

**CHRYSOMONÁDY A SLUNIVKY S KŘEMITÝMI ŠUPINAMI MONTÁNNÍCH
A SUBALPINSKÝCH RAŠELINIŠŤ KRKONOŠ**

**Silica-scaled chrysophytes and heliozoans of the Krkonoše Mountains' alpine and
subalpine mires**

NĚMCOVÁ YVONNE, KALINA TOMÁŠ, NEUSTUPA JIŘÍ

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, katedra botaniky, Benátská 2,
128 01 Praha 2, CZ

Během dvouletého výzkumu krkonošských lokalit bylo nalezeno 10 druhů chrysomonád s křemitými šupinami (9 zástupců třídy Synurophyceae a jeden třídy Chrysophyceae) a 5 druhů slunivek s křemitými šupinami (třída Heliozoa, kmen Actinopoda). Druhy *Mallomonas calceolus*, *M. flora*, *M. papillosa*, *M. pillula* (Synurophyceae) a *Pompholyxophrys stellata*, *Choanocystis* cf. *lepidula*, *Ch. cordiformis*, *Raphidiophrys minuta* a *R. elegans* nebyly dosud v České republice nalezeny. Šupiny druhů nových pro ČR jsou stručně popsány a u chrysomonád je diskutována autekologie.

Silica-scaled chrysophytes and heliozoans were investigated in 11 localities of the Krkonoše Mts. during a two-year period. Ten chrysophyte species were found. Chrysophytes: *Mallomonas calceolus*, *M. flora*, *M. papillosa* and *M. pillula* (class Synurophyceae) and five species of the lower Heliozoa bearing silica scales and/or spicules: *Pompholyxophrys stellata*, *Choanocystis* cf. *lepidula*, *Ch. cordiformis*, *Raphidiophrys minuta* and *R. elegans* (class Heliozoa, phylum Actinopoda) were for the first time recorded in Czech Republic. Brief description of the silica-scales is given and autecology of the chrysophyte species is discussed.

Klíčová slova: chrysomonády, slunivky, křemité šupiny, Krkonoše, autekologie, nové druhy
Keywords: chrysophytes, heliozoans, silica-scales, Krkonoše Mountains, autecology, new species

ÚVOD

Chrysomonády s křemitými šupinami jsou jednotlivě nebo koloniálně žijící bičíkovci, kteří se vyskytují téměř výhradně ve sladké vodě. V současnosti jsou řazeni do dvou samostatných tříd Chrysophyceae a Synurophyceae (ANDERSEN 1987). Koncepty klasifikace byly zpočátku založeny na morfologických znacích pozorovaných ve světelném mikroskopu, později sehrály důležitou úlohu především morfologie křemitých struktur pozorovaných v transmisním elektronovém mikroskopu a buněčná ultrastruktura.

Heliozoa (slunivky) tvoří malou skupinu heterotrofních predátorů. Jsou to jednobuněčné organismy, jejichž tělo je nahé nebo pokryté organickými nebo křemitými šupinami. Dlouhá axopodia jsou vyztužena svazky mikrotubulů a slouží k pohybu a uchvácení kořisti (FEBVRE-CHEVALIER 1990). V této práci je pojednáno pouze o druzích, jejichž tělo je pokryto křemitými šupinami.

Křemité šupiny chrysomonád i slunivek mají druhově specifickou strukturu a lze je využít k přesné identifikaci jednotlivých taxonů.

HUECK (1939) rozdělil krkonošská rašeliniště na montánní (např. Černoohorské rašeliniště, nadmořská výška do 1200 m) a subalpínská (např. Úpské a Pančavské rašeliniště, nadmořská výška mezi 1200 a 1400 m). Subalpínská rašeliniště tvoří biotopy, které jsou ve střední Evropě unikátní a svým charakterem se podobají lokalitám ve Skandinávii (JENÍK & SOUKUPOVÁ 1992).

