s plochou „0“, částečnou kolonizací substrátu, která bránila jeho rychlému vysychání. Na ploše „2“ byla druhová bohatost o něco nižší, avšak významnější pokles nastal až na ploše „3“. V studii o sukcesi řas na Mostecku se uvádí, že počet druhů s časem vzrůstal až dosáhl maxima (kolem osmnáctého roku) a poté aktuální počet klesal (Lukešová, Komárek, 1987). Na Sokolovsku však řasová pestrost dosáhla maxima už na plochách tři až pět let starých. Důvodem by mohla být výsadba olší a tou urychlený vývoj společenstev vyšších rostlin, která rychle změní podmínky na vyvíjejících se plochách. Výrazný pokles druhové pestrosti i abundance sinic na ploše „3“ mohl být způsoben poklesem pH půdy (graf 1). Celkově na této ploše dominovaly zelené řasy. Souvislost dominance zelených řas a naopak absence sinic s nižším pH potvrzuje i literatura (Lukešová, 1997; Starks, Shubert, 1982). Dle Maxwella (1991) nejsou sinice schopné růst v půdě s pH 4,3 a nižším.

Plocha „1“ byla i kvantitativně nejbohatší lokalitou. Zvláště výrazný byl nárůst sinic, kterých bylo dokonce při posledním odběru (13.10.1998) výrazně více než ostatních řas. Jedním z důvodů velkého rozvoje sinic bylo pravděpodobně příznivé pH a již ne zcela surový substrát s řídkým porostem vyšších rostlin (ještě dobré světelné podmínky a zároveň udržení vlhkosti). Na všech ostatních plochách i ostatních odběrech na ploše „1“ dominovaly kvantitou i druhovou pestrostí zelené řasy. Převaha zelených řas je běžná na většině kyselých až neutrálních půd (Maxwell, 1991;

Lukešová, Komárek, 1987; Lukešová, 1993; Lukešová, 1997). Zelené řasy se obtížně určují do druhů kvůli své morfologické podobnosti. U literatury se proto stává, že jejich druhová bohatost bývá podhodnocena.

Někteří autoři uvádějí (Hollerbach, Ština, 1969), že při sukcesi půdních řas dochází nejprve ke kolonizaci jednobuněčnými zelenými řasami a heterokontami, pak sinicemi (fixátoři dusíku), poté do společenstva přibudou vláknité typy řas a nakonec rozsivky. Jiní autoři však pozorovali jako první kolonizátory zelené jednobuněčné, ale i vláknité typy řas a rozsivky (Lukešová, Komárek, 1987; Lukešová, 1997). Podle výsledků této práce patřily mezi první kolonizátory *Phormidium autumnale*, *Leptolyngbya sp.*, *Navicula cf. atomus*, *Navicula mutica*, *Botrydiopsis intercedens*, *Heterococcus sp.*, *Bracteacoccus minor*, *Pseudococcomyxa simplex* a *Stichococcus bacillaris*. Ukazuje se tedy, že neexistuje jednotné schéma kolonizace nového substrátu, a záleží především na jeho vlastnostech, případně na zdroji diaspor.

Závěr :

Na Vintířovské výsypce se vyvíjí druhově bohatá společenstva řas a sinic. To je způsobeno hlavně příznivými vlastnostmi substrátu (mírně zásadité pH, lepší udržení vody než na píscích), proto je také nově vzniklý substrát relativně rychle kolonizován.

Co do druhové bohatosti a kvantity celkově převažují zelené řasy, ale přesto se hodně uplatňují i sinice a rozsivky. Přítomnost sinic je zvláště důležitá pro jejich schopnost vázat dusík, čímž usnadňují vývoj společenstev vyšších rostlin a urychlují kolonizaci substrátu.

K poklesu druhové pestrosti a abundance řas dochází se zvyšujícím se stářím sukcesních ploch, tedy se zvyšující se pokryvností vyšších rostlin a se snižujícím se pH. Sinice na pokles pH reagují velice citlivě a proto se na starších sukcesních plochách téměř nevyskytují.

Tato práce potvrzuje důležitost půdních řas při kolonizaci hlušiny a rekultivaci v těžebních oblastech. Jejich výzkum a poznání faktorů, které příznivě ovlivňují vývoj řasových společenstev mohou přispět k rychlejšímu ozdravení krajiny zasažené průmyslovou výrobou a těžbou.

Literatura :

Anonymus (1958) : Atlas podnebí ČSR, Hydrometeorologický ústav,
Kartografický a reprodukční ústav, Ústřední správa geodesie a kartografie, Praha

Bischoff, H., W., Bold, H. C. (1963): Phycological Studies. VI. Some soil algae
from enchanted rock and related algae species. Univ. Texas Publ. NO.6318, 1- 95.

