

# Diverzita protistních organismů

*Rozmanitost a význam obyvatel mikrosvěta*



Pavel Škaloud  
katedra botaniky PřF UK

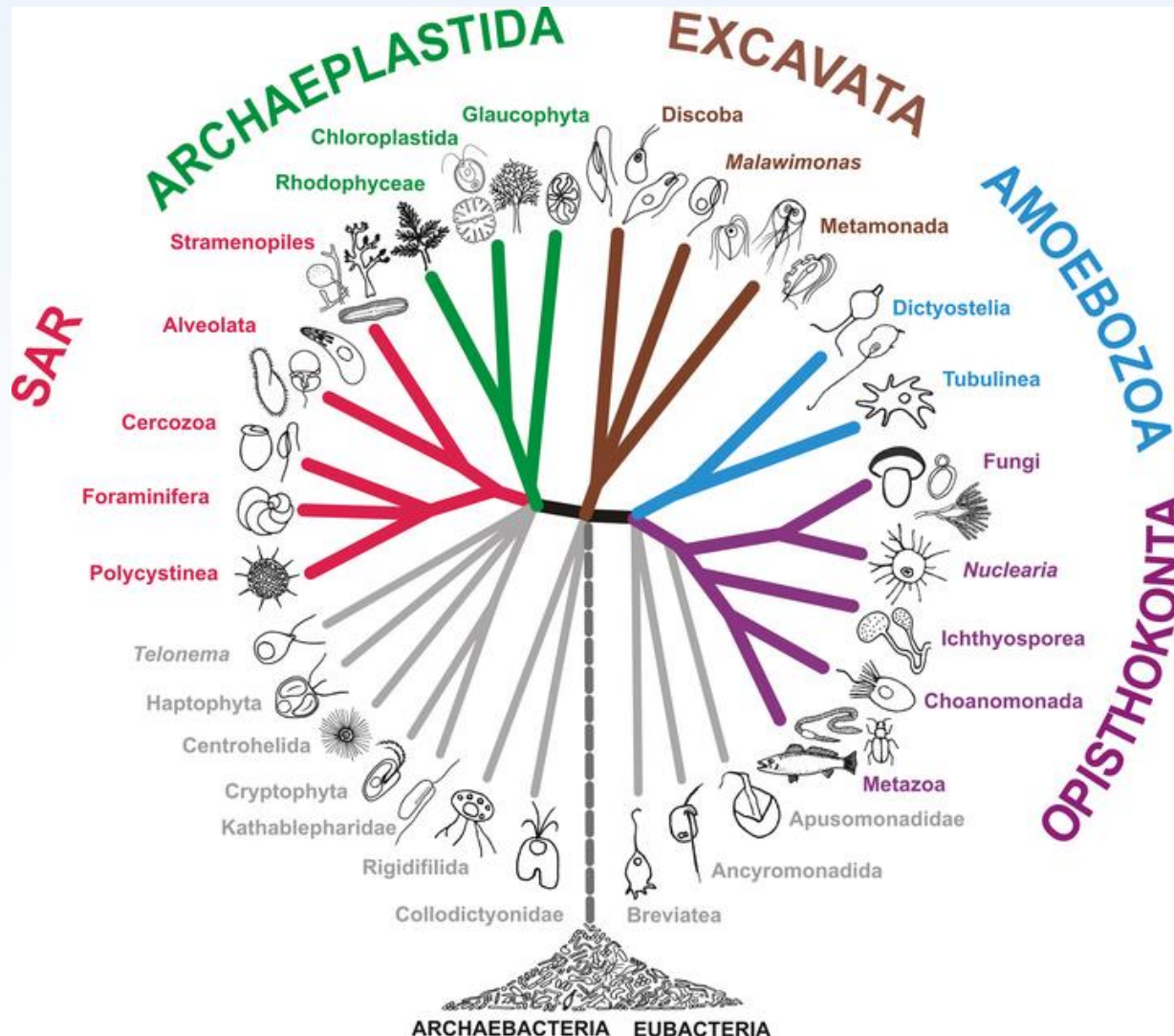
# Co jsou to protista?

- Eukaryotické organismy s jednoduchou organizací stélky (jednobuněčné, koloniální či vláknité). Nemají rozlišená pletiva.



# Co jsou to protista?

- Historicky byly tyto organismy řazeny do říše Protista, nyní je již tento pohled překonán



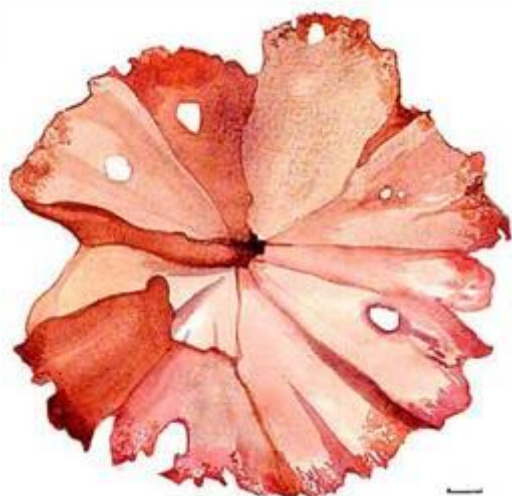
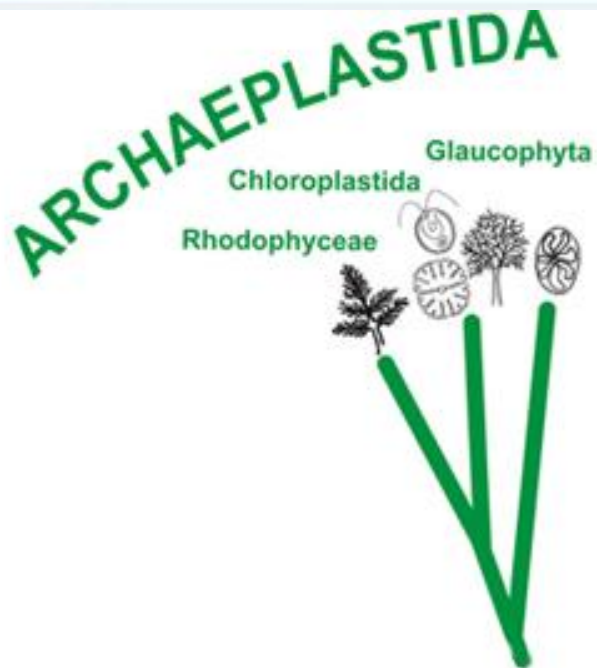
# Co jsou to protista?

- Drtivou většinu eukaryotní diverzity na naší planetě tvoří právě protistní organismy





# Co jsou to protista?



ruduchy



glaukofyty



zelené řasy

# Co jsou to protista?

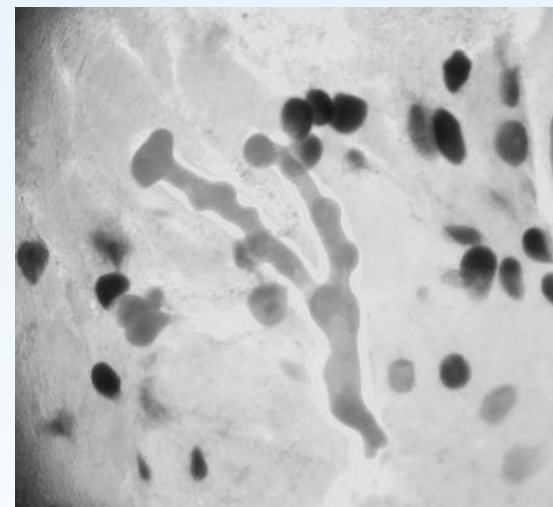


(c) 1994 by Kerry B. Clark

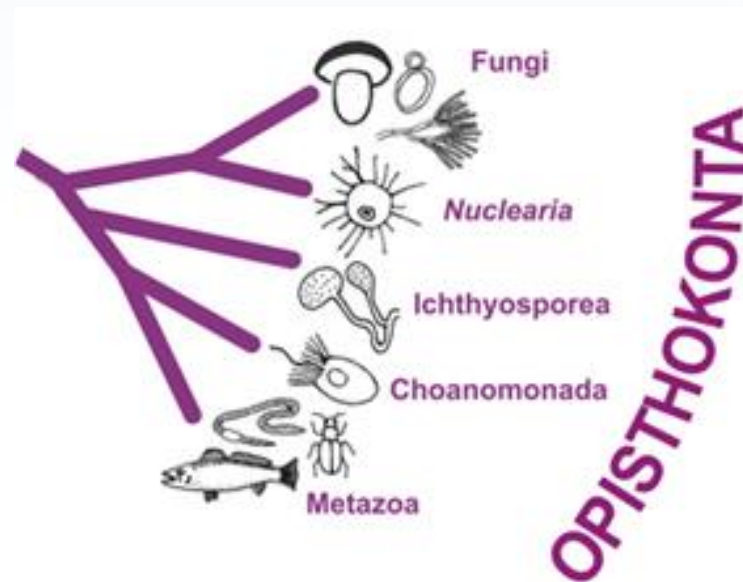
trubénky



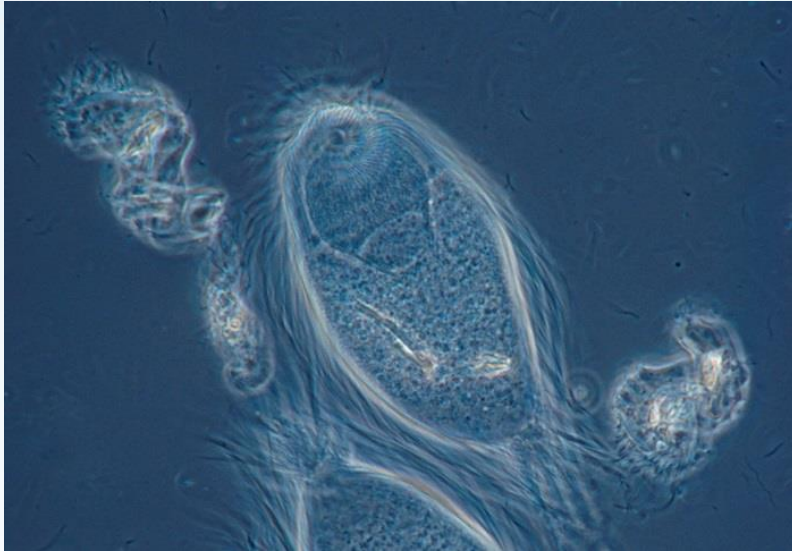
nukleárie



plísňovky



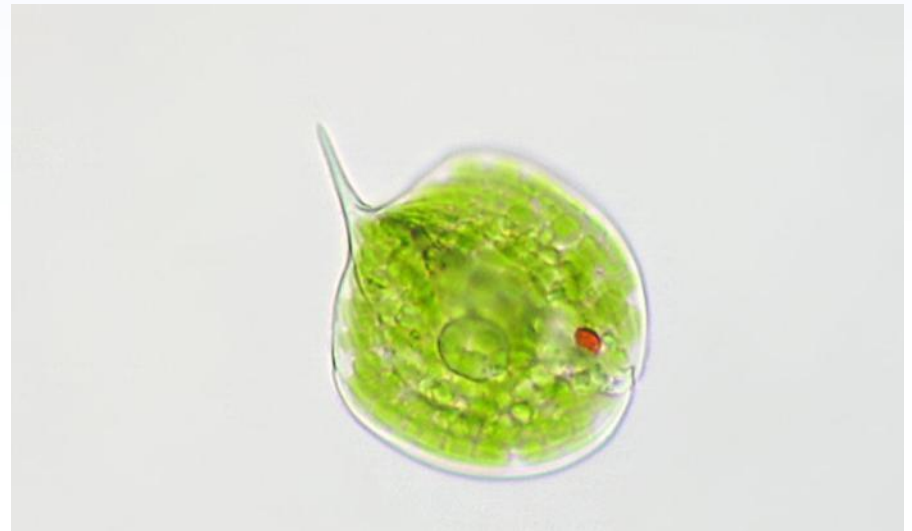
# Co jsou to protista?



trichomonády



Kinetoplastida



krásnoočka



# Co jsou to protista?



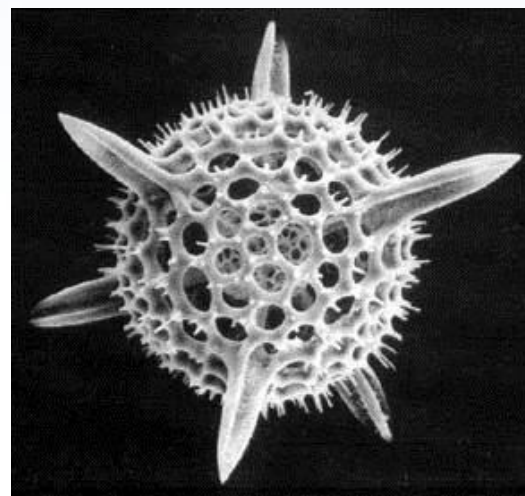
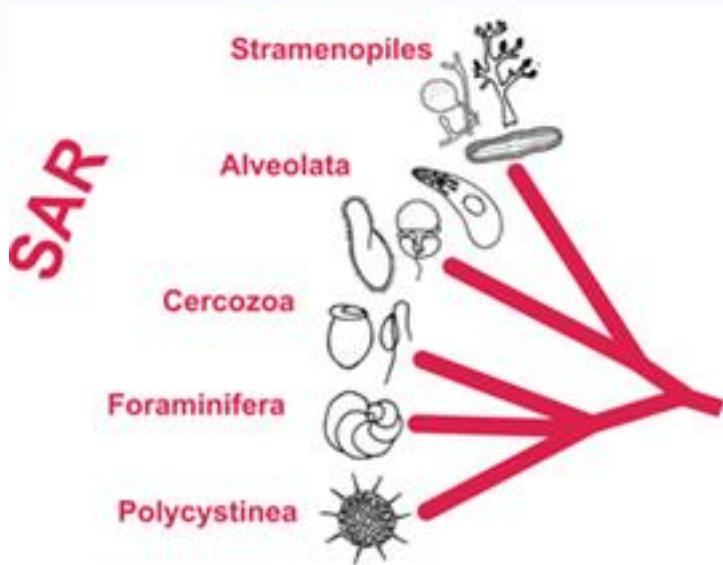
stramenopilové (rozsivky)



nálevčí



obrněnky



mřížovci



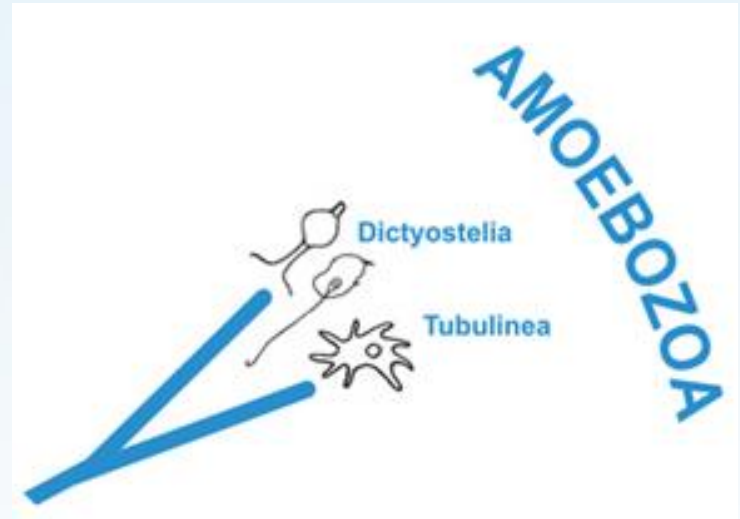
dírkonosci



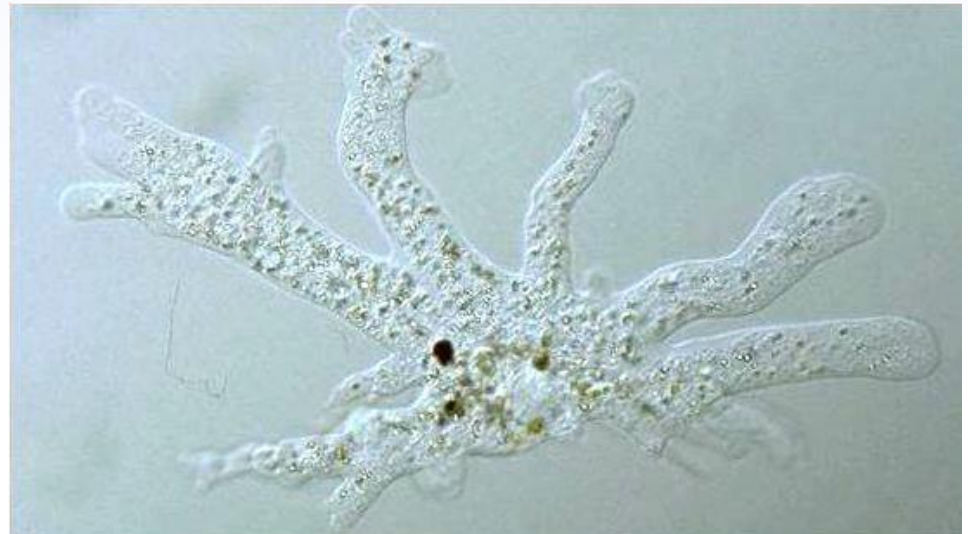
# Co jsou to protista?