Algoflora Krkonoš byla v minulosti studována jen příležitostně, ale četné zajímavé nálezy dokládají vyjimečnost krkonošských rašelinišť (RUDOLPH et al. 1928, POCHMANN 1940). KALINA (1969) popsal z Úpského rašeliniště *Mallomonas leboimii* BOURRELLY var. *corcontica*, který byl později přejmenován na *M. corcontica* (KALINA) PETERFI & MOMEU (1976). Podrobnějšímu průzkumu řas na vybraných lokalitách se věnovala NOVÁKOVÁ (2000) ve své diplomové práci.

MATERIÁL A METODIKA

Odběry byly dělány přibližně jedenkrát za měsíc během vegetačních sezón 1998 a 1999. Vzorky byly odebírány planktonní sítí (oka sítě 40 µm) nebo byla odebírána volná voda do 0,5 až 1 l lahví. Při každém odběru byly měřeny tyto hodnoty prostředí: teplota vody 10 cm pod povrchem, pH (kombinovaný pH-metr konduktometr Gryf 107 nebo pH-metr WTW 330) a konduktivita (Gryf 107 nebo konduktometr WTW LF 315). Vzorky byly nařizovány roztokem Lugolu pro pozdější zpracování v laboratoři. Preparace křemitých šupin pro transmisní elektronovou mikroskopii je popsána v práci KALINA et al. (2000). Vzorky byly prohlíženy transmisním elektronovým mikroskopem Philips 300.

LOKALITY

Lokalita	Datum	Teplota (°C)	pH	Konduktivita (µS.cm ⁻²)	Nalezené druhy chrysomonád a slunivek
1	28.05.	9	5,6	36	<i>Synura echinulata</i>
	21.10.	3,5	6,3	35	<i>Mallomonas flora</i> , <i>M. pillula</i> , <i>S. echinulata</i> , <i>S. petersenii</i>
2	28.07.	22	4,2	25	<i>S. echinulata</i>
	21.10.	0	4,3	31	<i>S. echinulata</i>
3	20.06.	10	5,5	44	<i>M. calceolus</i>
	16.08.	18	3,7	34	<i>M. calceolus</i>
4	23.09.	13	3,9	31	<i>S. sphagnicola</i>
	5	29.05.	21	5,1	—
30.07.		11	4,6	15	<i>S. echinulata</i> , <i>Choanocystis cordiformis</i>
6	23.09.	7	4,2	28	<i>M. calceolus</i> , <i>S. petersenii</i> , <i>Pompholyxophrys stellata</i>
					<i>M. papillosa</i> , <i>S. echinulata</i>
7	23.09.	6	5,0	27	<i>M. papillosa</i> , <i>S. echinulata</i>
	22.10.	4,5	5,2	21	<i>M. calceolus</i> , <i>M. crassisquama</i> , <i>M. ouradion</i> , <i>S. echinulata</i> , <i>S. petersenii</i> , <i>Paraphysomonas vestita</i> , <i>Ch. cf. lepidula</i> , <i>Ch. cordiformis</i> , <i>Raphidiophrys minuta</i> , <i>R. elegans</i>
8	23.09.	7	5,1	29	<i>S. echinulata</i>
9	23.09.	8,5	3,9	34	<i>M. calceolus</i> , <i>M. ouradion</i> , <i>S. sphagnicola</i>
10	30.05.	17	3,9	46	<i>M. corcontica</i>
11	29.05.	12	5,4	36	<i>S. echinulata</i>