Desortová, B. (1974) : Some interesting algae from soil. - Arch. Hydrobiol. /
Suppl. 46, Algological Studies 10 : 105 - 119

Ettl, H., Gärtner, G. (1995) : Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen,
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York, 725 pp

Hindák, F. (1970) : The microphytoedaphon of the oak - hornbeam forest at
Báb, Res. Project Báb, Progr. Bratislava : 59 - 63

Hindák, F. (1974) : Phototrophic edaphon in a floodplain forest near Lednice
in Moravia, Ecosystem study of floodplain forest in South Moravia, Brno : 97 - 107

Hindák, F. (1975) : The phototrophic edaphon of the oak - hornbeam forest
at Báb, Res. Project Báb, Progr. Bratislava : 177 - 183

Hollerbach, M., M., Ština, E., A. (1969) : Počvényje vodorosli, Leningrad,
Nauka, 228 s

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

Lukešová, A. (1993) : Soil algae in four secondary successional stages on
abandoned fields, Algological Studies 71 : 81 - 102

Lukešová, A. (1997) : Půdní řasy. in Půdní organismy v oblastech poškozených těžbou uhlí, (J. Frouz, V. Pižl, K. Tajovský eds.). Závěrečná zpráva za rok 1997, Ústav půdní biologie AV ČR České Budějovice, 10 - 13

Lukešová, A., Hoffmann, L. (1996) : Soil algae from acid rain impacted forest areas of the Krušné hory Mts. 1. Algal communities, *Vegetatio* 125 :123 - 136

Lukešová, A., Komárek, J. (1987) : Succession of soil algae on dumps from strip coal - mining in the Most region, *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* 22 : 355 - 366

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

Metting, B. (1981) : The systematics and ecology of soil algae, *Bot. rev.* 47 : 195 - 312

Rosa, K. (1961) : Mikroedafon lužního lesa u Velkého Oseka, *Práce výzk. ústavů lesnických ČSSR*, 23 : 7 - 31

Rosa, K. (1962) : Mikroedafon im degradierten Kieferbestand und in Topfen auf tertiärem Sand in Nová Ves bei České Budějovice, *Acta. Univ. Carolinae Biologica*, suppl. : 7 - 30

Rosa, K. (1963) : Mikroedafon lesných pod Javoriny, *Sb. prác o Tatranskom nár. parku*, 6 : 75 - 103

Shubert, L., E., Starks, T., L. (1979) : Algal succession on orphaned coal mine spoils. In *ecology and Coal Resource Development*, M. K. Wali, (Ed.), Pergamon Press, New York, 661 - 669

Schwabe, G., H., Behre, K. (1972) : Algae on Surtsey in 1969 -1970, *Surtsey Research Progress Rep.*, 6 : 85 - 89

Starks, T., L., Shubert, L., E. (1978) : Algal colonization on a reclaimed surface - mined area in Western North Dakota, Ecology and Coal Resource Development, M. K. Wali (Ed.), Pergamon, Press, New York, 2 : 652 - 660

Starks, T., L., Shubert, L., E. (1982) : Colonization and succession of algae and soil - algal interactions associated with disturbed areas, J. Phycol. 18 : 99 - 107

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

Ština, E., A., Hollerbach, M., M. (1976) : Ekologija počvennych vodoroslej. Moskva, Nauka, 144 s

Šušujeva, M., G. (1977) : Vodorosli na otvalech ugolnych razrabortok v Kuzbase i ich rol v počvoobrazovanii. In : Razvitie i značeniye vodoroslej v počvach Nečernozemnoj zony. Mat.-mežvuz. konf., Kirov, 24 - 27. maja, Perm, 52 -53

Šušujeva, M., G. (1985) : Struktura i sukcesii algocenozov rekultivacionnyh ekosistem južnogo Kuzbasa. In : Technogennyje ekosistemy, organizacija i funkcionirovanije. Novosibirsk, Nauka, 85 - 93