hlenky



krytenky



améby

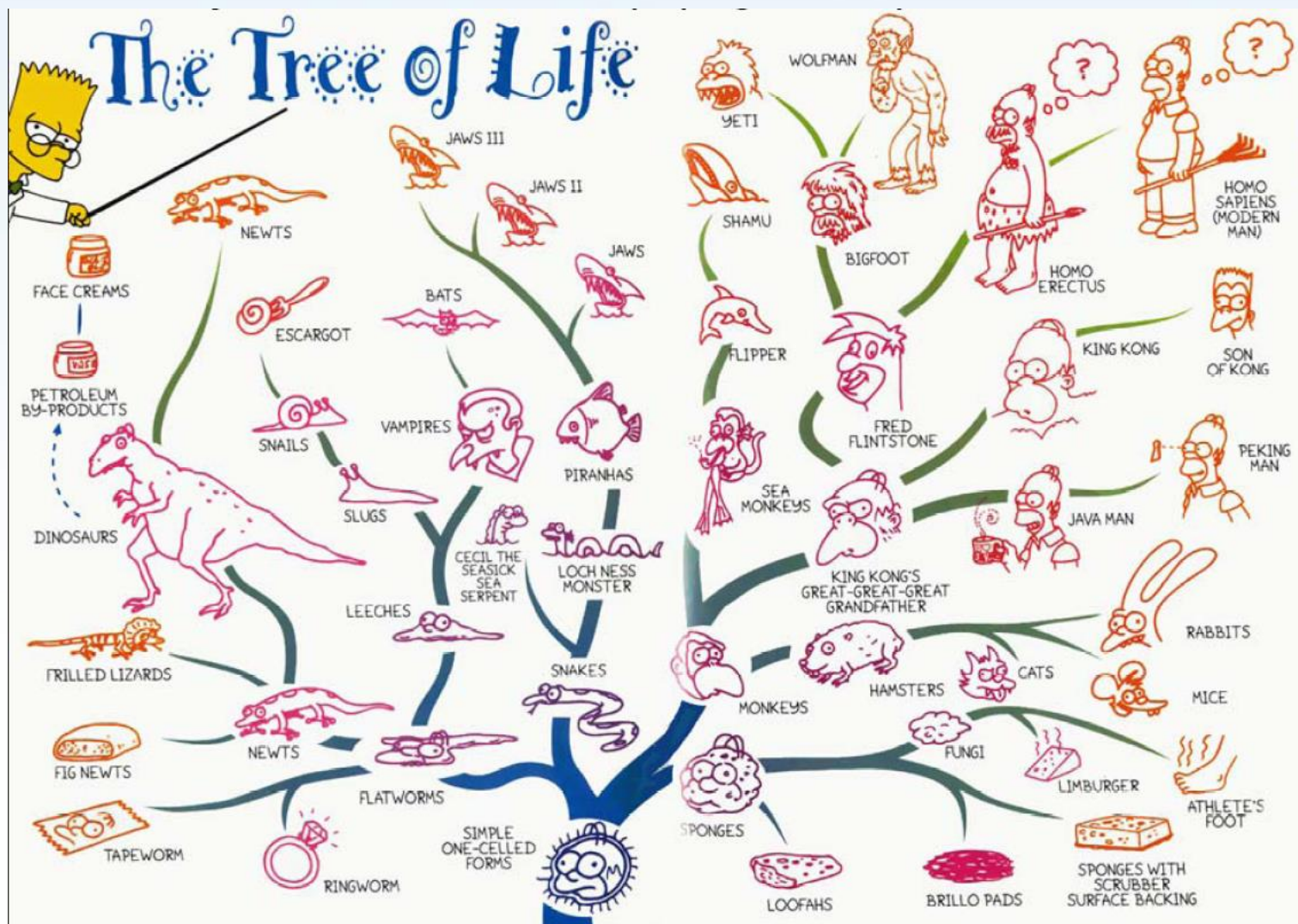






# fylogenetické stromy

Žijeme v éře fylogenetických stromů

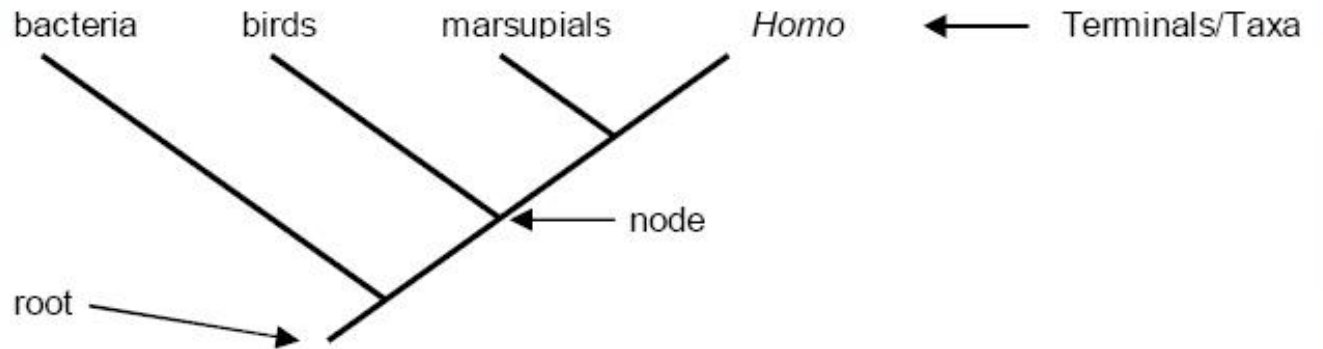
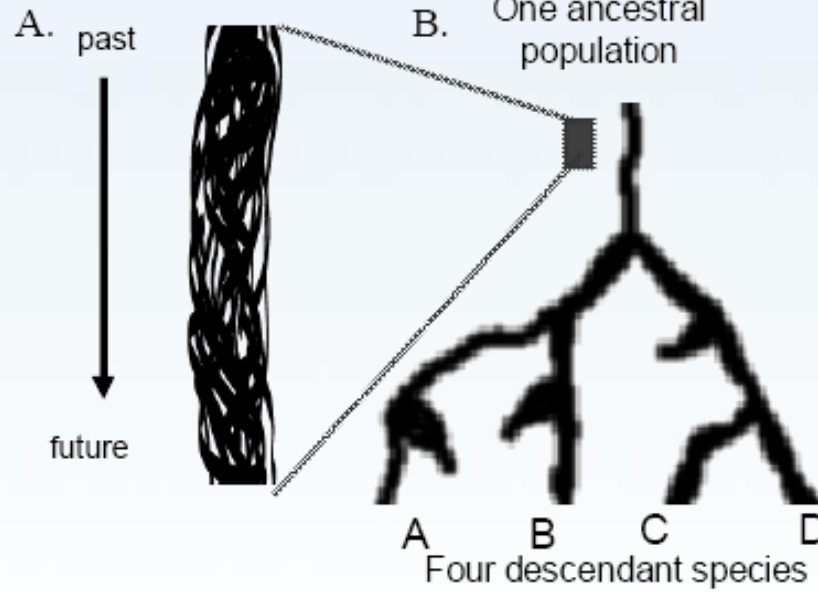
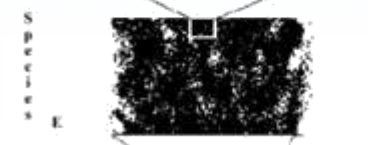
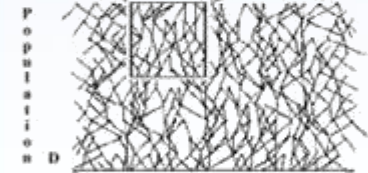
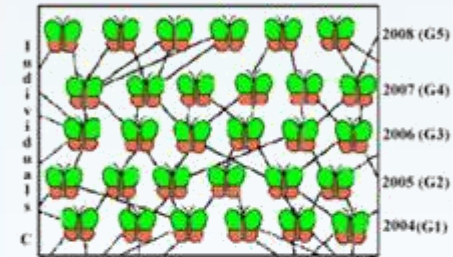
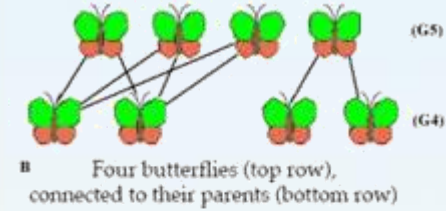




Four butterflies

# fylogenetické stromy

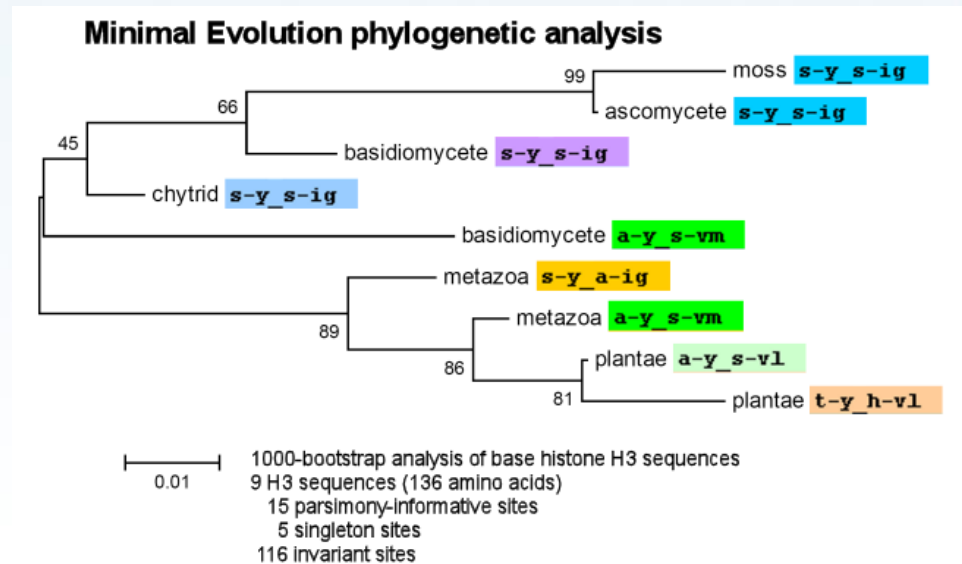
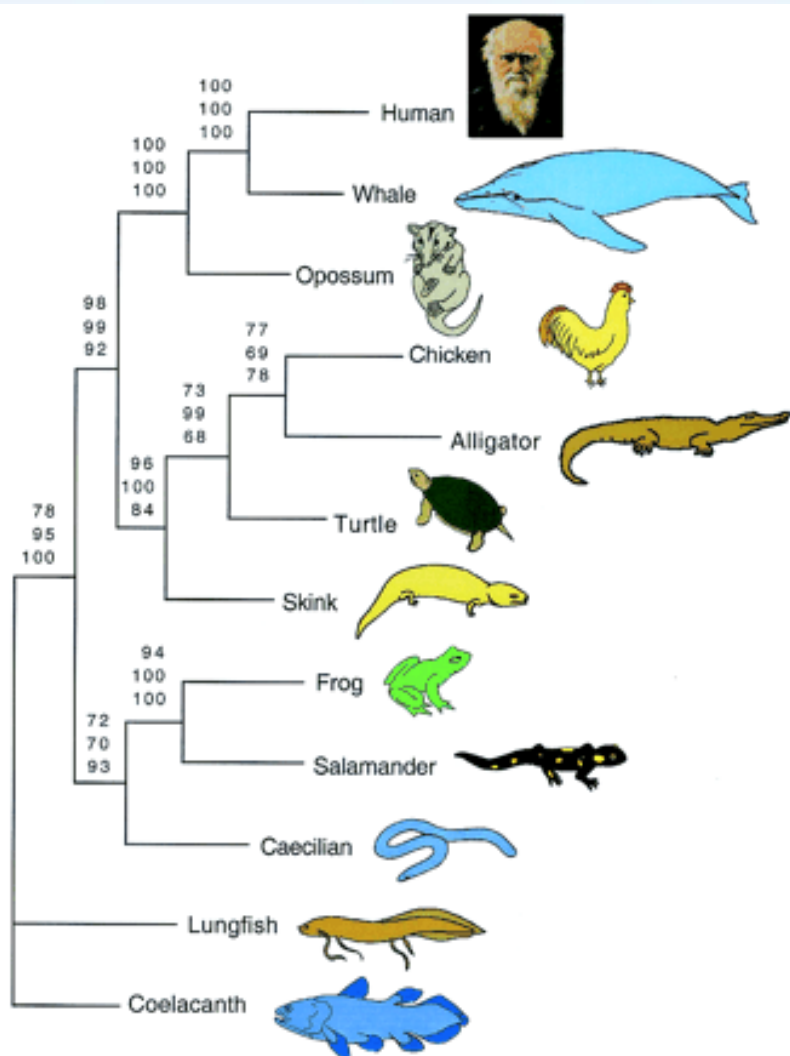
Molekulární data – příbuznost podle mutací v molekule DNA





# fylogenetické stromy

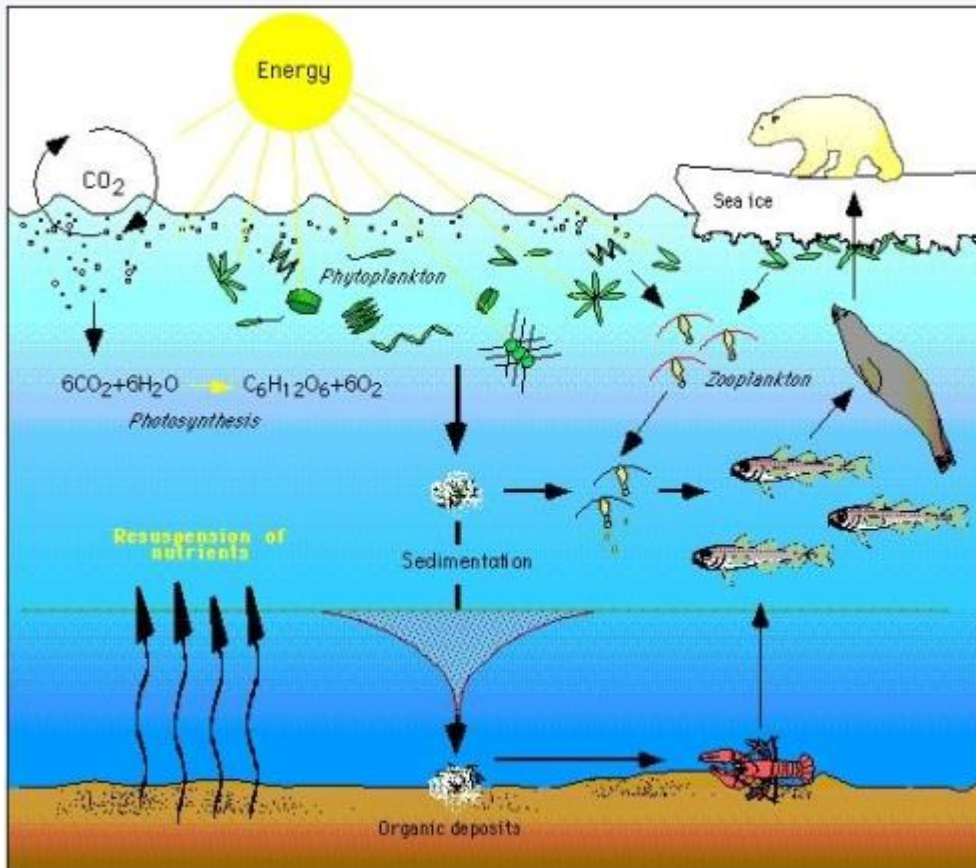
## Statistická podpora větví - bootstrap



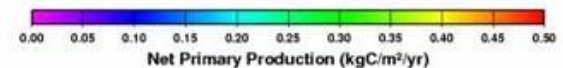
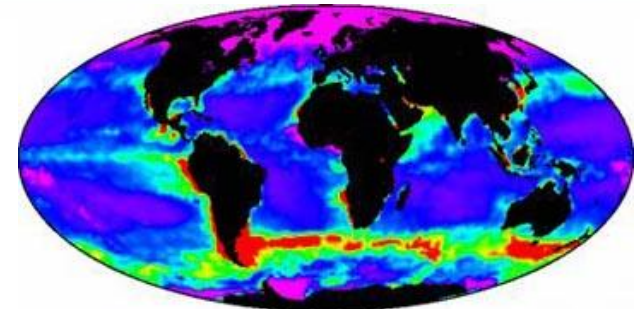
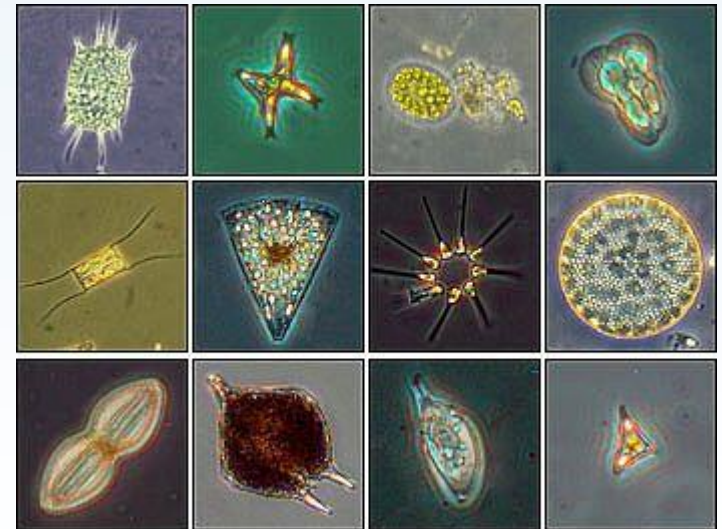
# Velikost a početnost protist