pozn.: druhy nové pro ČR jsou vyznačeny tučně

1. Úpské rašeliniště, 1430 m n. m., tůň o ploše 55 m² s max. hloubkou 20 cm, písčité podloží
2. Úpské rašeliniště, 1430 m n. m., efemerní rašelinná tůň s max. plochou 30 m² a max. hloubkou 10 cm, částečně zarostlá *Carex* spp. a *Sphagnum* sp.
3. Čertova louka, 1420 m n. m., rašelinná tůňka o ploše 4 m², hloubka cca 75 cm
4. Pančavská louka, 1320 m n. m., rašelinná tůňka o ploše 2 m², hloubka cca 15 cm, částečně zarostlá *Carex* spp.
5. Pančavská louka, 1335 m n. m., efemerní tůňka s max. plochou 6 m² a max. hl. 5 cm
6. Pančavská louka, 1335 m n. m., tůňka na potoce o ploše 3 m², hloubka 25–70 cm, písčité podloží
7. Labská louka, 1370 m n. m., rašelinná tůňka o ploše 1,5 m² s max. hloubkou 20 cm, zarostlá *Sphagnum* sp. a *Eriophorum vaginatum*, částečně zastíněná *Pinus mugo*
8. Labská louka, 1370 m n. m., rašelinná tůňka o ploše 2 m² a max. hloubkou 20 cm
9. Labská louka, 1370 m n. m., systém tůní vzniklý erozí o ploše 500 m², hloubka do 50 cm
10. Černoohorské rašeliniště, 1190 m n. m., malá efemerní rašelinná tůňka, zarostlá *Sphagnum* sp.
11. Mechové jezírko, 940 m n. m., ledovcové jezero o ploše 1800 m², hloubka cca 3 m, částečně zarostlé *Sphagnum dusenii* a zastíněné *Picea abies*.

NOVÉ DRUHY PRO ČESKOU REPUBLIKU

Třída: Synurophyceae CAVALIER-SMITH

Mallomonas calceolus BRADLEY (obr. 1.)

Buňky mají oba bičíky stejně dlouhé (STARMACH 1985). Šupiny (3–4 × 1–2 μm) jsou vejčitého tvaru a nesou dóm. V-žebro je velmi výrazné. Posteriovní okraj šupiny je hladký, anteriorní je buď hladký nebo nese řadu papil. Štít je ornamentován výraznými papilami, jejichž počet a uspořádání je velmi variabilní. Papily mohou být uspořádány nepravidelně nebo tvoří diagonální řady.

Autekologie a rozšíření: *M. calceolus* je považován za acidofilní druh (SIVER 1995). HARTMANN & STEINBERG (1986) pozorovali vymizení tohoto druhu, pokud pH pokleslo pod 5,0. Ve vzorcích z krkonošských rašelinišť se však *M. calceolus* hojně vyskytoval i při pH 3,7 až 3,9. *M. calceolus* patří mezi druhy preferující nízkou konduktivitu (ELORANTA 1989) a studenou vodu (ROJACKERS & KESSELS 1986). Druh je hojně rozšířen po celém světě (ASMUND & KRISTIANSEN 1986, KRISTIANSEN & VIGNA 1996).

Mallomonas flora HARRIS & BRADLEY (obr. 2.)

Bazální deska šupiny (4–6 × 2,3–4 μm) je perforována jemnými, nepravidelně rozmístěnými póry. V posteriovní části štítu se nachází 1–5 výrazných pórů ohraničených krátkými žebry. Štít nese cca 12 příčných žebor. Posteriovní i anteriorní okraje nesou trámce, které nejsou přímým pokračováním žebor štítu. Dóm ve tvaru U je relativně malý, nese 6–14 žebor, která probíhají paralelně s hranicí dómu, v distální části dómu je několik krátkých příčných žebor.

Autekologie a rozšíření: HARTMANN & STEINBERG (1989) považují *M. flora* za acidobiontní až acidofilní druh. *M. flora* je kosmopolitně rozšířen (KRISTIANSEN & VIGNA 1996).

Mallomonas papillosa HARRIS & BRADLEY (obr. 3.)

Oválné šupiny (2–4 × 1,5–3,5 μm) nesou výrazný dóm. Štít je ornamentován diagonálně orientovanými řadami papil, někdy papily zasahují až do oblasti dómu. Posteriovní část štítu je perforována jedním až

několika póry. Posteriorní okraje jsou hladké, anteriorní nesou 3–6 krátkých silných trámčů. Jedno anteriorní submarginální žebro je protažené a tvoří výběžek v oblasti dómu.

Autekologie a rozšíření: *M. papillosa* patří mezi acidofilní až pH indiferentní druhy (SIVER 1989), obývá většinou oligo- až mesotrofní prostředí a hojněji se vyskytuje během časného jara (ROIJACKERS & KESSELS 1986, PETERFI et al. 1998). *M. papillosa* je druh s kosmopolitním rozšířením (ASMUND & KRISTIANSEN 1986).