Příloha

Lokalita	0				1				2				3			
Doba odběru	J 97	P 97	J 98	P 98	J 97	P 97	J 98	P 98	J 97	P 97	J 98	P 98	J 97	P 97	J 98	P 98
Cyanophyceae																
<i>Leptolyngbya sp.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+
<i>Microcoleus vaginatus</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nostoc cf. calcicola</i>	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-
<i>Nostoc muscorum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Phormidium autumnale</i>	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	-
<i>Phormidium sp.</i>	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudophormidium sp.</i>	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-	+
<i>Tolypothrix sp.</i>	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+
Bacillariophyceae																
<i>Hantzschia amphioxys</i>	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Navicula cf. atomus</i>	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-
<i>Navicula contenta</i>	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-
<i>Navicula mutica</i>	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+
<i>Navicula neoventricosa</i>	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-
<i>Navicula cf. nivalis</i>	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia parvula</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>Nitzschia sp.</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pinnularia borealis</i>	-	+	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-
<i>Pinnularia cf. obscura</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-
Xanthophyceae																
<i>Botrydiopsis intercedens</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Heterococcus sp.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-
<i>Xanthonema debile</i>	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabulka 1 : Přehled nalezených druhů

J - jaro

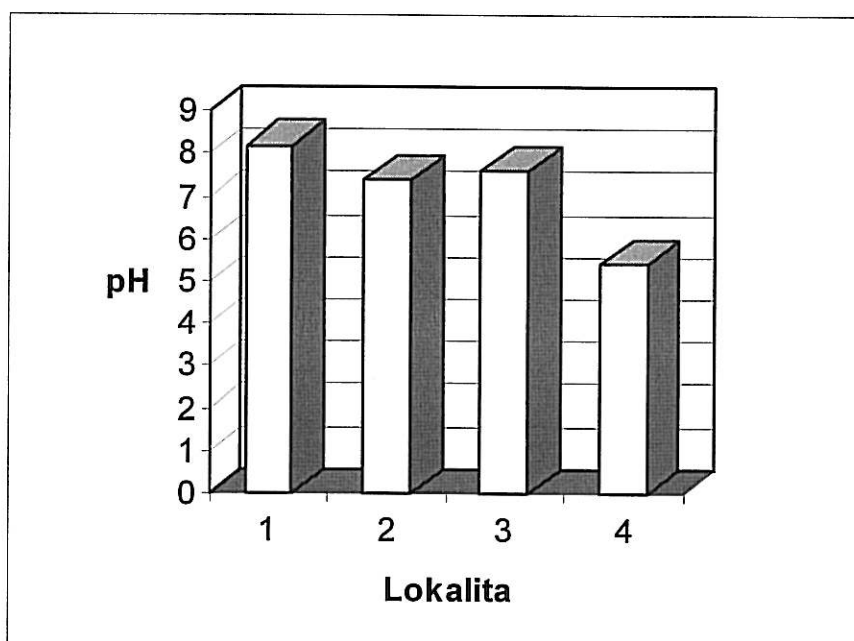
P - podzim

+ - přítomen

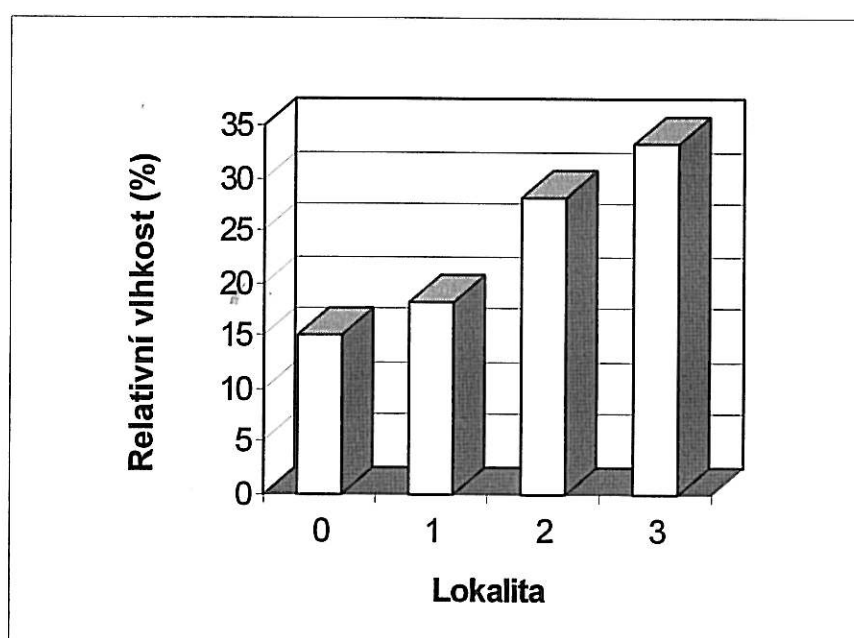
- - nepřítomen

Lokalita	0				1				2				3			
Doba odběru	J97	P97	J98	P98	J97	P97	J98	P98	J97	P97	J98	P98	J97	P97	J98	P98
Chlorophyta																
Charophyceae																
<i>Chlorokybus atmophyticus</i>	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Klebsormidium bilatum</i>	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	+
<i>Klebsormidium crenulatum</i>	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Klebsormidium flaccidum</i>	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
<i>Klebsormidium cf. nitens</i>	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Stichococcus bacillaris</i>	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Chlamydomyceae																
<i>Chlamydomonas cf. macrostellata</i>	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-
<i>Chloromonas cf. rosae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-
<i>Tetracystis sp.</i>	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-
Chlorophyceae																
<i>Bracteacoccus minor</i>	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>Chlorella elipsoidea</i>	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chlorella cf. homosphaera</i>	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	-	-
<i>Chlorella mirabilis</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-
<i>Chlorella sp.</i>	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chlorella vulgaris</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Chlorosarcinopsis sp.</i>	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Coccomyxa gleobotrydiformis</i>	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dictyochloris cf. fragrans</i>	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Dictyosphaerium chlorelloides</i>	-	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-
<i>Diplosphaera chodatii</i>	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+	-	+	-	+	+
<i>Elliptochloris subsphaerica</i>	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Elliptochloris reniformis</i>	-	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-	+	-	+	-	-
<i>Ettlia cf. pseudoalveolaris</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fernandinella alpina</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Geminella terricola</i>	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gleotila sp.</i>	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Keratococcus bicaudatus</i>	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>Leptosira sp.</i>	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Myrmecea bisecta</i>	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	+	-
<i>Protoderma sarcinoideum</i>	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>Pseudococcomyxa simplex</i>	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sphaerocystis sp.</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Ulvophyceae																
<i>Pseudendoclonium basiliense</i>	-	+	-	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-
Zygnemaphyceae																
<i>Actinotaenium cucurbita</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cylindrocystis brebissoni</i>	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-