- Mořský fytoplankton –  $10^{25}$  buněk:

**10 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 buněk**



Drawn by Christopher Krembs

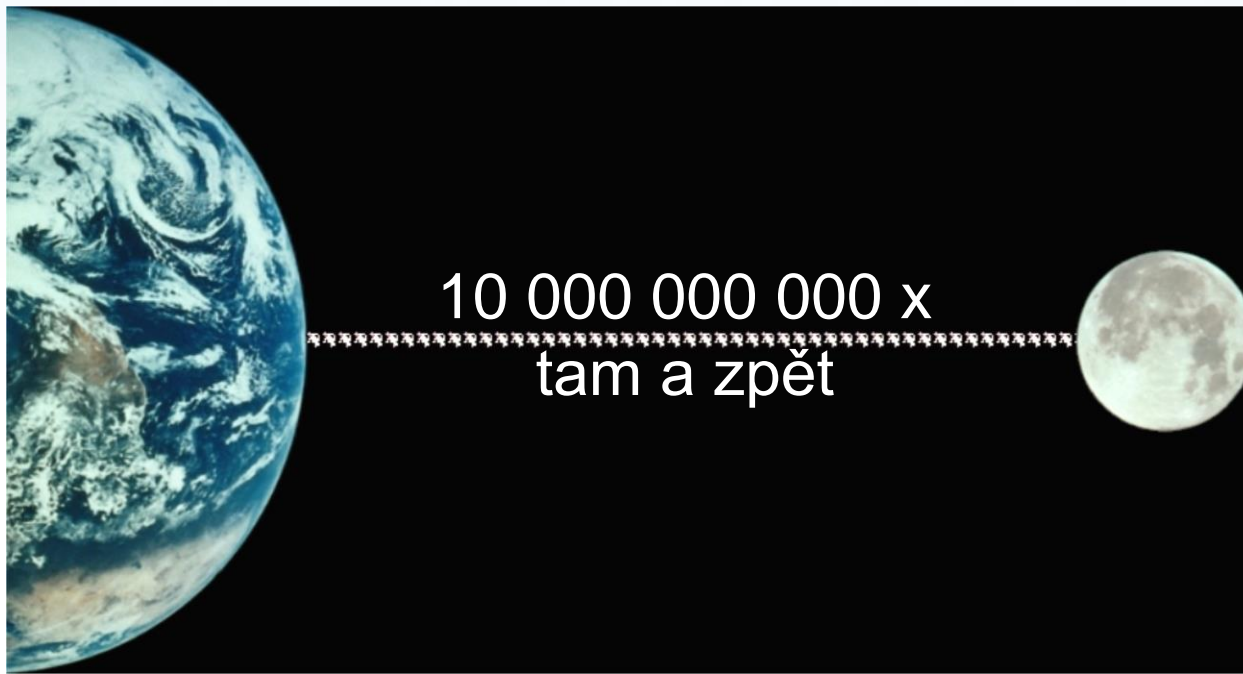


# Velikost a početnost protist

- Mořský fytoplankton –  $10^{25}$  buněk
- Průměrná velikost jedné buňky fytoplanktonu –  $2 \mu\text{m}$



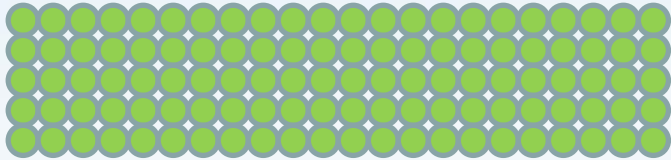
Řada buněk – 20 000 000 000 000 000 km



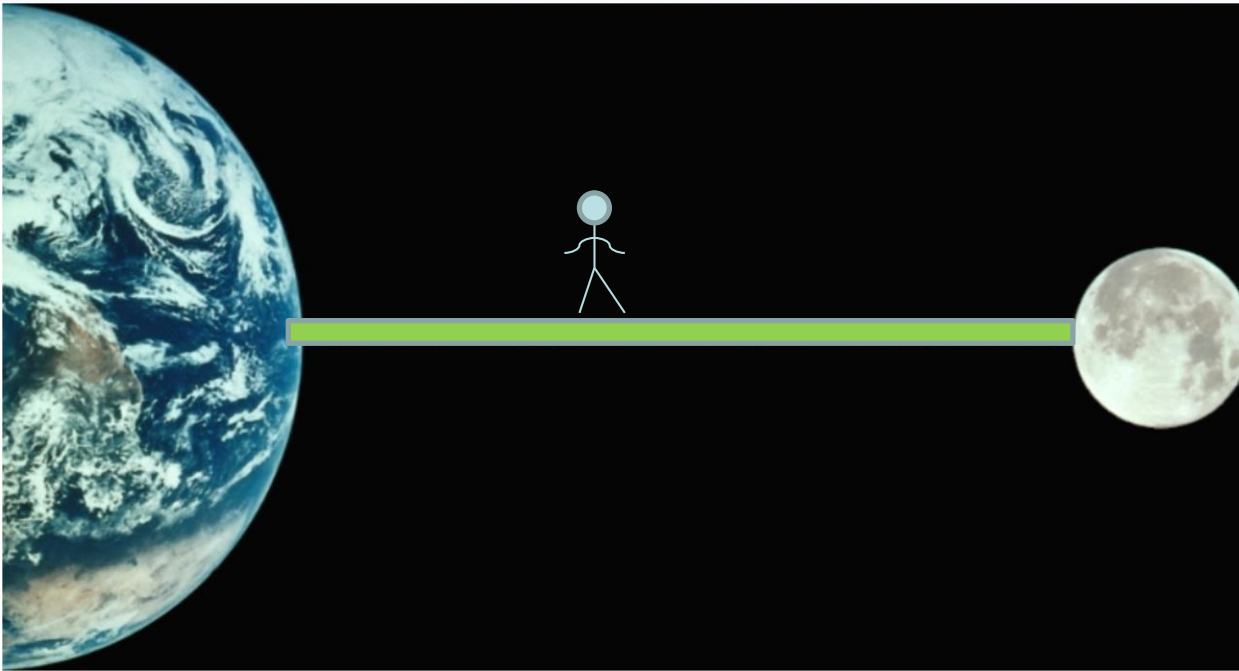
10 000 000 000 x  
tam a zpět

# Velikost a početnost protist

- Mořský fytoplankton –  $10^{25}$  buněk
- Průměrná velikost jedné buňky fytoplanktonu –  $2 \mu\text{m}$



Deska o šířce 30 cm a tloušťce 8 cm (150 000 x 40 000 buněk)

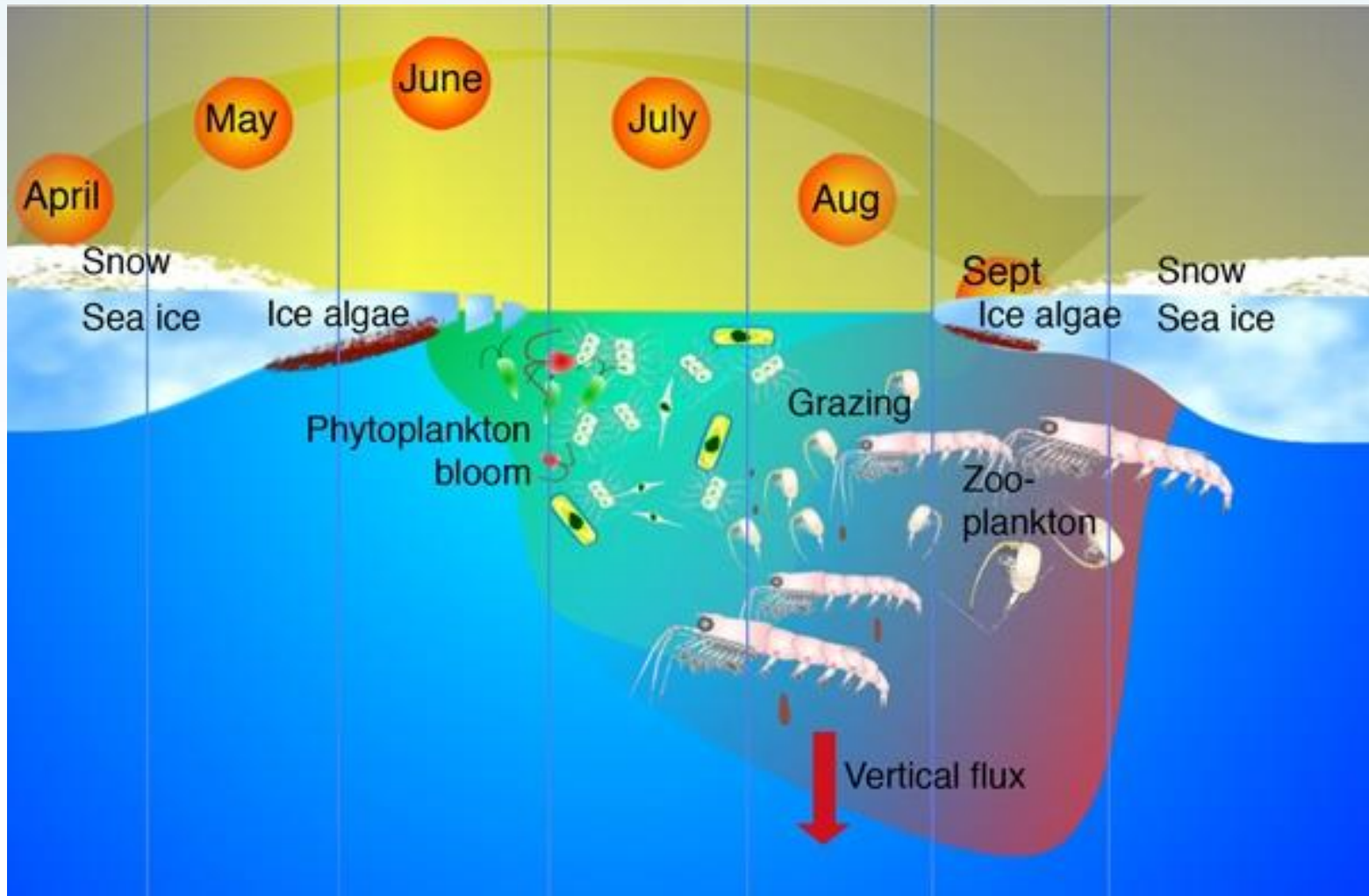




# Velikost a početnost protist

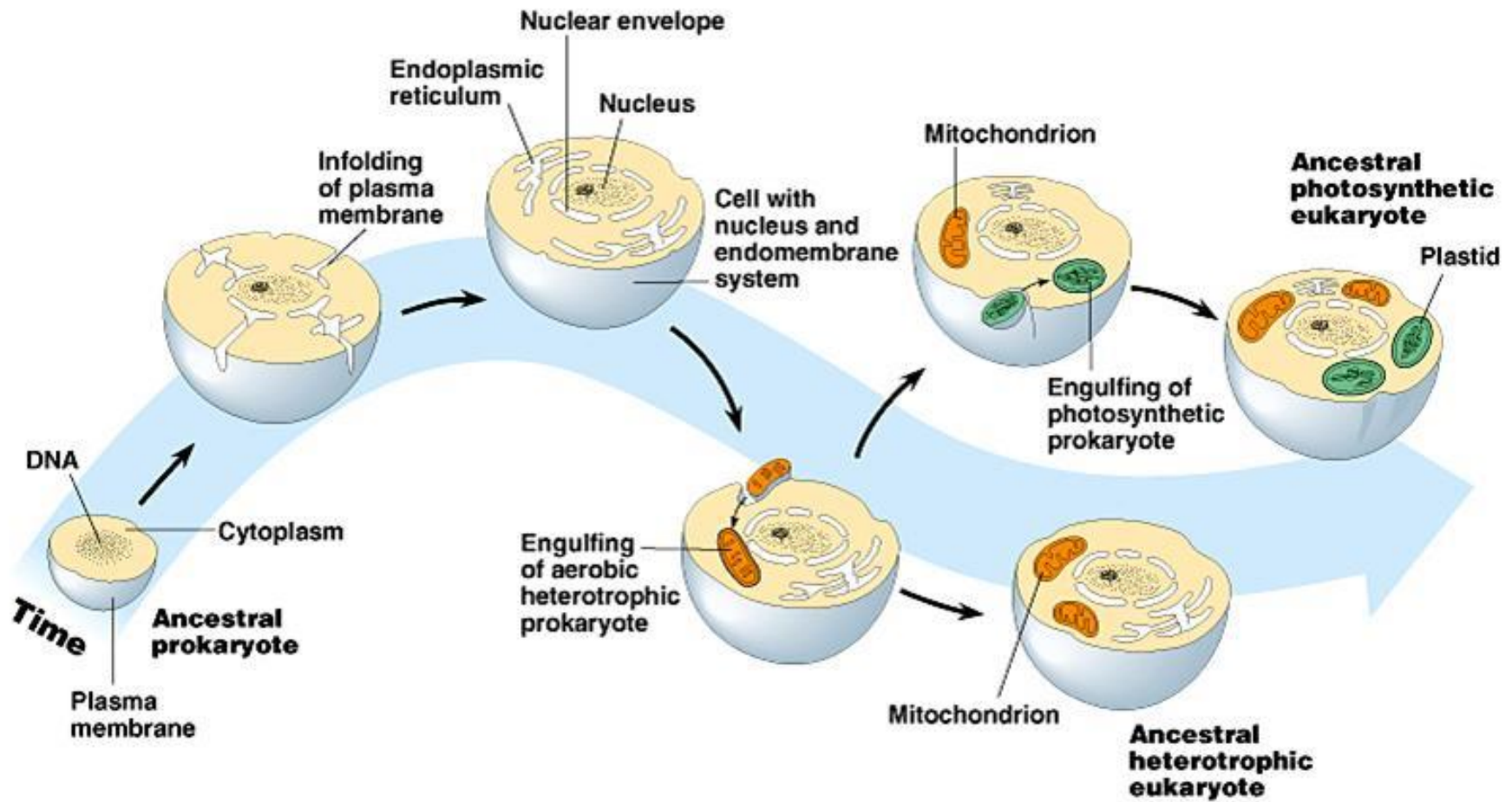
Ohromná dynamika:

- Mořský fytoplankton –  $10^{25}$  buněk
- Každá buňka se dělí v průměru 1x za den, stejný počet buněk denně sežrán zooplanktonem