PARASITIDAE

***Mallomonas pillula* HARRIS** (obr. 4.)

Tělové šupiny ($2 \times 1,75 \mu\text{m}$) jsou kosodélníkového tvaru se zaoblenými rohy. Některé šupiny nesou nevýrazný hladký dóm. Submarginální žebra jsou nestejně dlouhá. Posteriorní okraj je široký a hladký, anteriorní okraj nese tenké trámce vyběhající ze submarginálního žebra. Tyto trámce jsou u některých šupin redukovány na řadu papil. Štít nese žebra uspořádaná v šestiúhelníkovou síť.

Rozšíření: *M. pillula* byl zaznamenán na několika lokalitách na severní polokouli a temperátních oblastech, ale pravděpodobně je celosvětově rozšířen (patří k často přehlíženým druhům; PETERFI et al. 1998).

Třída: Heliozoa HAECKEL

***Pompholyxophrys stellata* DÜRRSCHMIDT & NICHOLLS** (obr. 5.)

Šupiny mají oválný až vejčitý tvar, jsou duté a na svém povrchu nesou póry uspořádané do řad. Ventrální i dorsální strana šupiny nese 3–6 koncentrických řad hvězdicovitých struktur, které nezasahují až do středu šupiny.

Rozšíření: Kanada, Chile (NICHOLS & DÜRRSCHMIDT 1985), Holandsko, Švédsko (ROIJACKERS & SIEMENSMA 1988).

***Choanocystis cf. lepidula* (PENARD) SIEMENSMA & ROIJACKERS** (obr. 6.)

Spikula je tvořena mírně prohnutou válcovitou pochvou a excentricky zvlněnou bází se silnějším okrajem o průměru cca $2 \mu\text{m}$. Tangenciální šupiny nebyly pozorovány. Přesná determinace vyžaduje další výzkum.

Rozšíření: mezi vodní vegetací v menších nádržích s nízkým pH, Švýcarsko, Německo, Holandsko (PAGE 1991).

***Choanocystis cordiformis* PAGE & SIEMENSMA f. *parvula* DÜRRSCHMIDT** (obr. 7.)

Tangenciální šupiny jsou oválné, ve středu mírně zesílené. Spikuly této formy dosahují délky pouze $6\text{--}8 \mu\text{m}$. Válcovitá pochva spikuly je tupě zakončena. Báze spikuly má srdčitý tvar a dosahuje cca $0,5 \mu\text{m}$ v průměru.

Rozšíření: malé vodní nádrže na Srí Lance, Kanadě a Novém Zélandu (PAGE 1991).