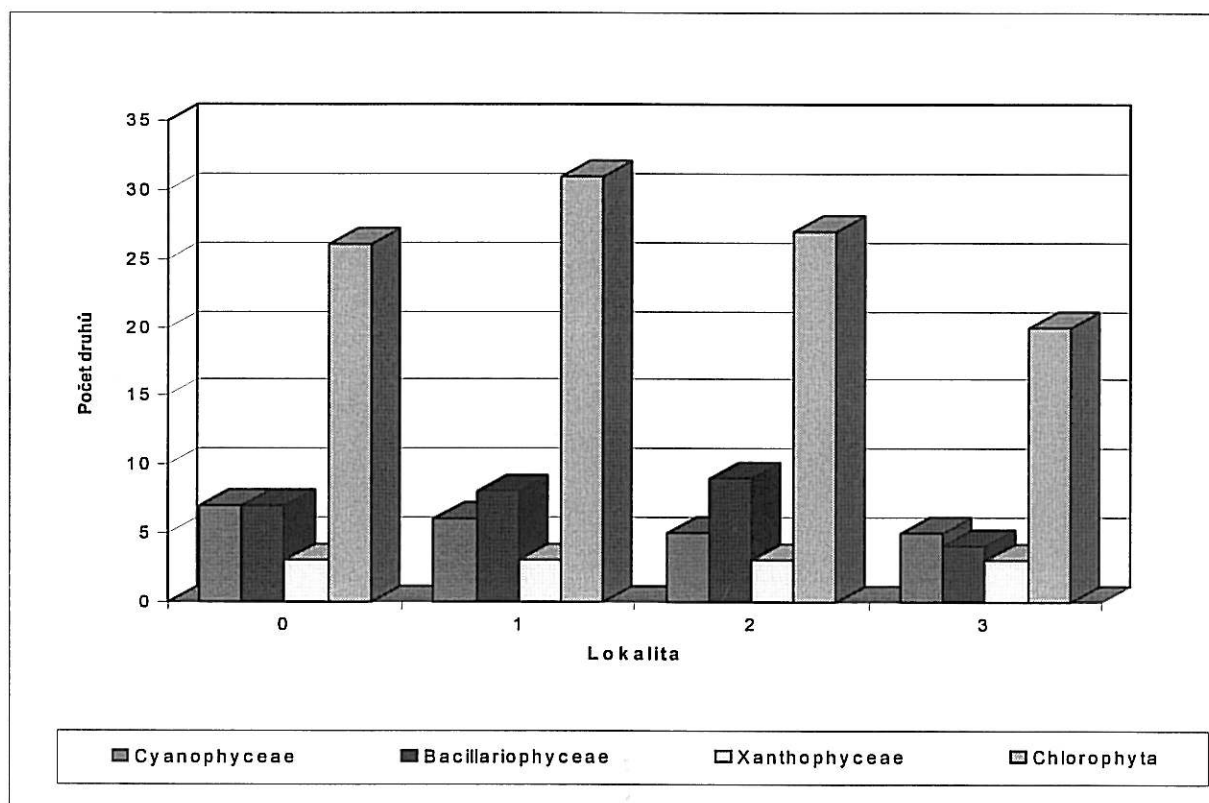
Tabulka 1 pokračování



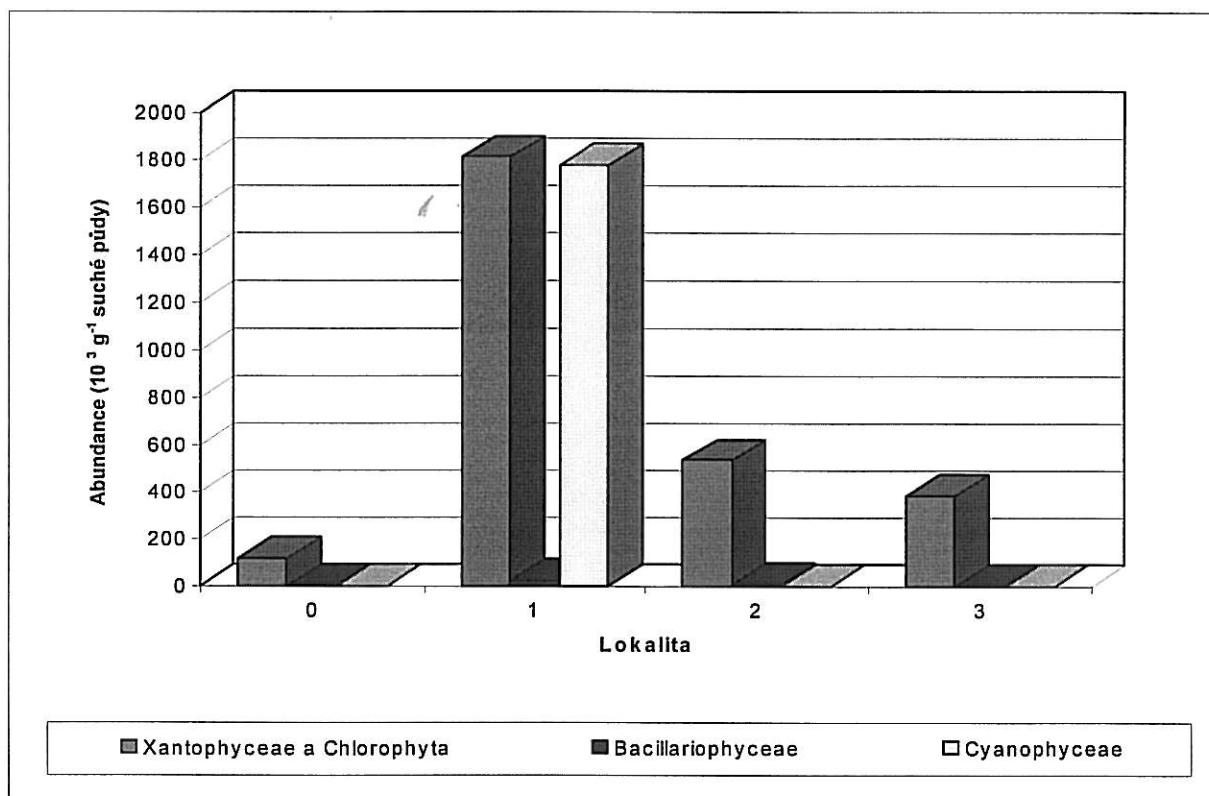
Graf 1 Závislost pH na lokalitě



Graf 2 : Závislost vlhkost na lokalitě



Graf 3 Závislost počtu druhů jednotlivých skupin řas na lokalitě



Graf 4 Závislost abundance jednotlivých skupin řas na lokalitě

Lokalita 0	J 97	P 97	J 98	P 98
X + Ch	10	386	31	47
B	0	12	0	0
C	1	12	0	0

Lokalita 2	J 97	P 97	J 98	P 98
X + Ch	214	597	586	747
B	3	6	11	22
C	5	1	0	0

Tabulka 2

Tabulka 4

Lokalita 1	J 97	P 97	J 98	P 98
X + Ch	924	970	3064	2287
B	9	25	39	20
C	13	108	1576	5411