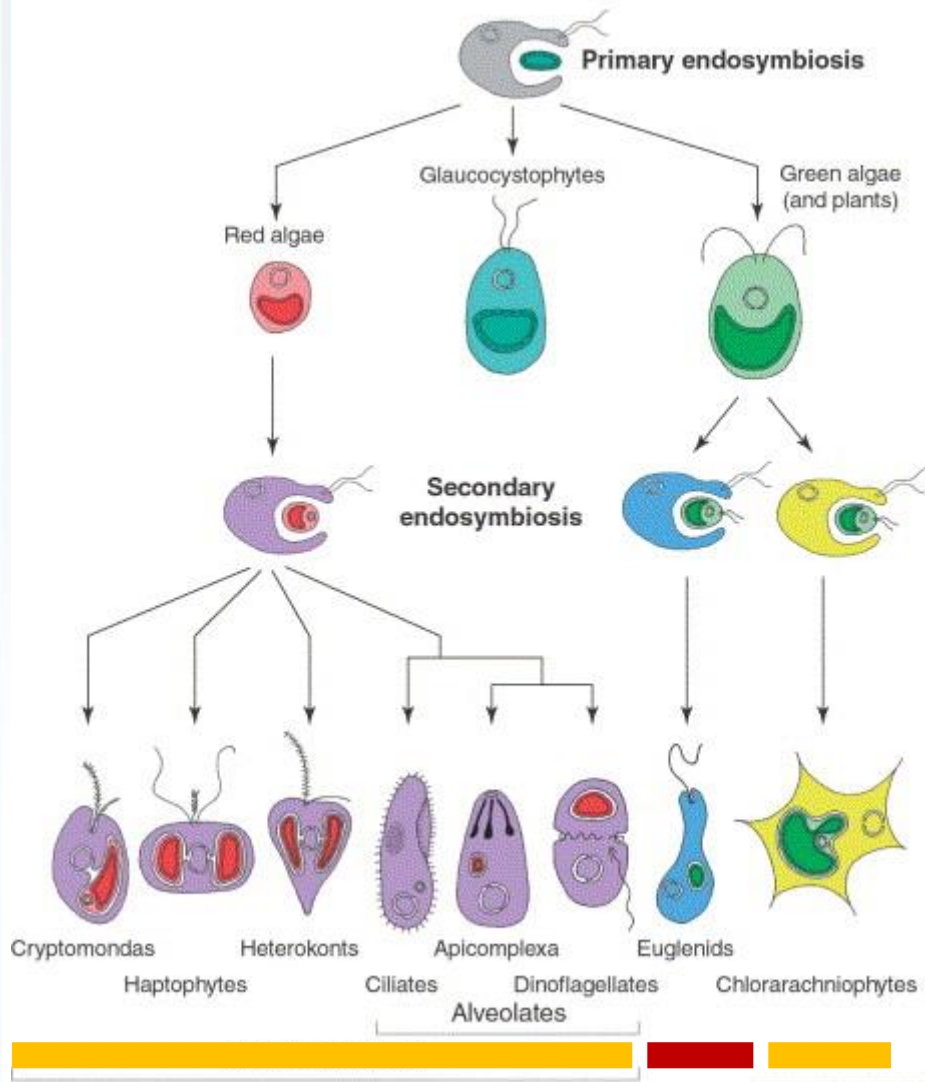


# Evoluce protistních organismů

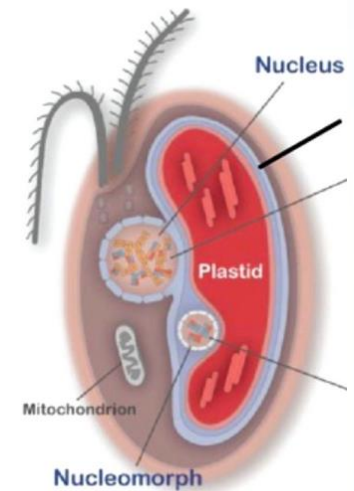
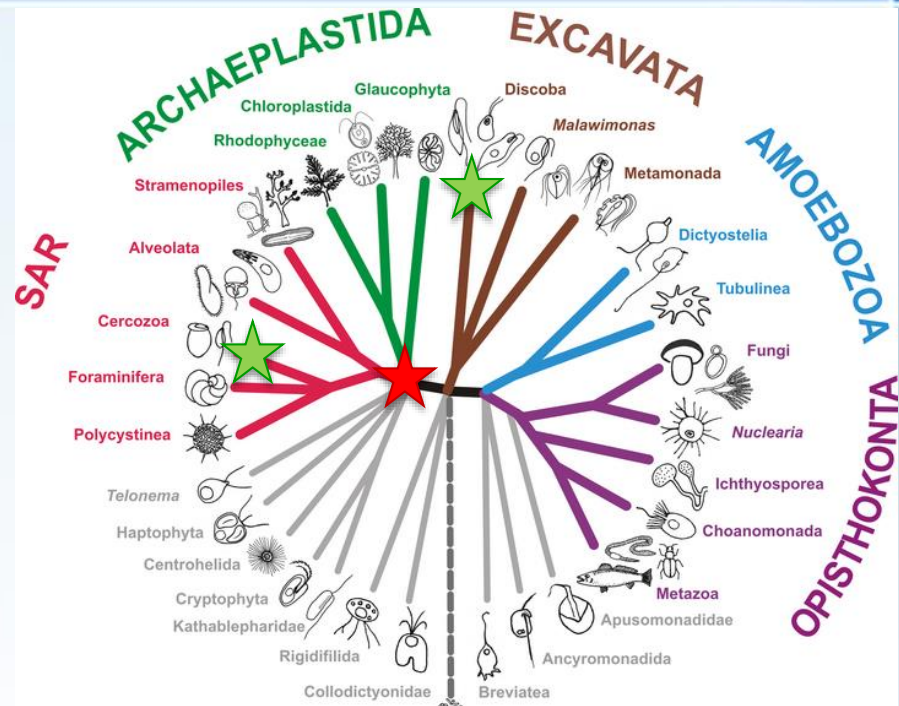
Symbiogeneze – klíčový koncept evoluce protist



# Evoluce protistních organismů



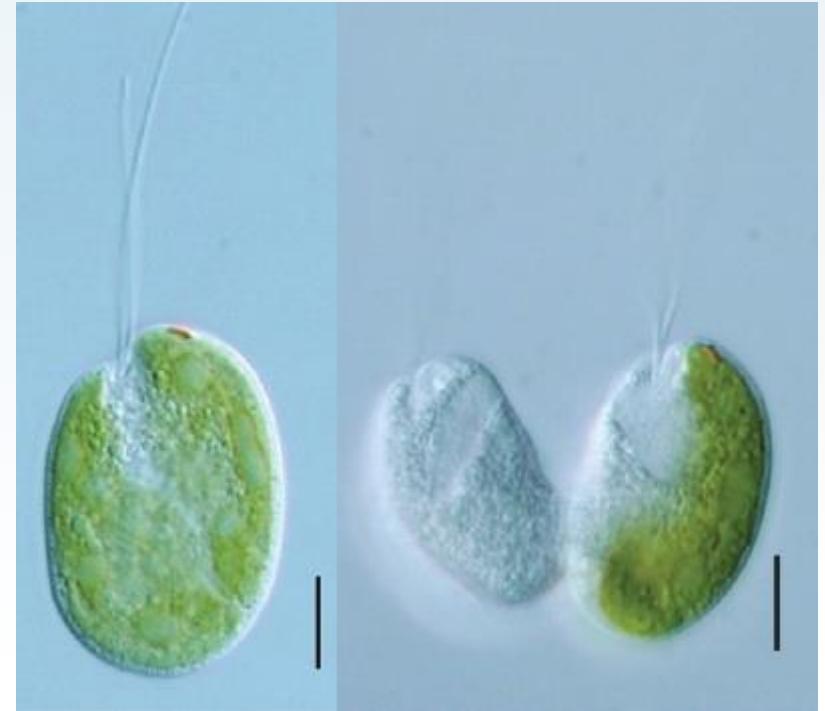
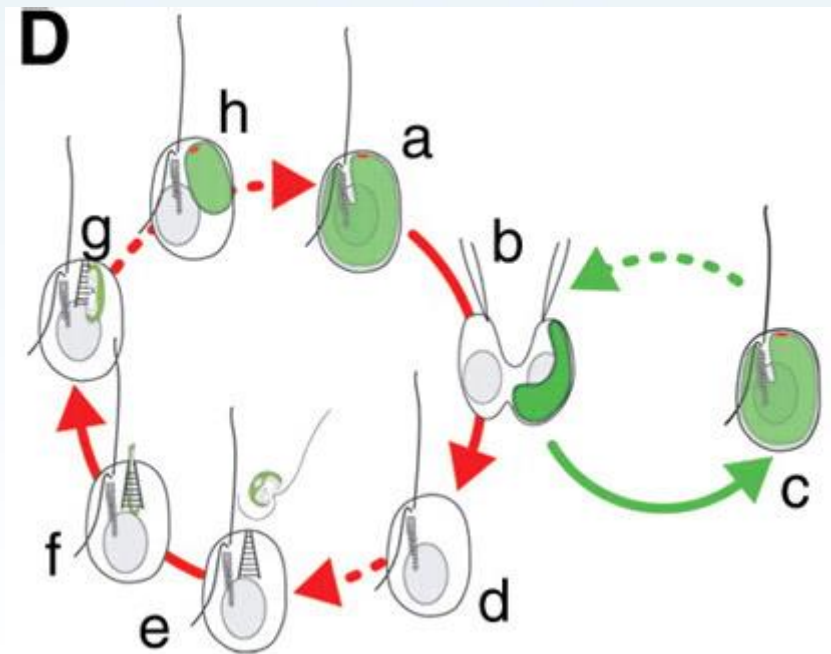
TRENDS in Genetics





# Evoluce protistních organismů

Současně probíhající endosymbióza - *Hatena*





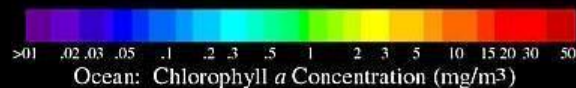
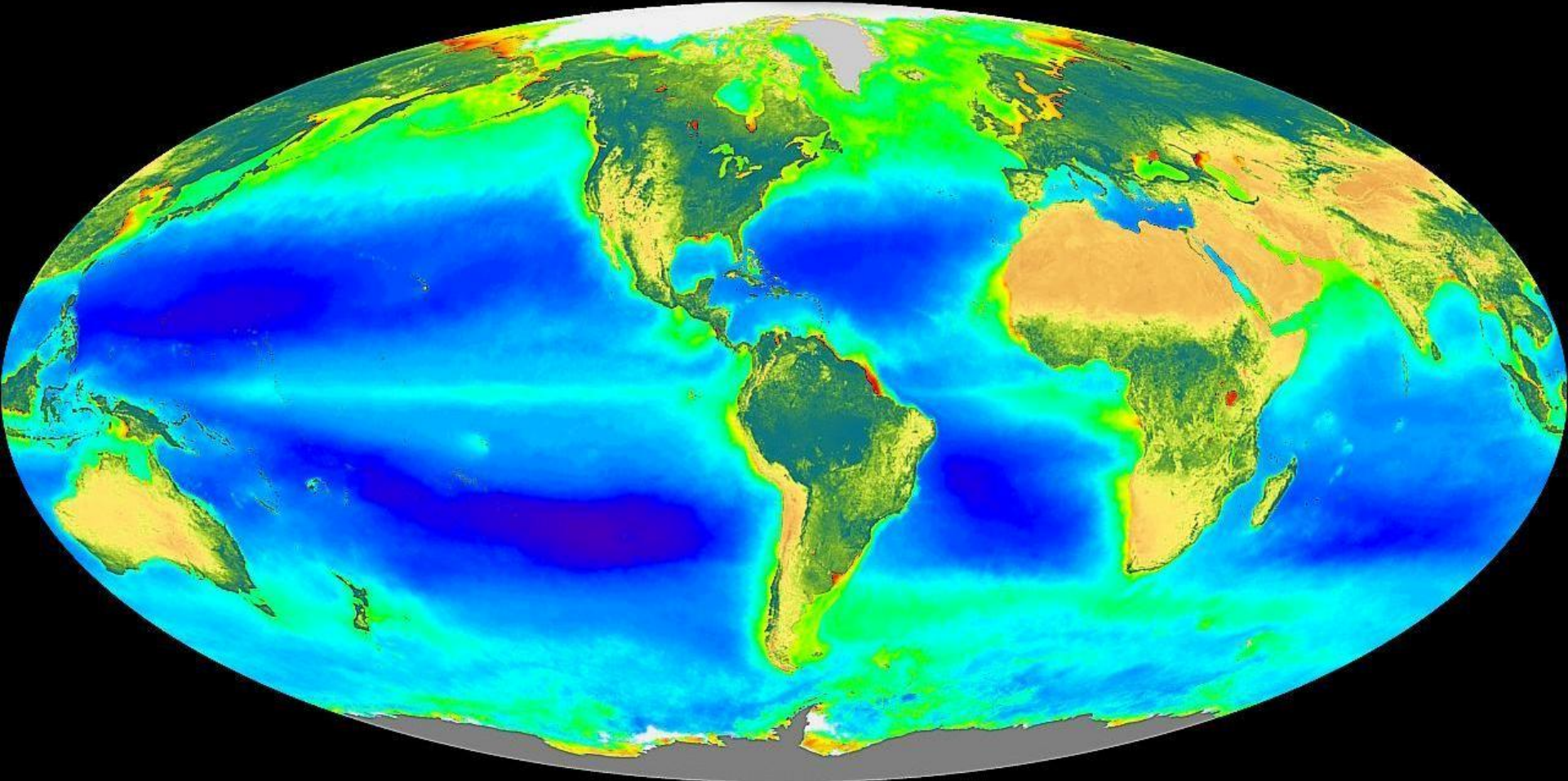
# Evoluce protistních organismů

Kleptoplastidy – *Elysia*, *Costasiella*



# Globální význam protist

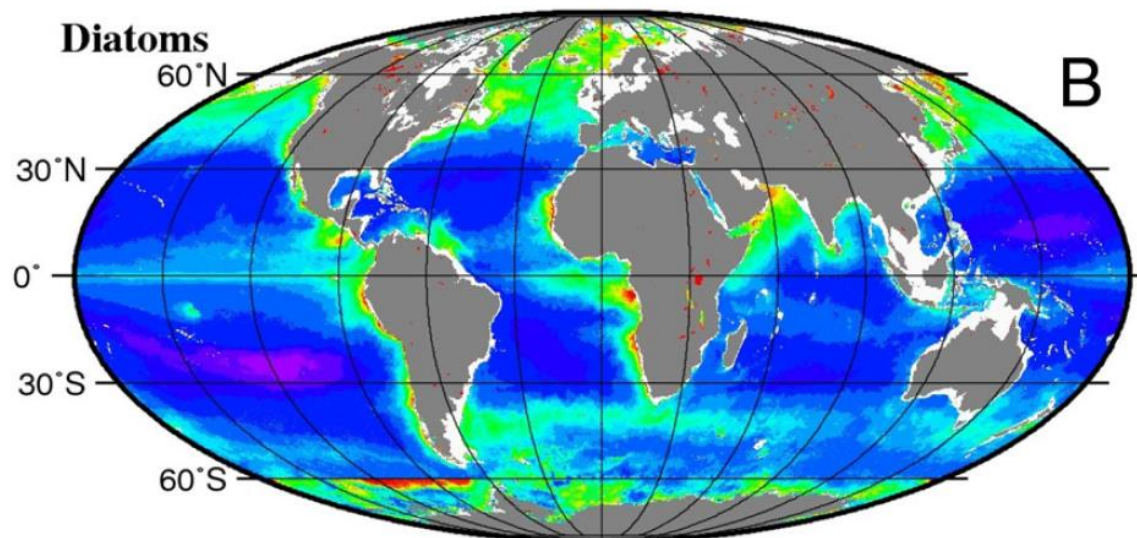
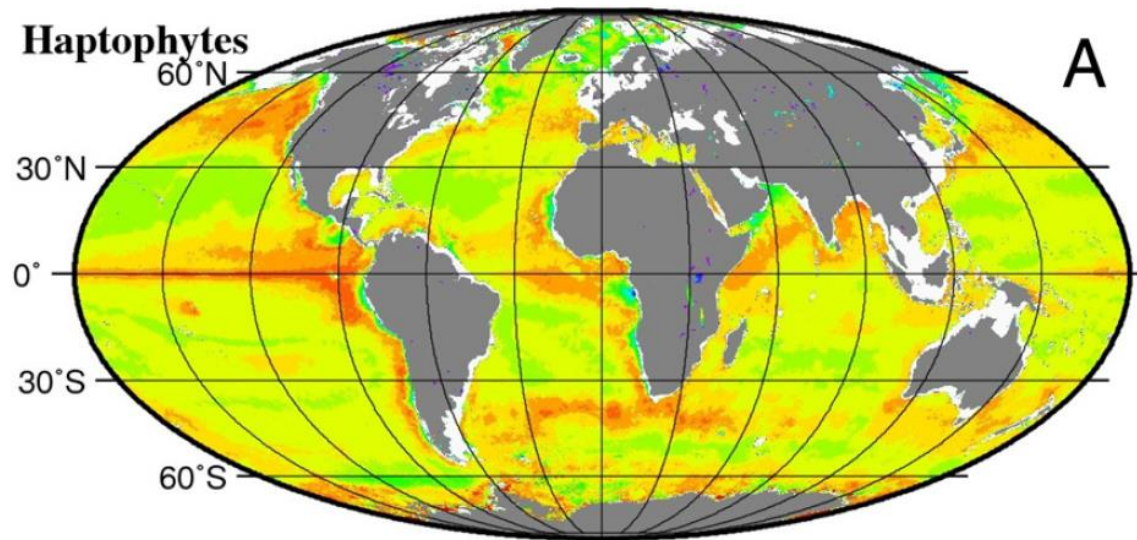
- Primární produkce, řasy se podílí na celé polovině produkce  $O_2$ 
  - Mořský fytoplankton - 40 % celkové pp, z toho rozsivky 20-25 %