***Raphidiophrys minuta* NICHOLLS** (obr. 8.)

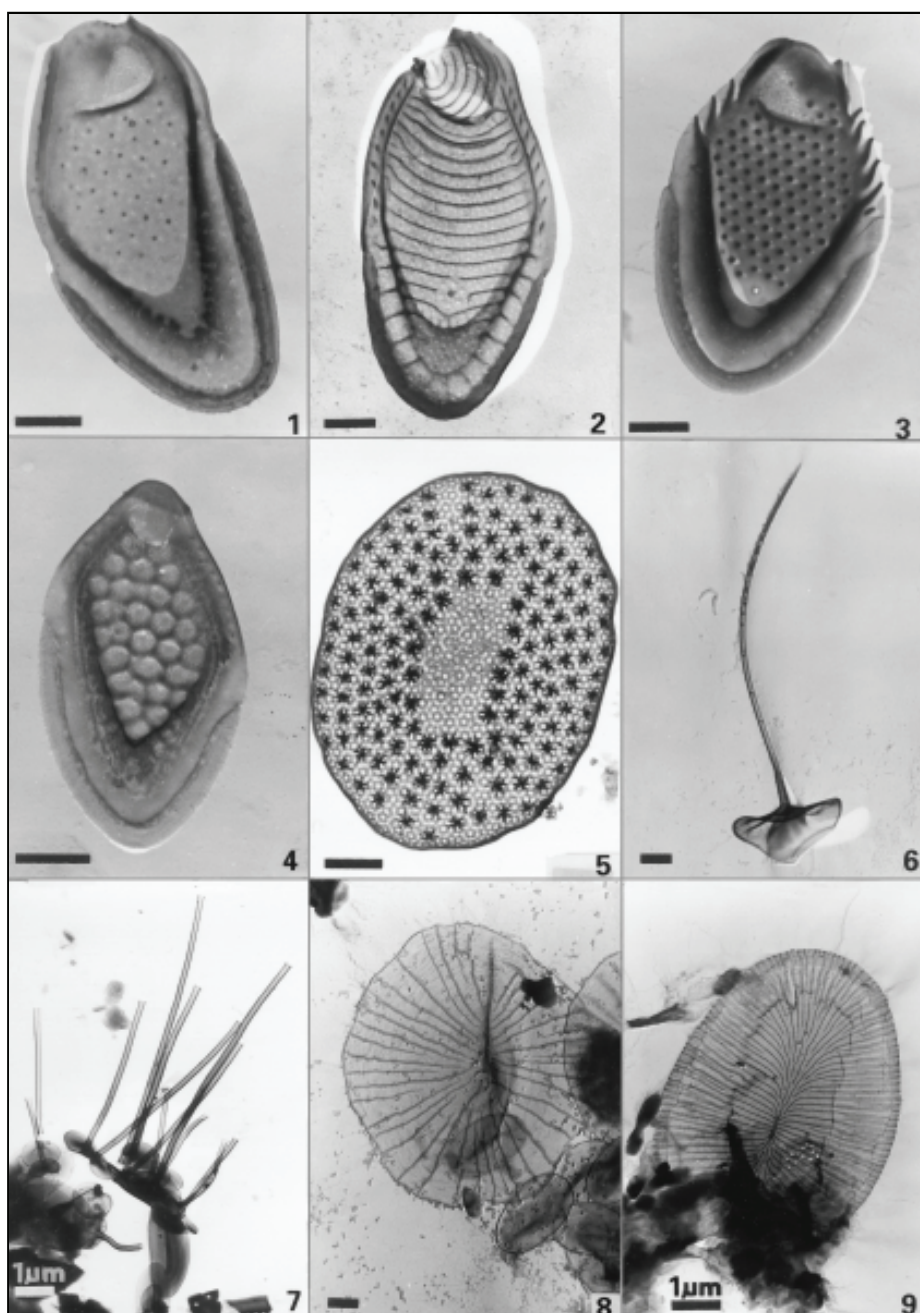
Buňky slunivek bez šupin dosahují $10\text{--}15 \mu\text{m}$ v průměru. Šupiny tvoří vrstvu $2\text{--}5 \mu\text{m}$ silnou a obklopují axopodia, která mohou dosahovat délky až $50 \mu\text{m}$ (NICHOLLS & DÜRRSCHMIDT 1985). Šupiny jsou kruhovitě až oválné $2\text{--}6 \mu\text{m}$ v průměru. Vzor na šupině tvoří kratší a delší žebra, která se sbíhají do středu. Šupina nemá ohnutý okraj. Zástupci rodu *Raphidiophrys* netvoří spikuly.

Rozšíření: Kanada (NICHOLLS & DÜRRSCHMIDT 1985).

***Raphidiophrys elegans* HERTWIG & LESSER** (obr. 9.)

Buňky slunivek dosahují $17\text{--}67 \mu\text{m}$ v průměru a jsou pokryty silnou vrstvou šupin. Šupiny jsou široce oválné s tupě zaoblenými konci ($6\text{--}10 \times 2\text{--}3 \mu\text{m}$). Okraj je ohnutý. Vzor na šupině tvoří jemná žebra, která směřují do středu, který je zřetelně vyznačen. Většina žebířek probíhá rovnoběžně s póly šupiny a v centrální oblasti se ohýbá o 90° .

Rozšíření: druh běžně rozšířený po celém světě (NICHOLLS & DÜRRSCHMIDT 1985).