Lokalita 3	J 97	P 97	J 98	P 98
X + Ch	159	58	342	984
B	4	3	0	2
C	0	0	0	0

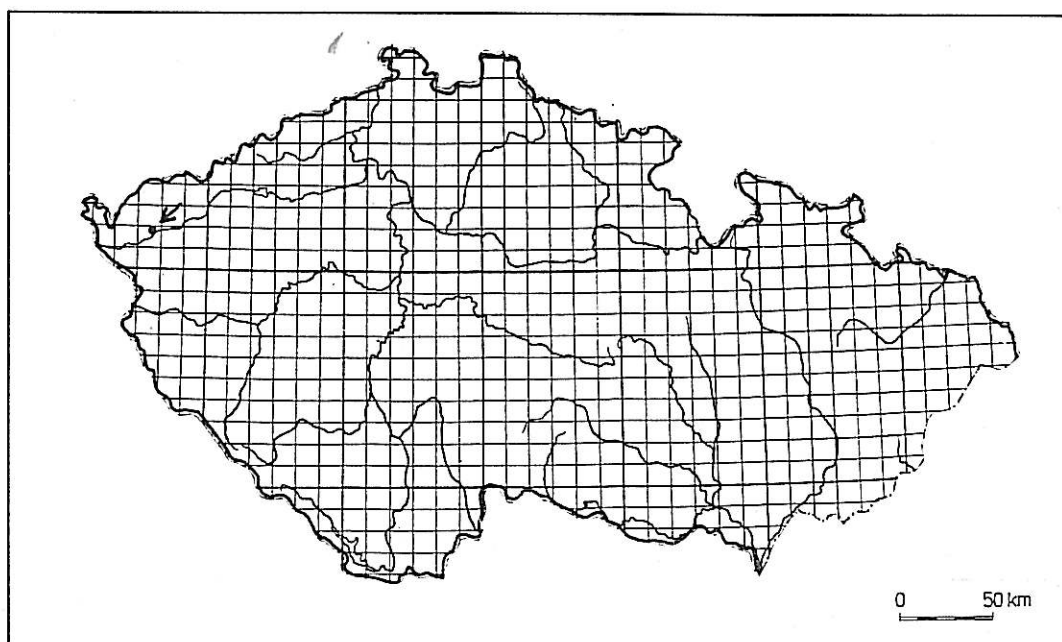
Tabulka 3

Tabulka 5

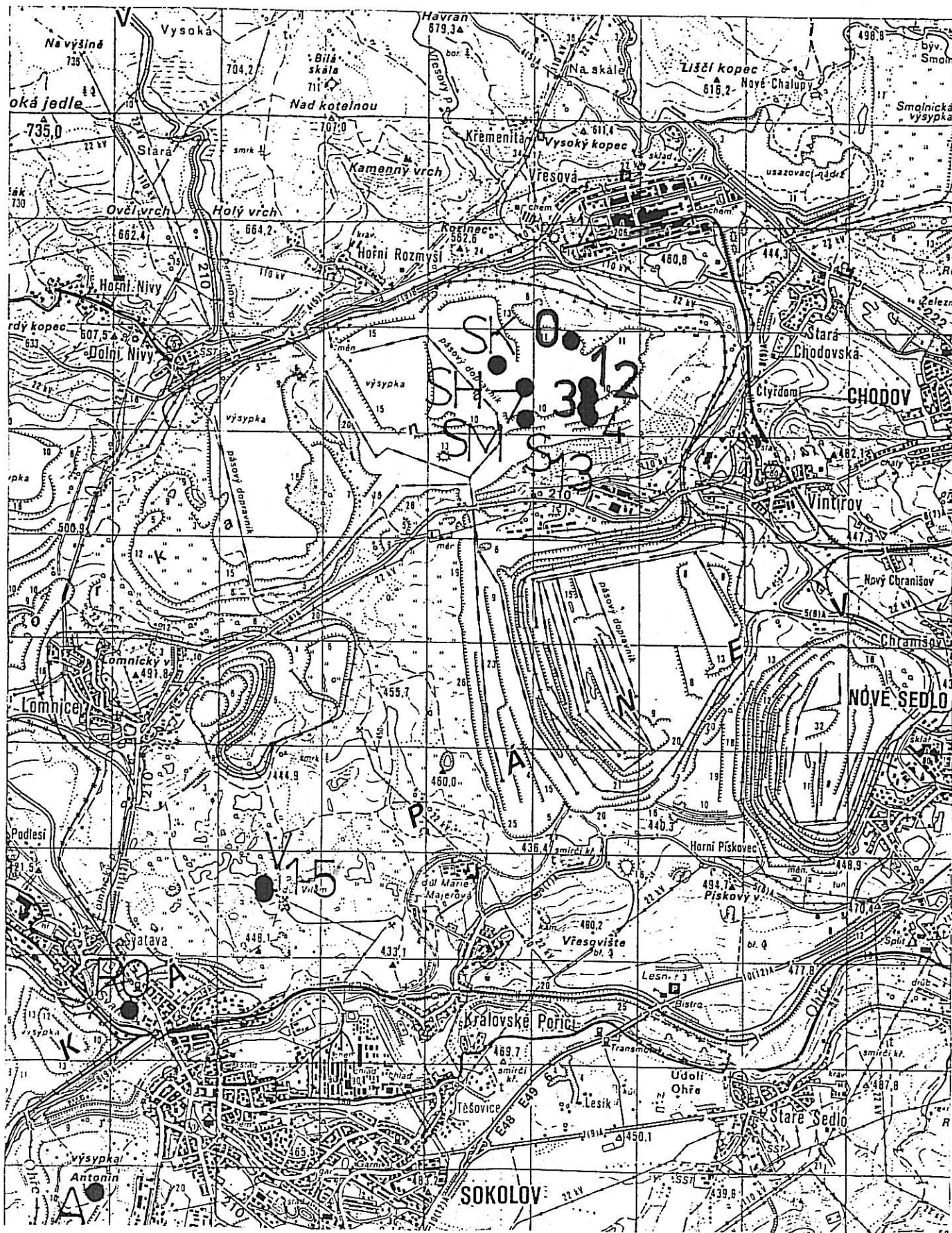
Tabulky 2, 3, 4, 5 : Abundance (g^{-1} suché půdy) jednotlivých skupin řas na daných lokalitách