# Globální význam protist

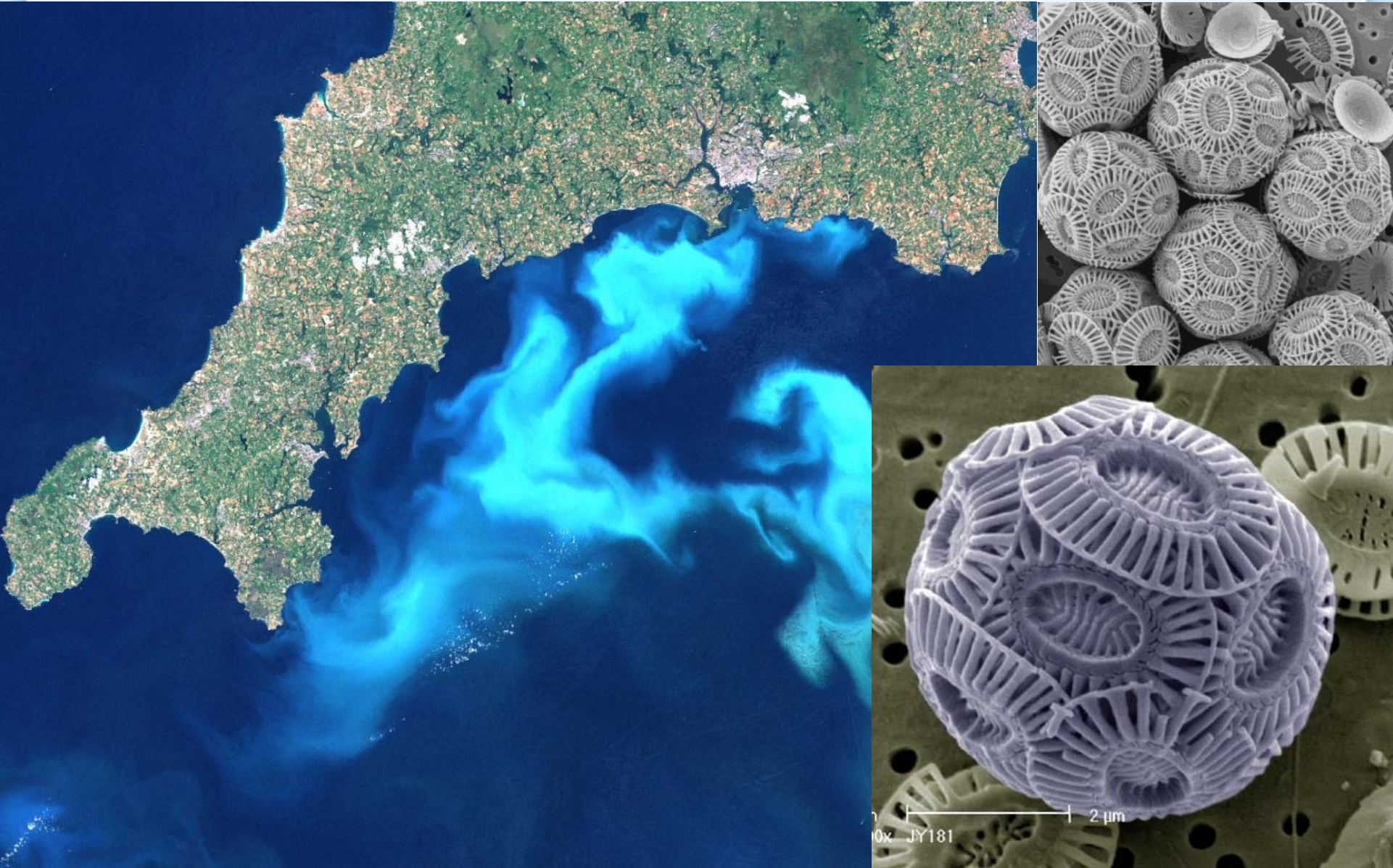
- Primární produkce, řasy se podílí na celé polovině produkce  $O_2$





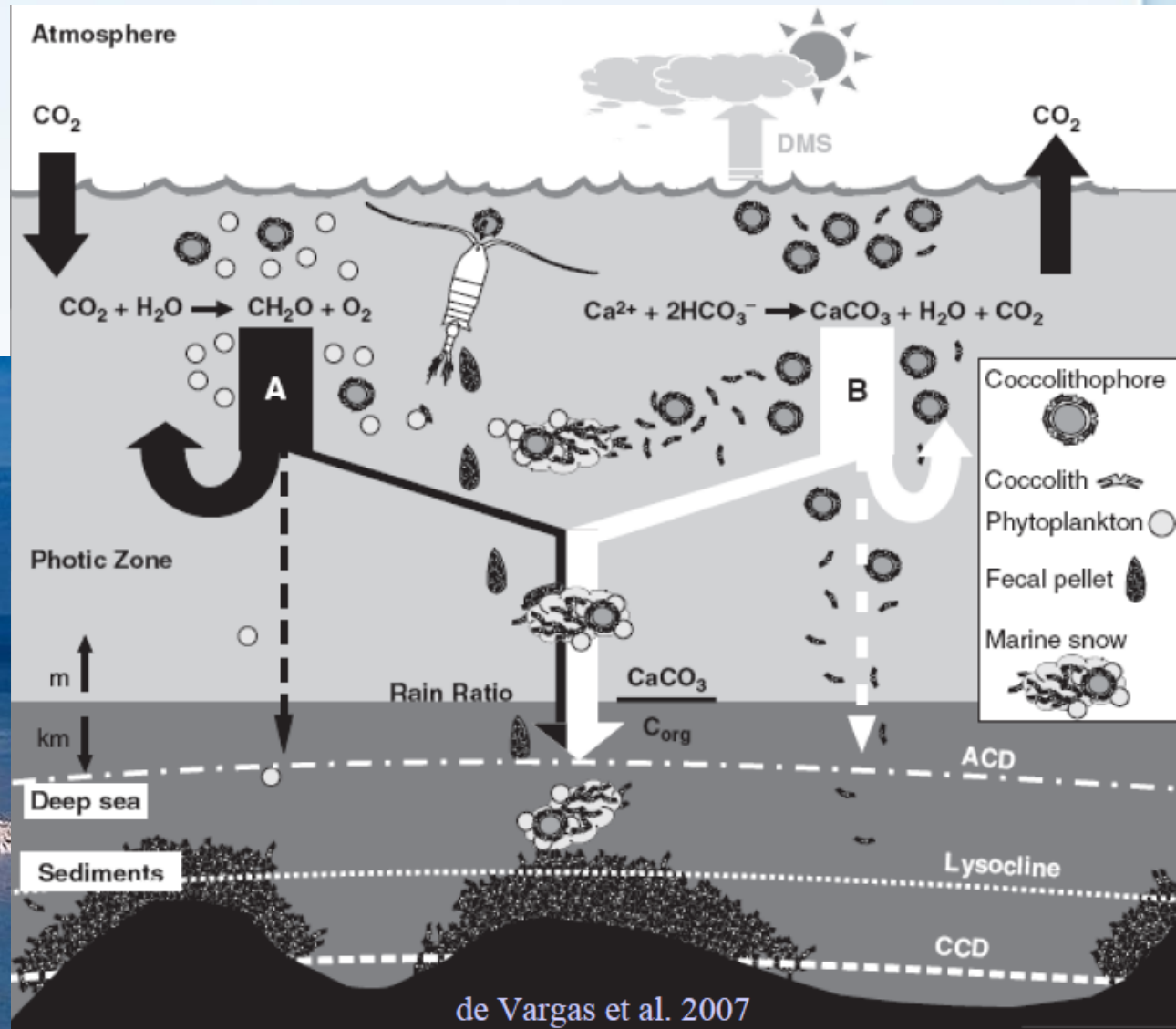
# Globální význam protist

- *Emiliana huxleyi* – nejhojnější eukaryot na planetě, white tides



# Globální význam protist

- *Emiliana huxleyi* – kokolity
- Výrazné ovlivnění globálního klimatu na Zemi
- Vápence (Dover cliffs)



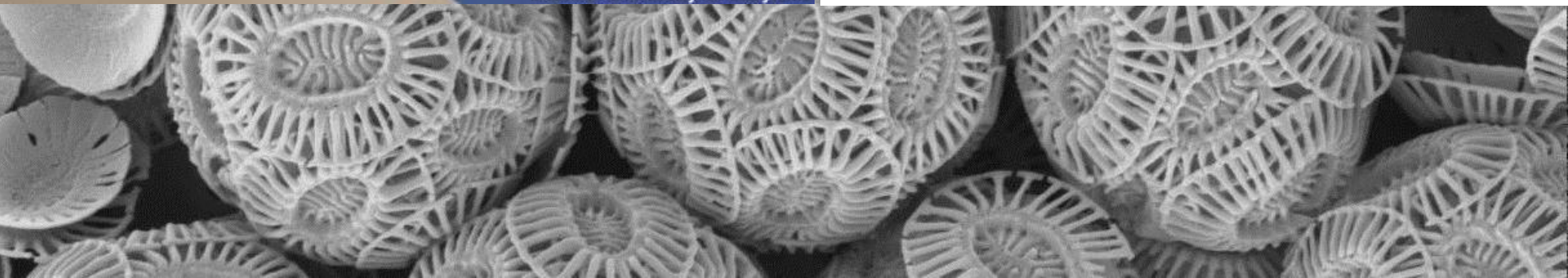
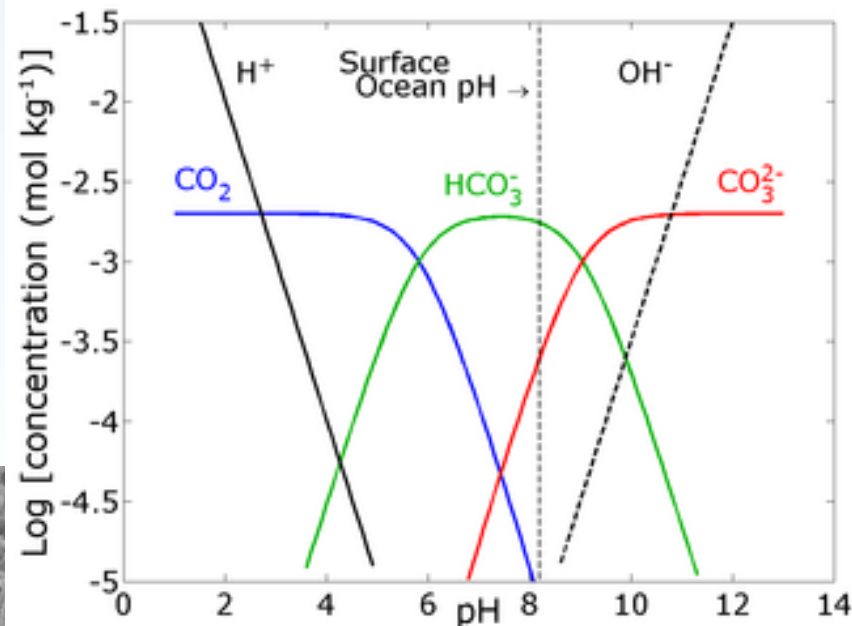
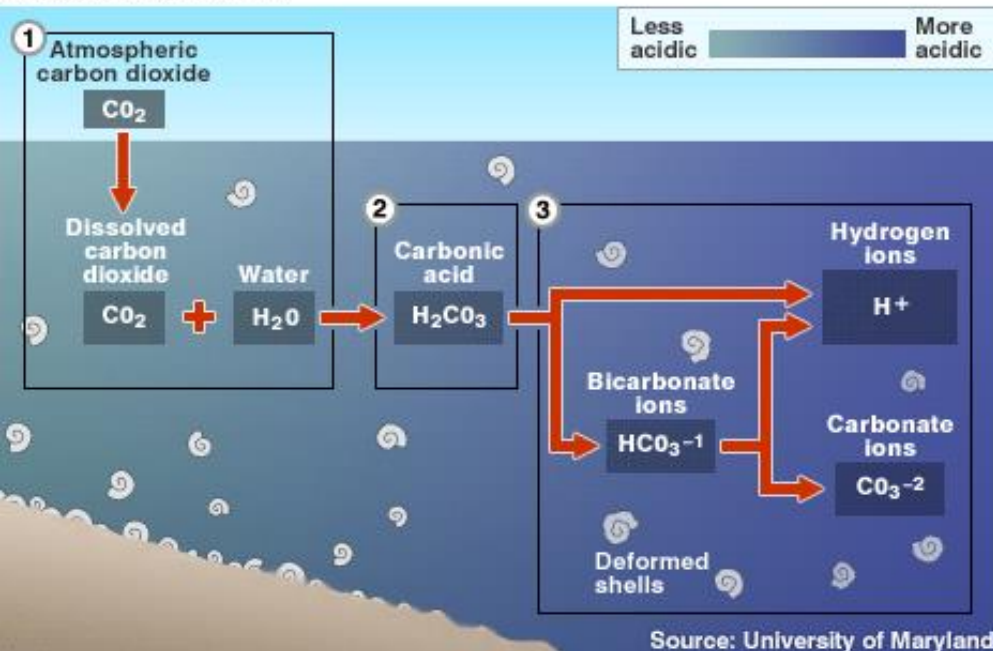


# Globální význam protist

- *Emiliana huxleyi*

- acidifikace moří: oxid uhličitý snižuje pH mořské vody, čímž se mění rovnovážný stav jeho tří rozpustných forem ve prospěch  $\text{CO}_2$  (nevyužitelný pro emilianii)

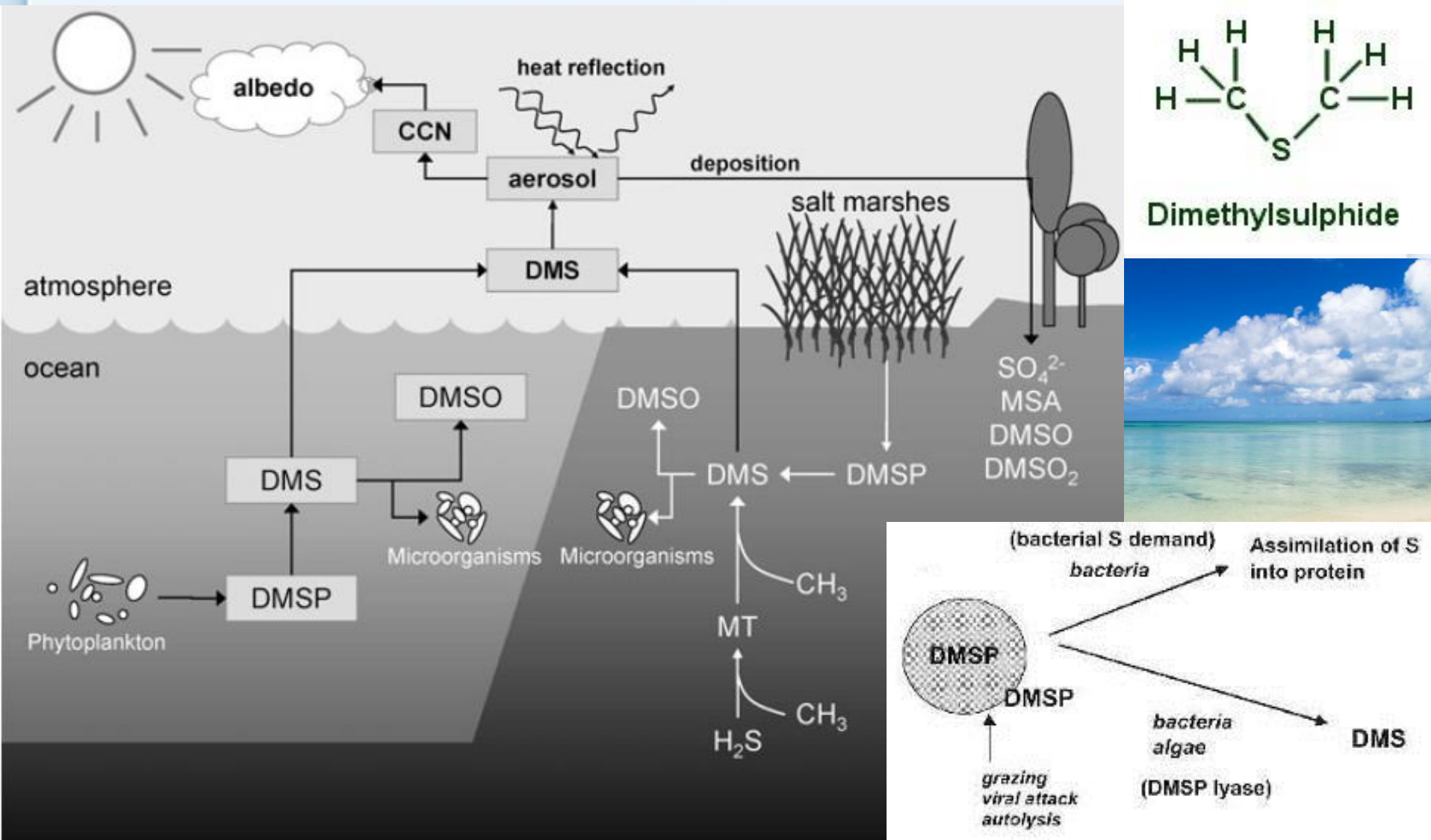
## OCEAN ACIDIFICATION





# Globální význam protist

- *Emiliana huxleyi*
  - dimethylsulfid: kondenzační jádra v mracích, ochlazování planety



# Globální význam protist

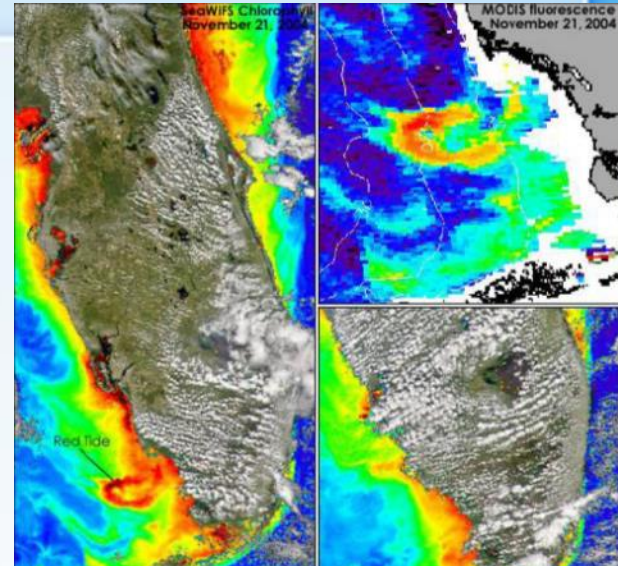
- Protista jako geologická síla
  - Křída – z mořských mikroorganismů (dírkonošci, kokolity),
  - Silicity – nahromadění schránek protist (rozsivky, mřížovci): křemenec, diatomit, buližník,





# Význam protist

- Produce toxinů (obrněnky – red tides)
- CFP (ciguatera fish poisoning)
  - Nejrozšířenější onemocnění způsobené mořskými toxiny (50000 onemocnění ročně)
  - Kumulace v mořských tropických rybách
  - Gastrointestinální potíže: průjem, zvracení
  - Neurologické projevy: teplotní změny
  - Kardiologické potíže: arytmie, zástava srdce
  - Mortalita: 0,1 – 12 %