Obr. 1.– 4. zástupci třídy Synurophyceae. 1. – *Mallomonas calceolus*. 2. – *M. flora*. 3. – *M. papillosa*. 4. – *M. pillula*. 5.–9. zástupci třídy Heliozoa (kmen Actinopoda). 5. – *Pompholyxophrys stellata*. 6. – *Choanocystis* cf. *lepidula*, spikula. 7. – *Ch. cordiformis* f. *parvula*, skupina spikul, pod nimi tangenciální šupina. 8. – *Raphidiophrys minuta*. 9. – *R. elegans*. Úsečka představuje 0,5 μm ; není-li uvedeno jinak.

SOUHRN POZNATKŮ

Během výzkumu krkonošských lokalit bylo nalezeno 10 druhů chrysomonád s křemitými šupinami (9 zástupců třídy Synurophyceae a jeden třídy Chrysophyceae) a 5 druhů slunivek s křemitými šupinami (třída Heliozoa, kmen Actinopoda). Druhy *Mallomonas calceolus*, *M. flora*, *M. papillosa*, *M. pillula* (Synurophyceae) a *Pompholyxophrys stellata*, *Choanocystis* cf. *lepidula*, *Ch. cordiformis*, *Raphidiophrys minuta* a *R. elegans* (třída Heliozoa, kmen Actinopoda) nebyly dosud v České republice nalezeny. Dominantní skupinu řas v nalezených vzorcích tvořily především rozsivky a spájivky. Chrysomonády s křemitými šupinami byly ve vzorcích zastoupeny jen v nízkých počtech. Mezi druhy s nejvyšší abundancí patřily *M. calceolus*, *M. corcontica*, *Synura sphagnicola* a *S. echinulata*. Na základě měřených hodnot pH prostředí a publikovaných autekologických údajů lze většinu nalezených chrysomonád zařadit mezi acidobiontní, acidofilní nebo pH indiferentní druhy. Acidobiontní druhy se objevují pouze v kyselém prostředí a mají své optimum při pH < 5,5. Acidofilní druhy se nacházejí v lokalitách, jejichž pH je < 7. pH indiferentní druhy mají své optimum výskytu při pH kolem 7 (SÍVER 1989). Konduktivita vody jednotlivých krkonošských lokalit byla velmi nízká. Hodnoty konduktivity byly většinou nižší, než jsou optimální hodnoty udávané pro jednotlivé druhy. Slunivky s křemitými šupinami jsou zatím jen velmi málo studovány a o jejich nárocích na prostředí není téměř nic známo. Tato studie přispívá k poznání autekologie těchto zajímavých protist.

Ve srovnání s dřívějšími nálezy z Krkonoš (POCHMANN 1940) lze pozorovat celkovou redukci řasové biodiverzity a úbytek vzácnějších druhů. LEDERER (1998), který studoval algoflóru rašeliniště Šumavy a Třeboňské pánve, vysvětluje klesající biodiverzitu nízkým pH, konduktivitou, obsahem živin a značným kolísáním vodní hladiny. Naše výsledky potvrzují tyto závěry i pro montánní a subalpínská rašeliniště Krkonoš.

Tato práce je podporována grantem GAČR č. 206/98/1193 a výzkumným záměrem Ministerstva školství č. J13/98113100004.