B - Bacillariophyceae, C - Cyanophyceae, Ch - Chlorophyta, X - Xantophyceae

J - jaro, P - podzim



Mapa 1 Česká republika s vyznačením umístění Sokolova



Mapa 2 Mapka sledované oblasti s vyznačeným umístěním pokusných ploch („0“, „1“, „2“, „3“), jsou zde vyznačeny i některé pokusné plochy, které v této studii nebyly sledovány



Obr. 1 Lokalita „0“



Obr. 2 Lokalita „1“



Obr. 3 Lokalita „2“



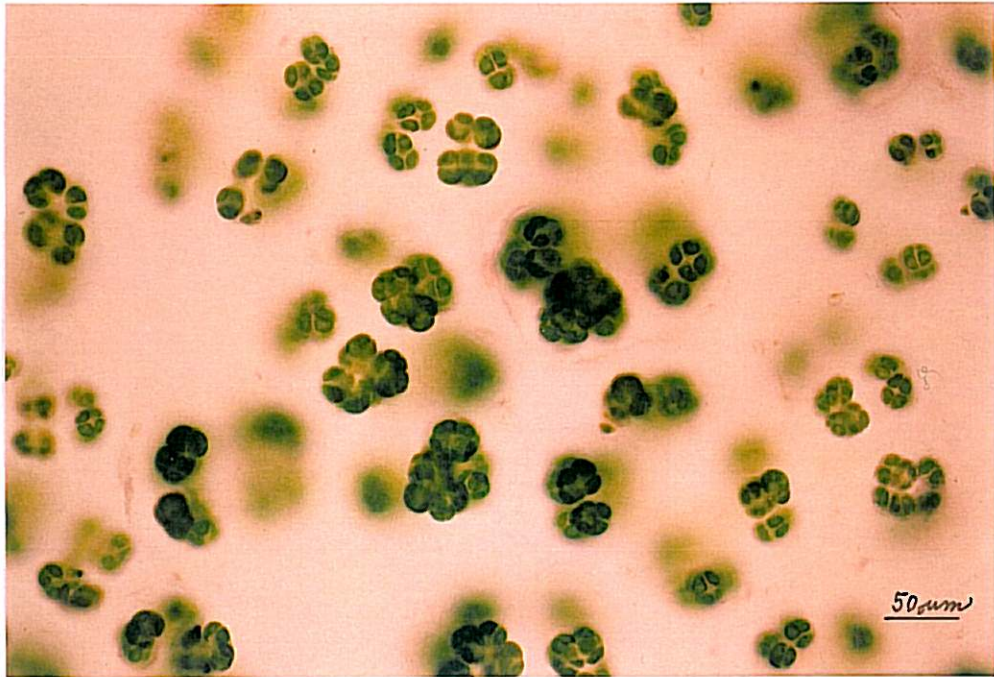
Obr. 4 Lokalita „3“



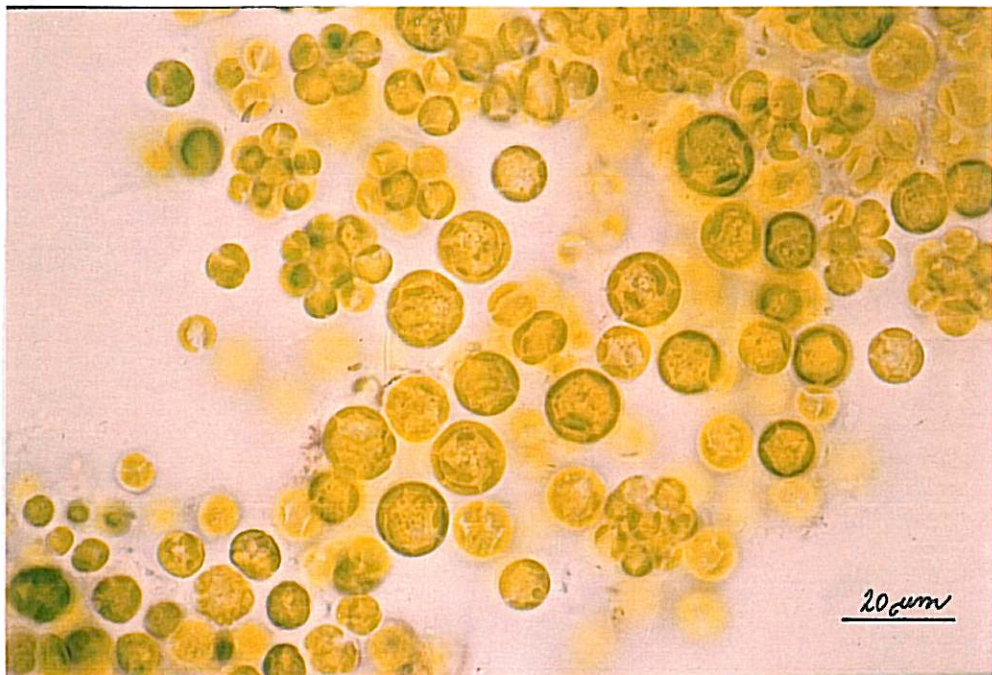
Obr. 5 Klebsormidium flaccidum



Obr. 6 Stichococcus bacillaris



Obr. 7 *Chlorokybus atmophyticus*



Obr. 8 *Botrydiopsis intercedens*



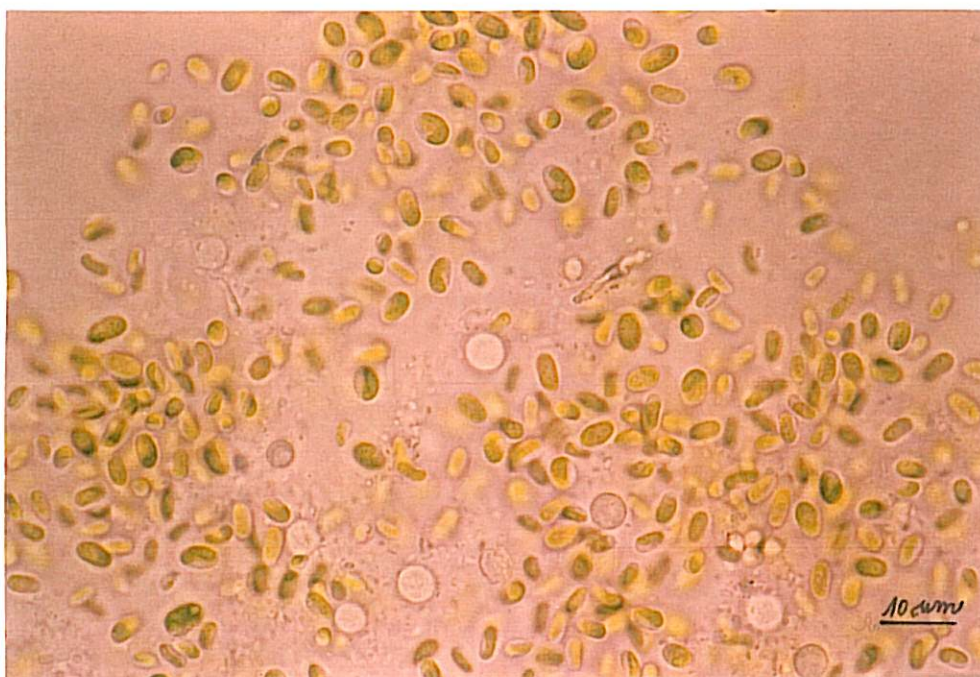
Obr. 9 Phormidium sp.



Obr. 10 Hantzschia amphioxys



Obr. 11 *Navicula* cf. *atomus*



Obr. 12 *Coccomyxa* *gloeobotrydiformis*