*A hidden danger lurks among the reefs.*

## *Beware of Ciguatera* (pronounced sig-wa tērra)



Hogfish (*Lachnolaimus maximus*)

*Tiny algae can produce toxins that concentrate in the organs and flesh of large carnivorous reef fish (such as barracuda, hogfish, red snapper and groupers). Ciguatera fish doesn't look or taste bad.*

*Symptoms of ciguatera appear within 6-24 hours, and include vomiting, diarrhea, abdominal pain and cramping, as well as unusual sensations (such as itching skin, aching teeth and painful urination). The classic symptom of ciguatera is the sensation that cold things feel hot to the touch. For some people, these symptoms come and go for months or even years, and can be triggered by eating seafood, caffeine or alcohol.*

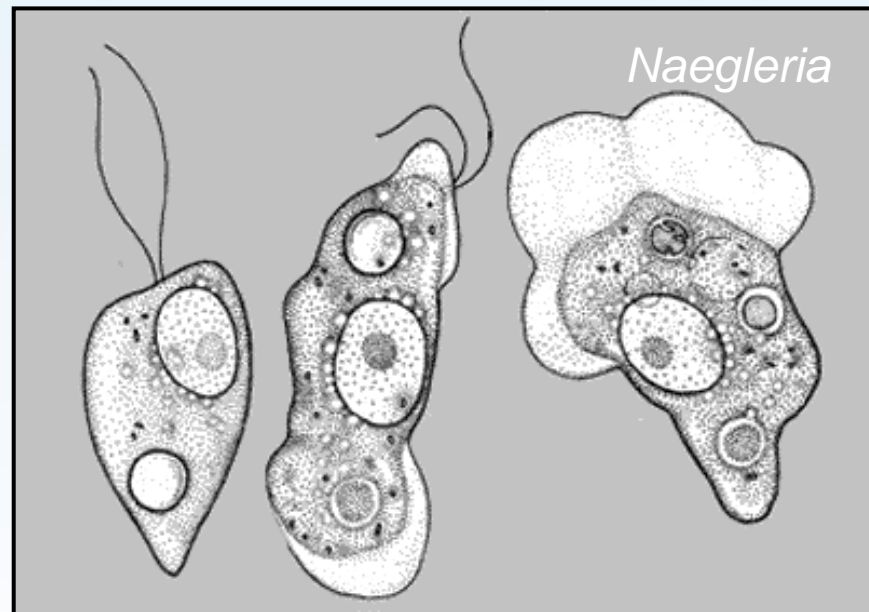
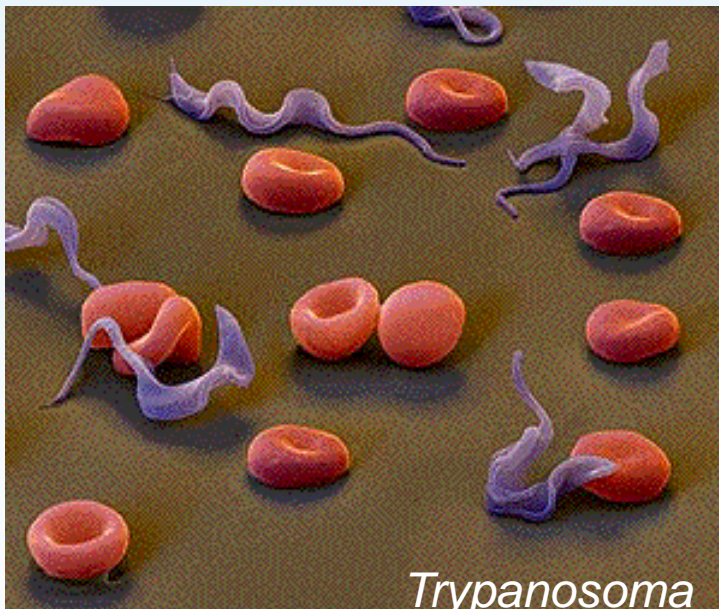


Gag grouper (*Myripristis muriei*)

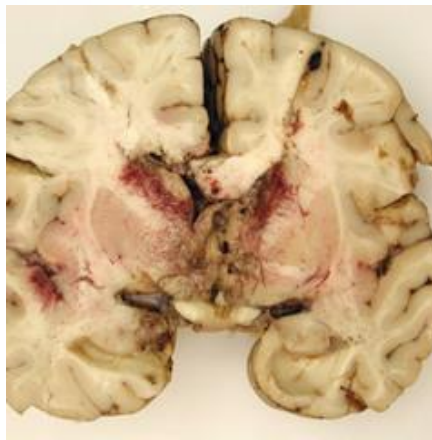
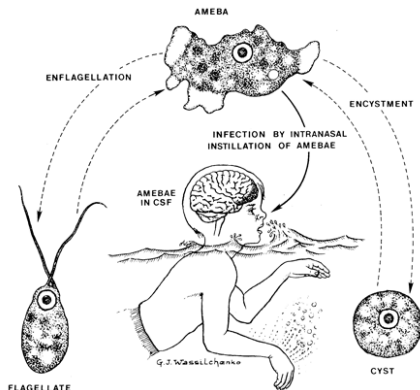


# Význam protist

- významní parazité člověka



- *Naegleria fawleri* - původce PAME (primární amébová meningo-encefalitida)
  - 1963-1965 - Ústí nad Labem - smrt 16 mladých lidí, kteří se nakazili v plaveckém bazénu.







# Význam protist

- Významní parazité člověka
  - Naegleria fawlerii

## North Louisiana Woman Dies from Rare Ameba Infection

DHH warns residents about improper neti pot use

Tuesday, December 6, 2011 | Contact: Bureau of Media & Communications  (225) 342-7913  or  (225) 252-3579  (cell)

**Baton Rouge**—The Louisiana Department of Health and Hospitals is warning residents about the dangers of the improper use of neti pots. The warning follows the state's second death this year caused by *Naegleria fowleri*, the so-called brain-eating ameba. A 51-year-old DeSoto Parish woman died recently after using tap water in a neti pot to irrigate her sinuses and becoming infected with the deadly ameba. In June, a 20-year-old St. Bernard Parish man died under the same circumstances. *Naegleria fowleri* infects people by entering the body through the nose. A neti pot is commonly used to irrigate sinuses, and looks like a genie's lamp.

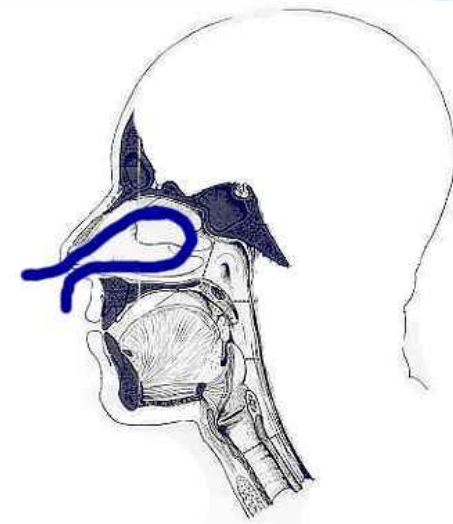
"If you are irrigating, flushing, or rinsing your sinuses, for example, by using a neti pot, use distilled, sterile or previously boiled water to make up the irrigation solution," said Louisiana State Epidemiologist, Dr. Raoult Ratard. "Tap water is safe for drinking, but not for irrigating your nose." It's also important to rinse the irrigation device after each use and leave open to air dry.

*Naegleria fowleri* infection typically occurs when people go swimming or diving in warm freshwater lakes and rivers. In very rare instances, *Naegleria fowleri* infections may also occur when contaminated water from other sources (such as inadequately chlorinated swimming pool water or heated tap water less than 116.6 degrees Fahrenheit) enters the nose when people submerge their heads or when people irrigate their sinuses with devices such as a neti pot. You cannot be infected with *Naegleria fowleri* by drinking water.

*Naegleria fowleri* causes the disease primary amebic meningoencephalitis (PAM), a brain infection that leads to the destruction of brain tissue. In its early stages, symptoms of PAM may be similar to symptoms of bacterial meningitis.

Initial symptoms of PAM start one to seven days after infection. The initial symptoms include headache, fever, nausea, vomiting, and stiff neck. Later symptoms include confusion, lack of attention to people and surroundings, loss of balance, seizures, and hallucinations. After the start of symptoms, the disease progresses rapidly and usually causes death within one to 12 days.

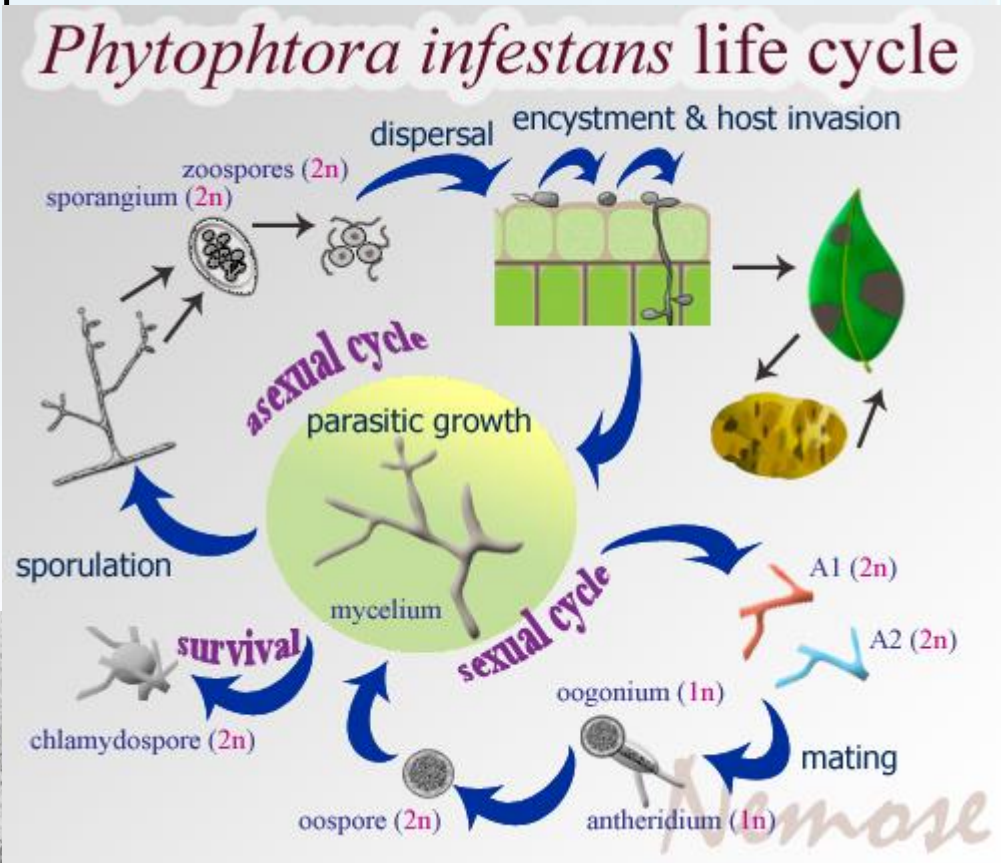
*Naegleria fowleri* infections are very rare. In the 10 years from 2001 to 2010, 32 infections were reported in the U.S. Of those cases, 30 people were infected by contaminated recreational water and two people were infected by water from a geothermal drinking water supply.



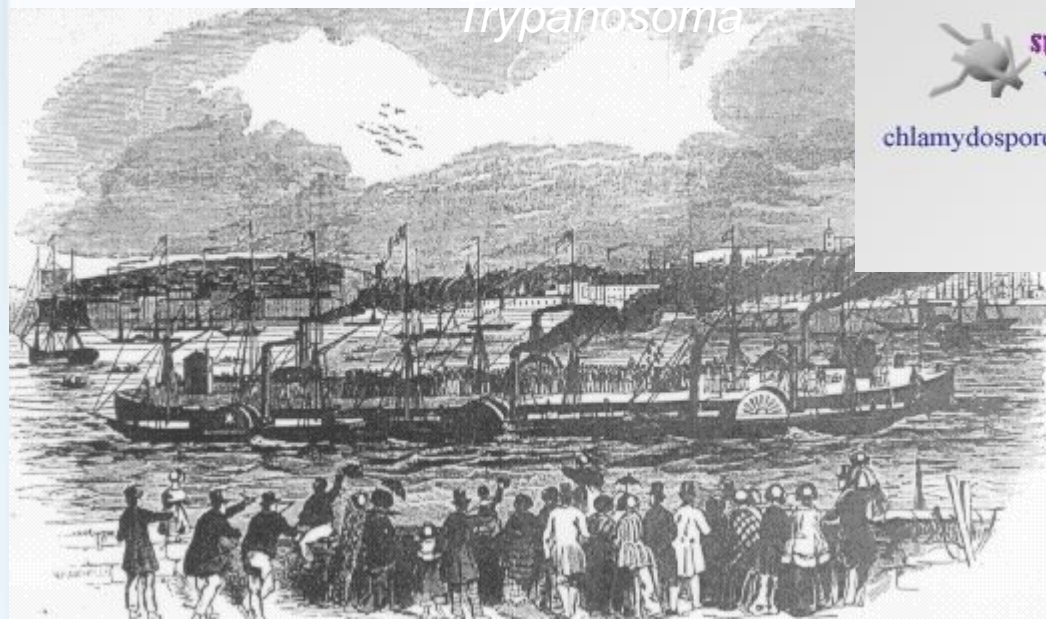


# Význam protist

- Parazité zemědělských plodin



*Trypanosoma*



Plíseň bramborová



# Význam protist

- hnědé řasy – algináty (potravinářství, kosmetika, stavební materiály, ....)



# Význam protist

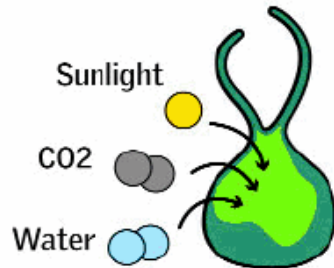
- Biopaliva

## Biodiesel from algae

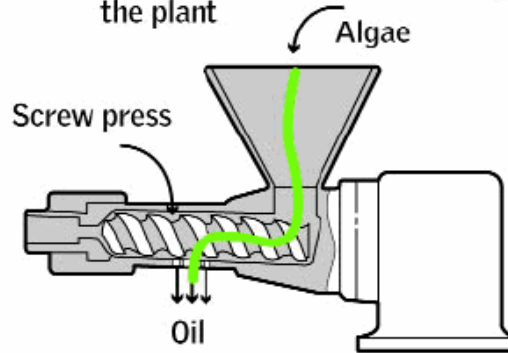
High oil prices and advances in biotech over the past decade have refueled the algae biofuel race.