LITERATURA

- ANDERSEN, R. A. (1987): Synurophyceae classis nov., a new class of algae. *Amer. J. Bot.*, 74: 337–353.
- ASMUND, B. & KRISTIANSEN, J. (1986): The genus *Mallomonas* (Chrysophyceae). *Opera Botanica* 85: 5–128.
- ELORANTA, P. (1989): Scaled chrysophytes (Chrysophyceae and Synurophyceae) from the national park lakes in southern and northern Finland. – *Nord. J. Bot.* 8: 671–681.
- FEBVRE-CHEVALIER, C. (1990): Phylum Actinopoda, Class Heliozoa. - In: Margulis, J.; Corliss, O.; Melkonian, M.; Chapman, D. J.; McKhann, H. I. (eds): *Handbook of Protoctista*, Boston & London, pp. 347–362.
- HARTMANN, H. & STEINBERG, C. (1986): Mallomonadacean (Chrysophyceae) scales: early biotic paleoindicators of lake acidification. *Hydrobiologia* 143: 87–91.
- HARTMANN, H. & STEINBERG, C. (1989): The occurrence of silica-scaled chrysophytes in some central European lakes and their relation to pH. *Nova Hedwigia, Beih.* 95: 131–158.
- HUECK, K. (1939): *Botanische Wanderungen im Riesengebirge*. 115 pp., Fischer Verl., Jena.
- JENÍK, J. & SOUKUPOVÁ, L. (1992): Microtopography of subalpine mires in the Krkonoše Mountains, the Sudets. *Preslia* 64: 313–326.
- KALINA, T. (1969): Submicroscopic structure of silica scales in some *Mallomonas* and *Mallomonopsis* species. *Preslia* 41: 227–228.
- KALINA, T., NĚMCOVÁ, Y. & NEUSTUPA, J. (2000): Silica-scaled chrysophytes of the Czech Republic 1. District Česká Lípa (Northern Bohemia) and part of the Central Bohemia. *Algological Studies* 96: 29–47.
- KRISTIANSEN, J. & VIGNA, M. S. (1996): Bipolarity in the distribution of silica-scaled chrysophytes. *Hydrobiologia* 336: 121–126.
- LEDERER, F. (1998): Srovnání mikroflory rašelinišť Šumavy a Třeboňské pánve. (A comparison of microscopic flora of the mires in Šumava and Třeboň Basin.) 99 pp., PhD-Thesis, Manuscript.

- NICHOLS, K. H. & DÜRRSCHMIDT, M. (1985): Scale structure and taxonomy of some species of *Raphidocystis*, *Raphidiophrys* and *Pompholyxophrys* (Heliozoa) including description of six new taxa. *Canad. J. Zool.* 63(8): 1944–1961.
- NOVÁKOVÁ, S. (2000): Řasy túňí krkonošských subalpinských rašelinišť, 63 pp., Diplomová práce, rukopis uložen v Knihovně katedry botaniky, Praha.
- PAGE, F. C. (1991): Klasse Filosea Leidy, 1879. – In: PAGE, F. C. & SIEMENSMA, F. J. (eds): Nacte Rhizopoda und Heliozoa. Protozoenfauna, p. 132–150. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, N. Y.
- PÉTERFI, L. S. & MOMEU, L. (1976): Romanian *Mallomonas* species studied in light and electron microscopes. *Nova Hedwigia* 27: 353–392.
- PETERFI, L. S.; MOMEU, L.; PADISÁK, J. et VARGA, V. (1998): Silica-scaled chrysophytes from permanent and temporary waters of Hortobágy, eastern Hungary. *Hydrobiologia* 369/370: 339–351.
- POCHMANN, A. (1940): Mikrofloristischer Streifzug im Riesengebirge. *Mikrokosmos* 7: 94–109.
- ROJACKERS, R. M. & KESSELS, H. (1986): Ecological characteristics of scale-bearing Chrysophyceae from the Netherlands. *Nord. J. Bot.* 6: 373–383.
- ROJACKERS, R. M. M. & SIEMENSMA, F. J. (1988): A study of cristidiscoidid amoebae with description of new species and keys to genera and species (Rhizopoda, Filosea). *Arch. Protistenkd.* 135: 237–253.
- RUDOLPH, K.; FIRBAS, F. et SIGMOND, H. (1928): Das Koppenplanmoor im Riesengebirge. *Lotos* 76: 173–222.
- SIVER, P. A. (1995): The distribution of chrysophytes along environmental gradients: their use as biological indicators. – In: SANDGREN, C. D.; SMOL, J. P. & KRISTIANSEN, J. (eds): *Chrysophyte algae*, pp. 232–268. Cambridge University Press.
- SIVER, P. A. (1989): The distribution of scaled chrysophytes along a pH gradient. *Canad. J. Bot.* 67: 2120–2130.
- STARMACH, K. (1985): Chrysophyceae und Haptophyceae. In: Ettl, H. (ed.): *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 1, pp. 515. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.