### The process

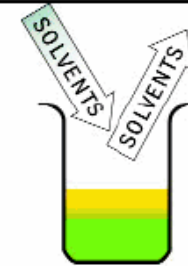
**1** After initial growth, algae is deprived of nutrients to produce a greater oil yield



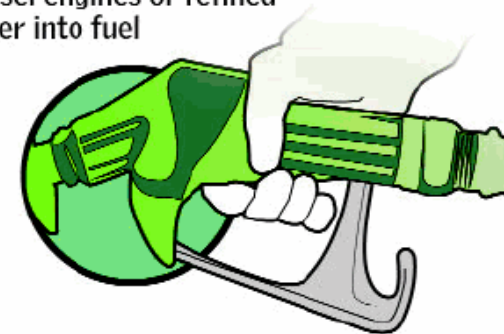
**2** Extraction of oil  
A press produces 70-75% of the oils from the plant



**3** Solvents used to separate sugar from oil; solvents then evaporate



**4** Oil is ready  
Can be used as oil directly in diesel engines or refined further into fuel



### Yield of various plant oils

(Gallons per hectare)

Soy	118
Safflower	206
Sunflower	251
Castor	373
Coconut	605
Palm	1,572
Algae	26,417



### About algae

- Among the fastest growing plants; about 50% of their weight is oil
- Contains no sulfur; non toxic; highly biodegradable
- Algae fuel is also known as algal fuel or oilgae

26,417



# Význam protist

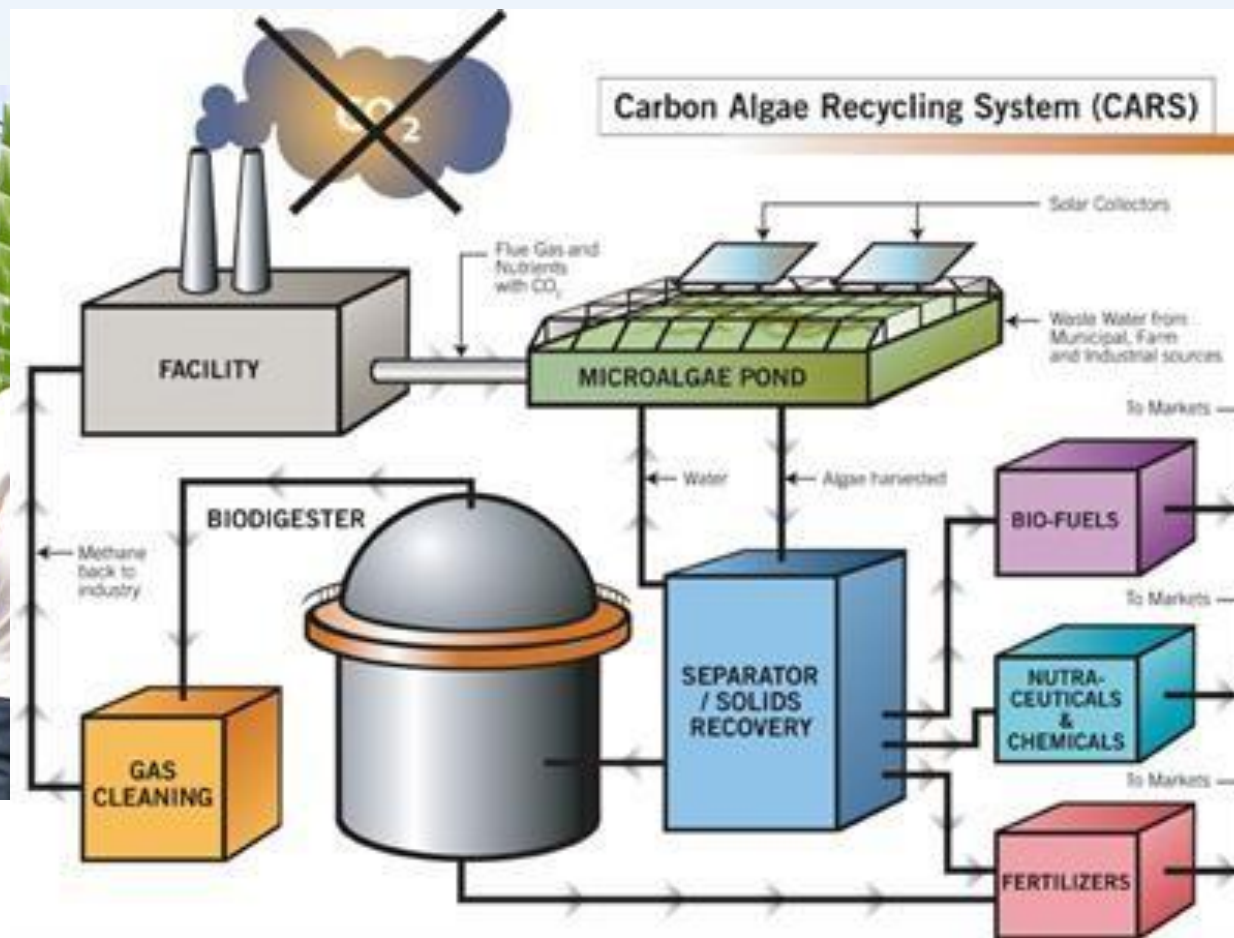
- Bionafta – zapomeňme na řepku, budeme jezdit na řasy!





# Význam protist

- Bionafta – zapomeňme na řepku, budeme jezdit na řasy!



# Význam protist

- Bionafta – letecký benzín

[Subscribe/Manage Account](#) [Place An Ad](#) [LAT Store](#) [Jobs](#) [Cars](#) [Real Estate](#) [Rentals](#) [More Classifieds](#) [Custom Publishing](#)

## Los Angeles Times

[LOCAL](#) [U.S.](#) [WORLD](#) **[BUSINESS](#)** [SPORTS](#) [ENTERTAINMENT](#) [HEALTH](#) [LIVING](#) [TRAVEL](#) [OPINION](#)

Search

GO

[MONEY & CO.](#)

[TECHNOLOGY](#)

[PERSONAL FINANCE](#)

[SMALL BUSINESS](#)

[COMPANY TOWN](#)

[JOBS](#)

[REAL ESTATE](#)

[CARS](#)

YOU ARE HERE: [LAT Home](#) → [Collections](#) → **[Business](#)**

ADS BY GOOGLE



### Continental Airlines flight is first in U.S. to use biofuel

*The Boeing 737-800 burned jet fuel derived partially from genetically modified algae that feed on plant waste and produce oil. United Continental Holdings plans to buy 20 million gallons a year of biofuel made by California firm Solazyme.*

**November 11, 2011** | By Jon Hilkevitch

Reporting from Chicago — Continental Airlines flight 1403 made history when it landed at O'Hare International Airport in Chicago on Monday, becoming the first revenue passenger trip in the U.S. powered by biofuel.

The Boeing 737-800 burned a "green jet fuel" derived partially from genetically modified algae that feed on plant waste and produce oil.



1

[Tweet](#)

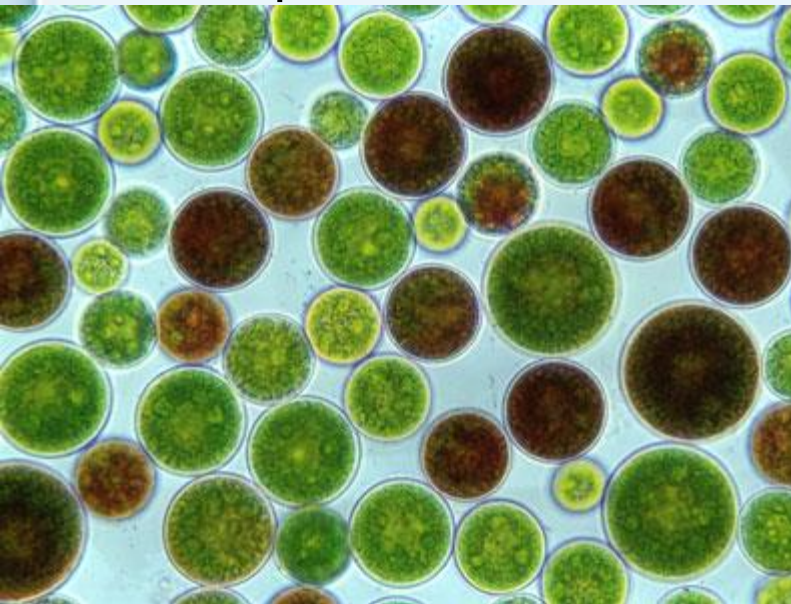
[Submit](#)

+1



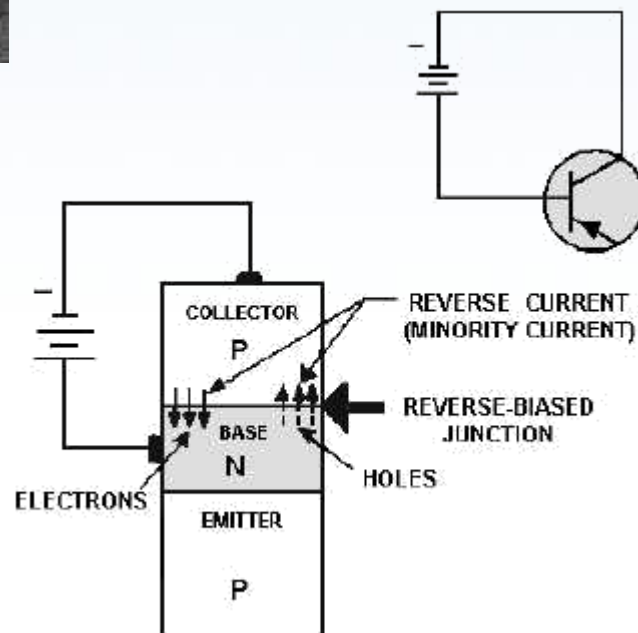
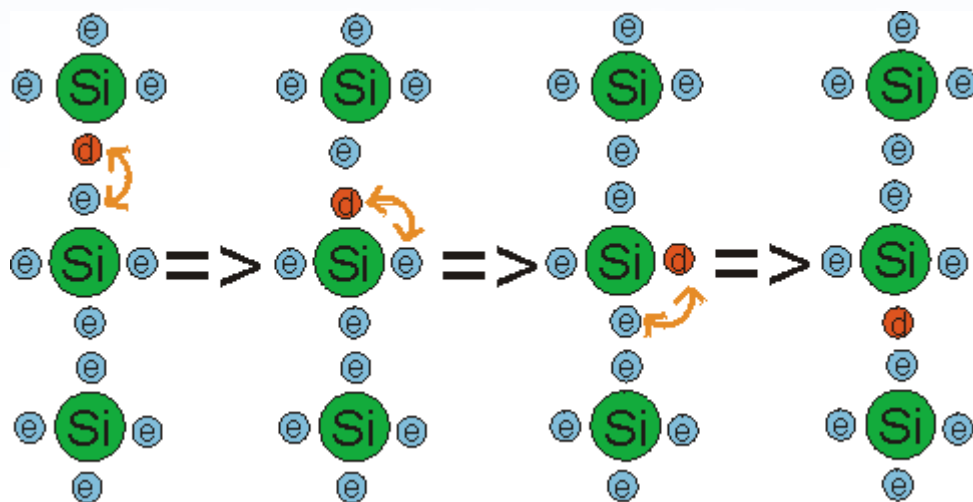
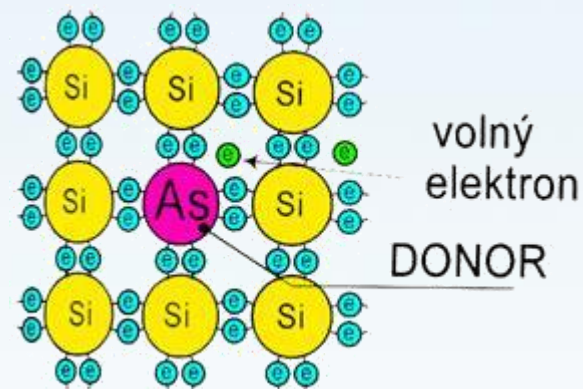
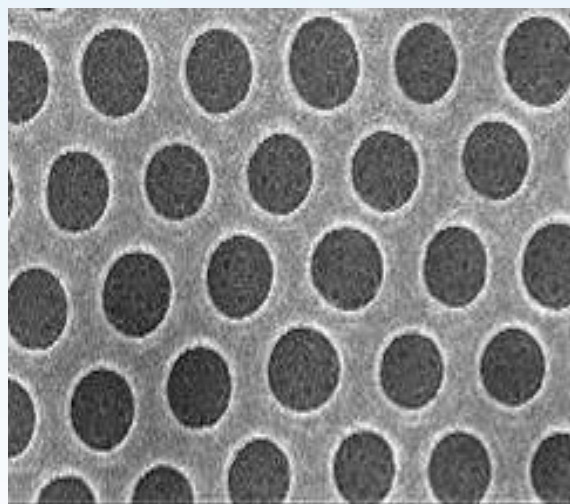
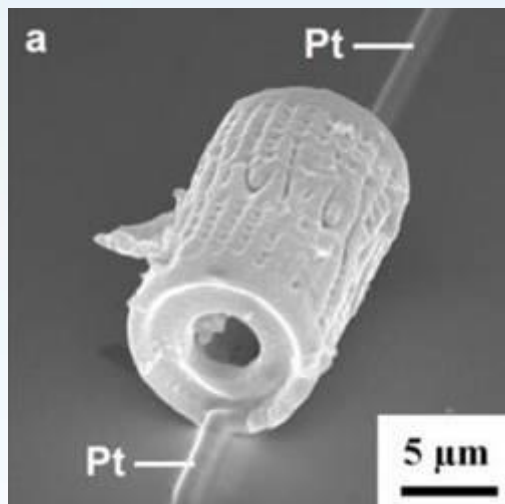
# Význam protist

- Velkoplošné kultivace zelených řas (chlorofyl, astaxanthin)



# Význam protist

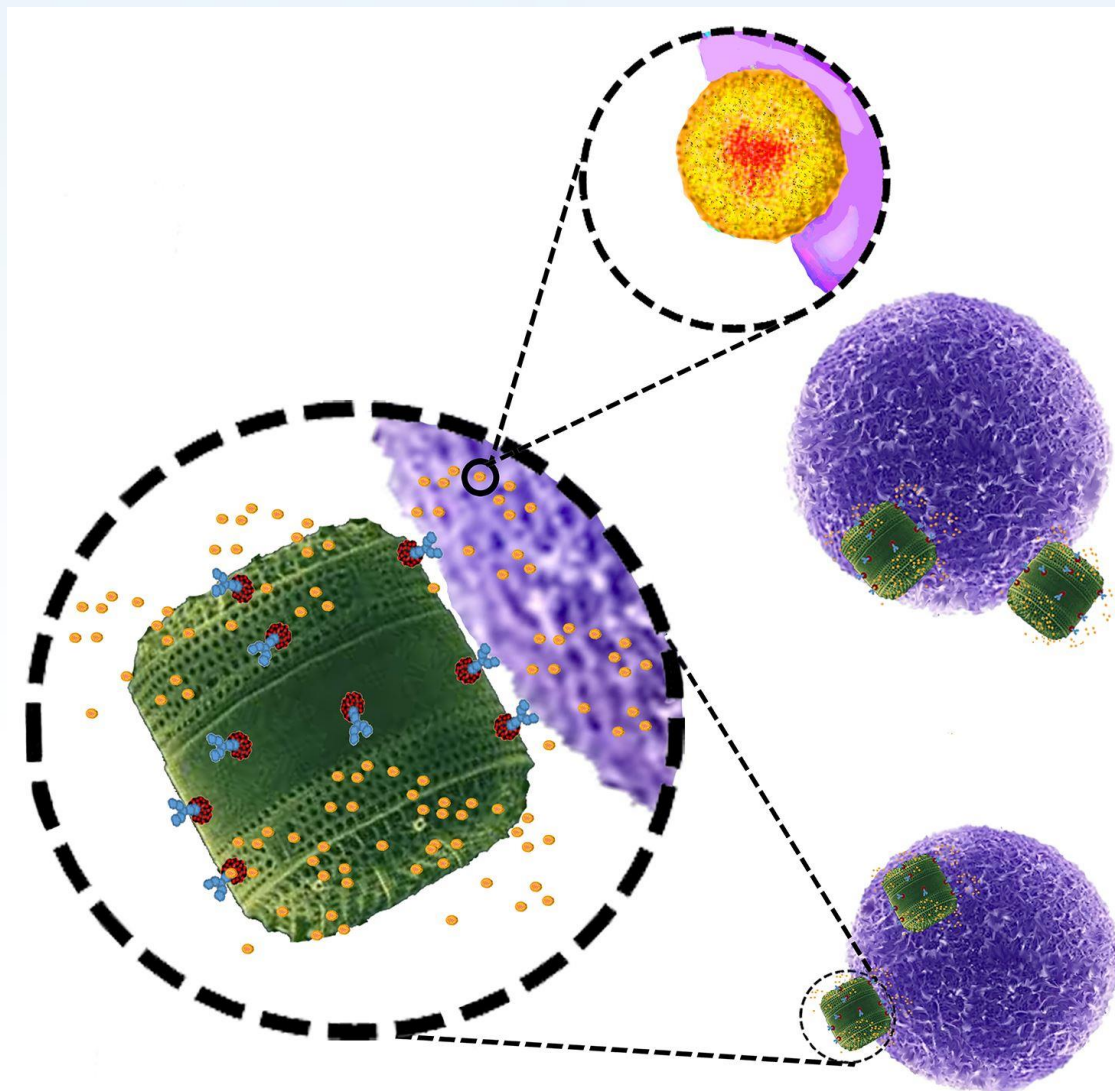
- nanotechnologie – rozsvivky jako senzory a miniaturní transformátory





# Význam protist

- nanotechnologie – rozsivky jako specifický vektor léků (např. specifické receptory vázající se pouze na rakovinné buňky)



# Význam protist

- kriminalistika – forensí limnologie

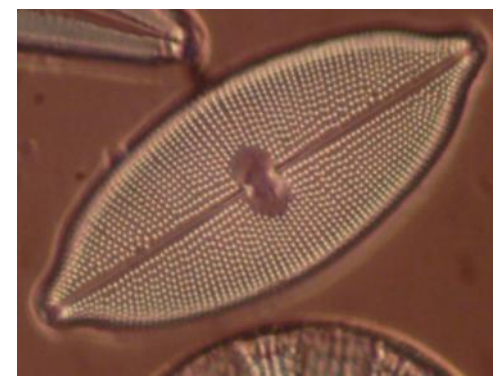
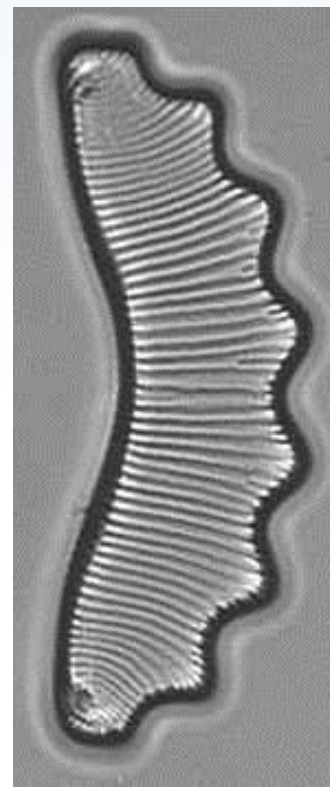


## CASE REPORT

*Peter A. Siver,<sup>1</sup> Ph.D.; Wayne D. Lord,<sup>2</sup> Ph.D.; and Donald J. McCarthy<sup>3</sup>*

**Forensic Limnology: The Use of Freshwater Algal Community Ecology to Link Suspects to an Aquatic Crime Scene in Southern New England**

Authorized Reprint 1994 from *Journal of Forensic Sciences* MAY 1994  
Copyright American Society for Testing and Materials, 1916 Race Street, Philadelphia, PA 19103





# Význam protist

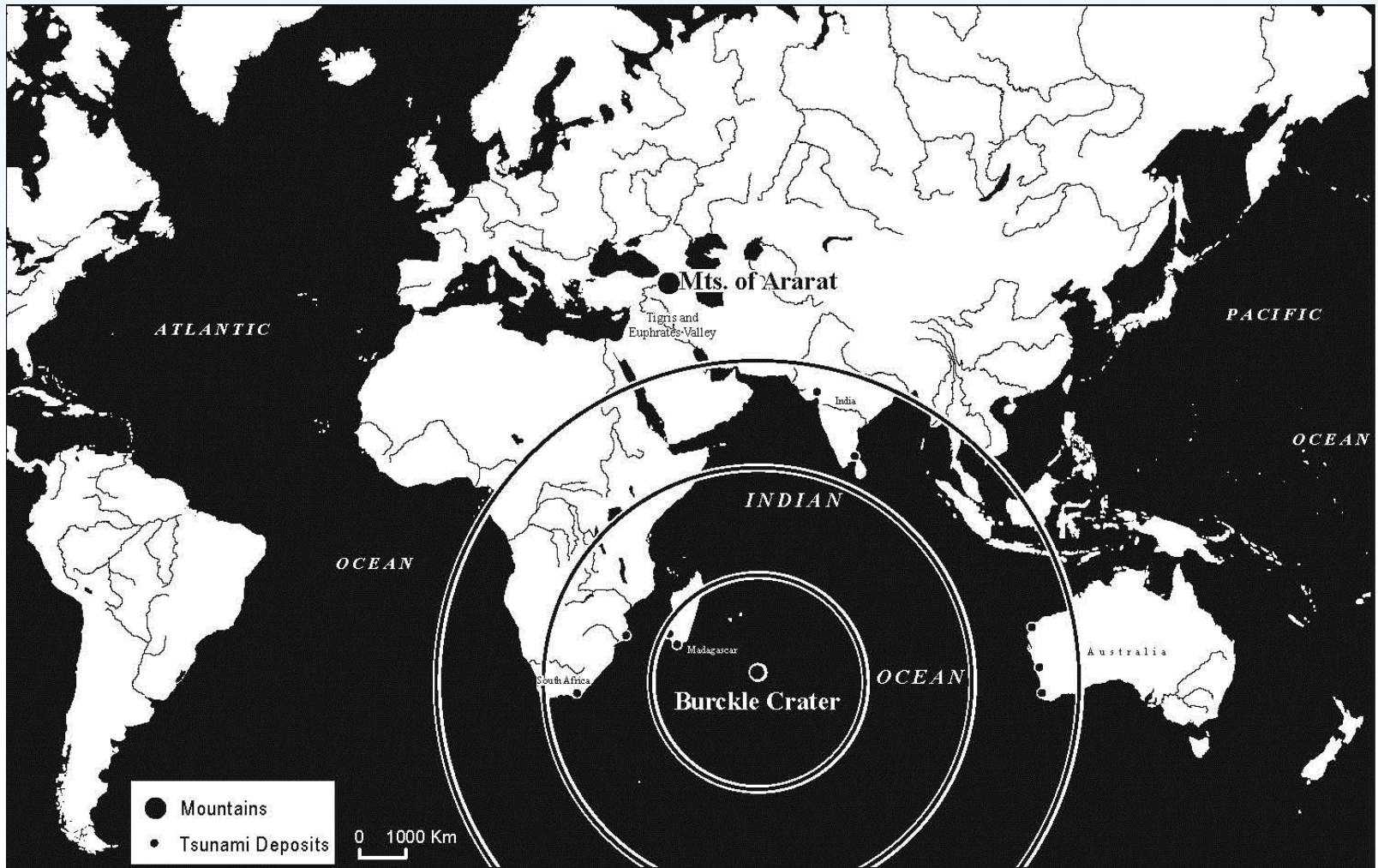
- studium historie naší planety



DON  
DAVIS

# Buckleho kráter

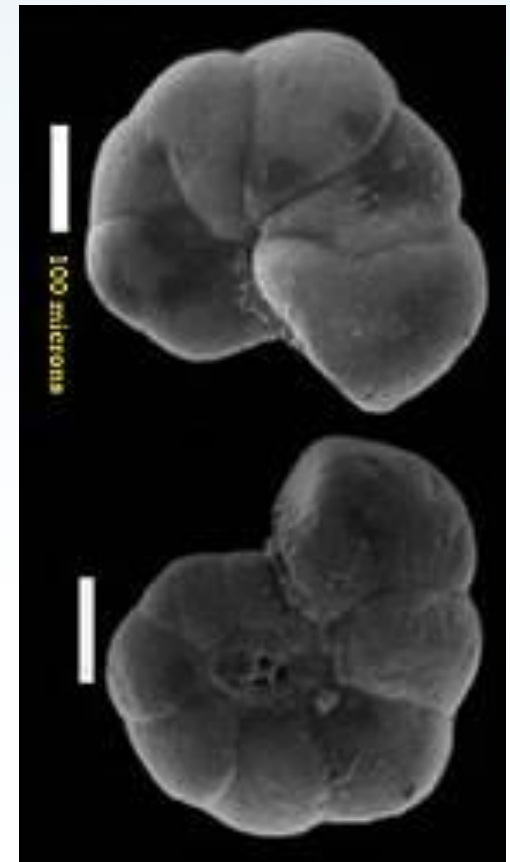
- relativně recentní dopad meteoritu či komety (2800 let př.n.l.)
- průměr tělesa 30 km
- vznik tsunami o výšce několika stovek metrů
  - Biblická potopa?





# Buckleho kráter

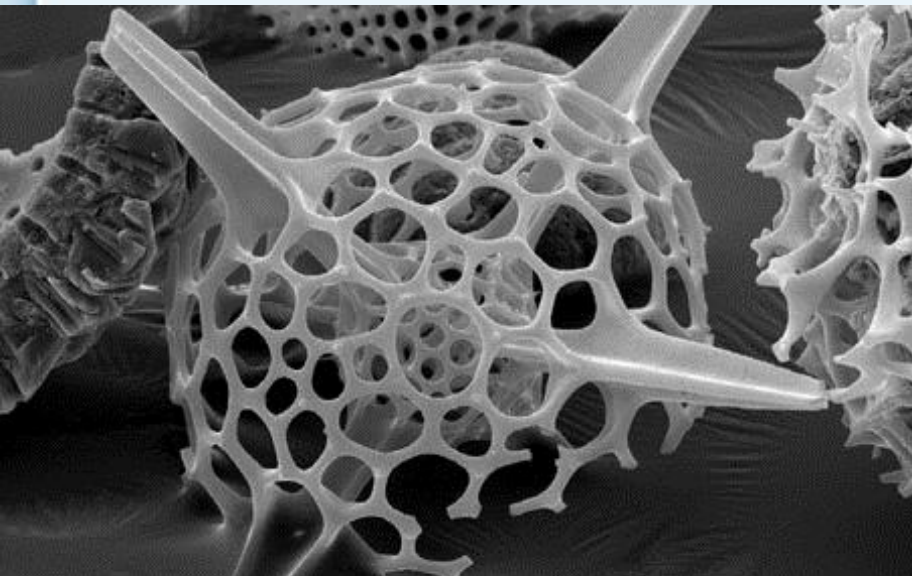
- chevronové duny na Madagaskaru a Filipínách
- v dunách nalezeny fosílie hlubokomořských dírkonožců
- na okrajích schránek hořčíc – důkaz varu vody





# Význam protist

- Aplikace biologických konstručních mechanismů



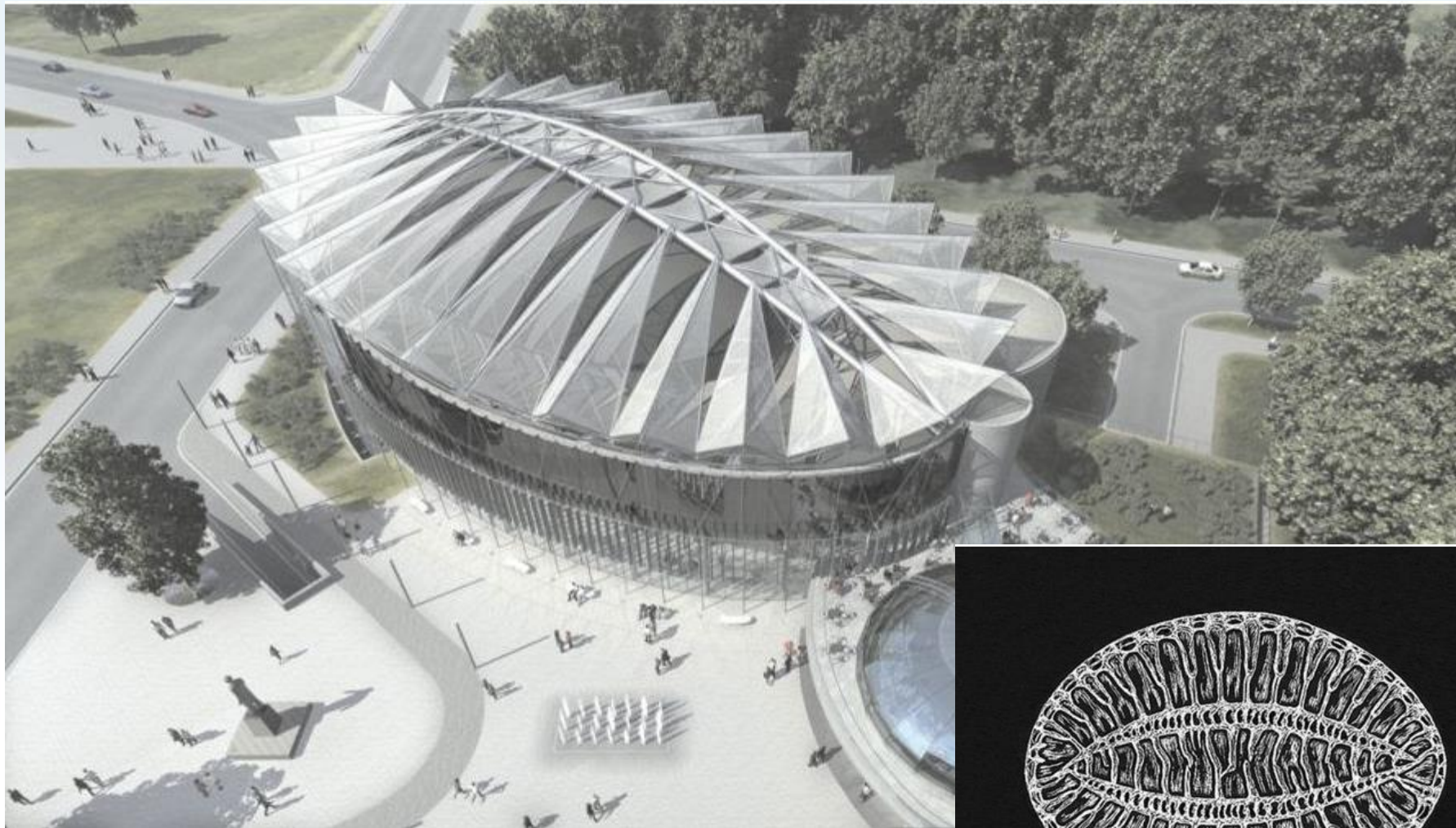
*Dubai harbour*





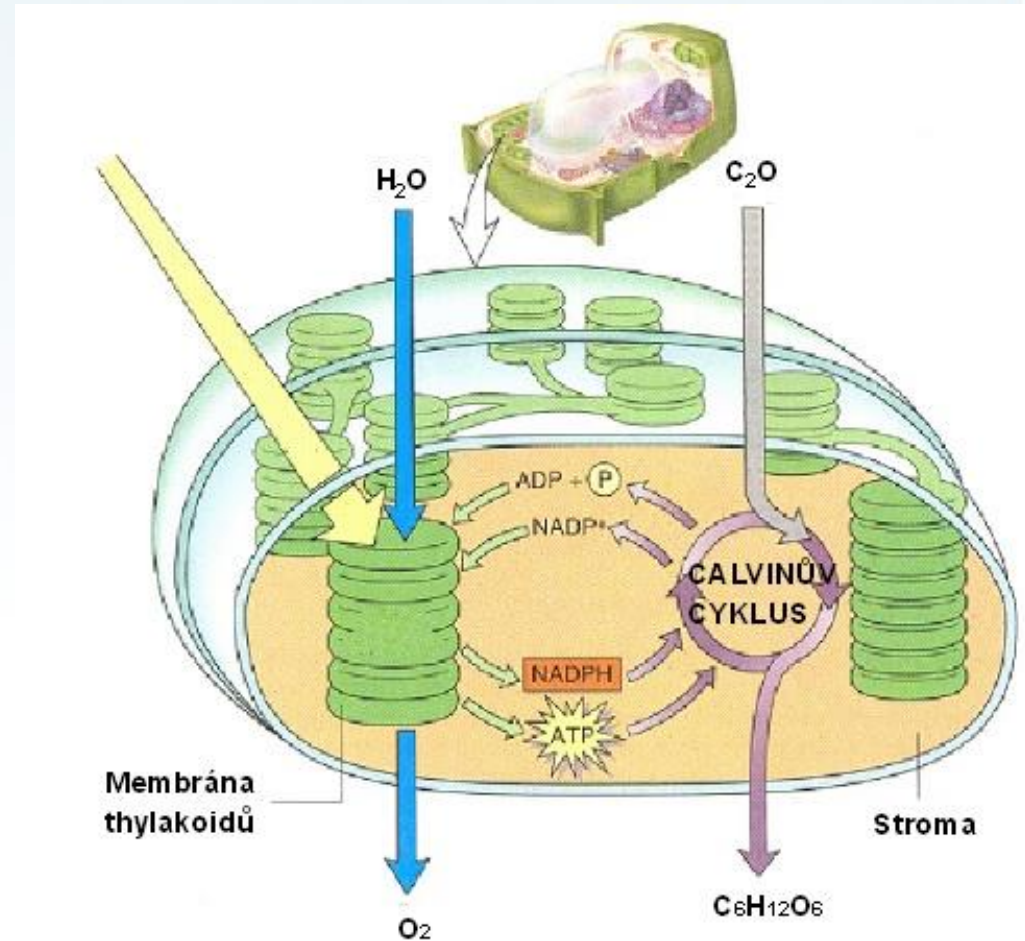
# Význam protist

- Kongresové centrum – Zlín (Eva Jiříčná)



# Modelové organismy

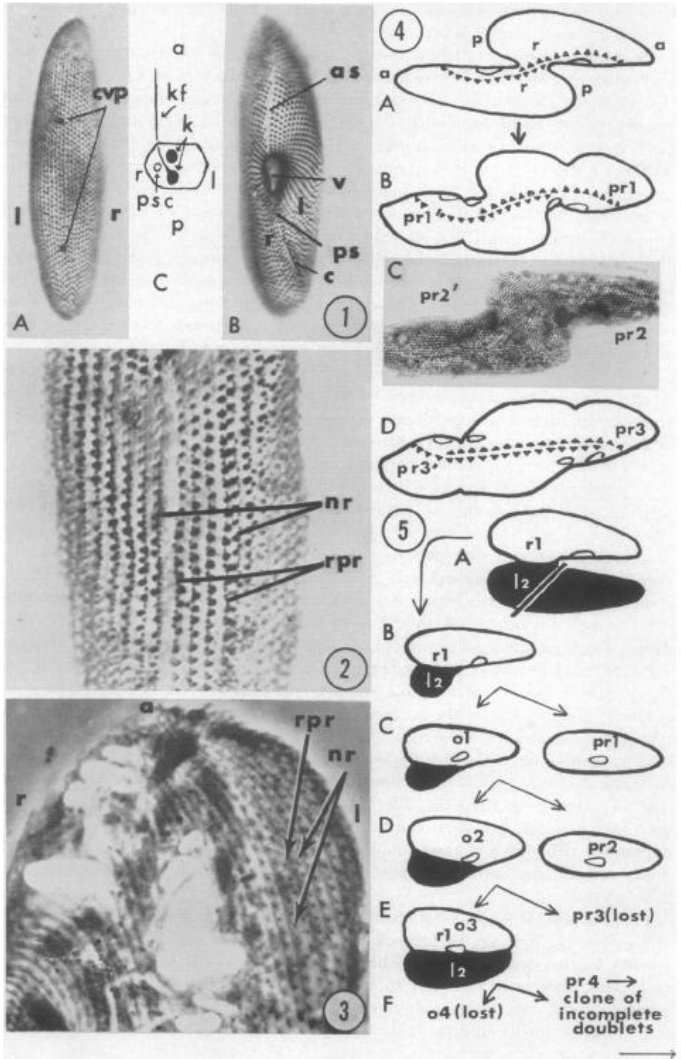
- Calvinův cyklus
  - Temnostní fáze fotosyntézy, produkce sacharidů
  - Objeven na zelené řase *Scenedesmus* (Bassham et al. 1950)





# Modelové organismy

- Epigenetika (Beisson & Sonneborn, 1965)
  - Chirurgické převrácení povrchových cilií u *Paramecium aurelia*
  - Opačná polarita zachována i v dalších generacích

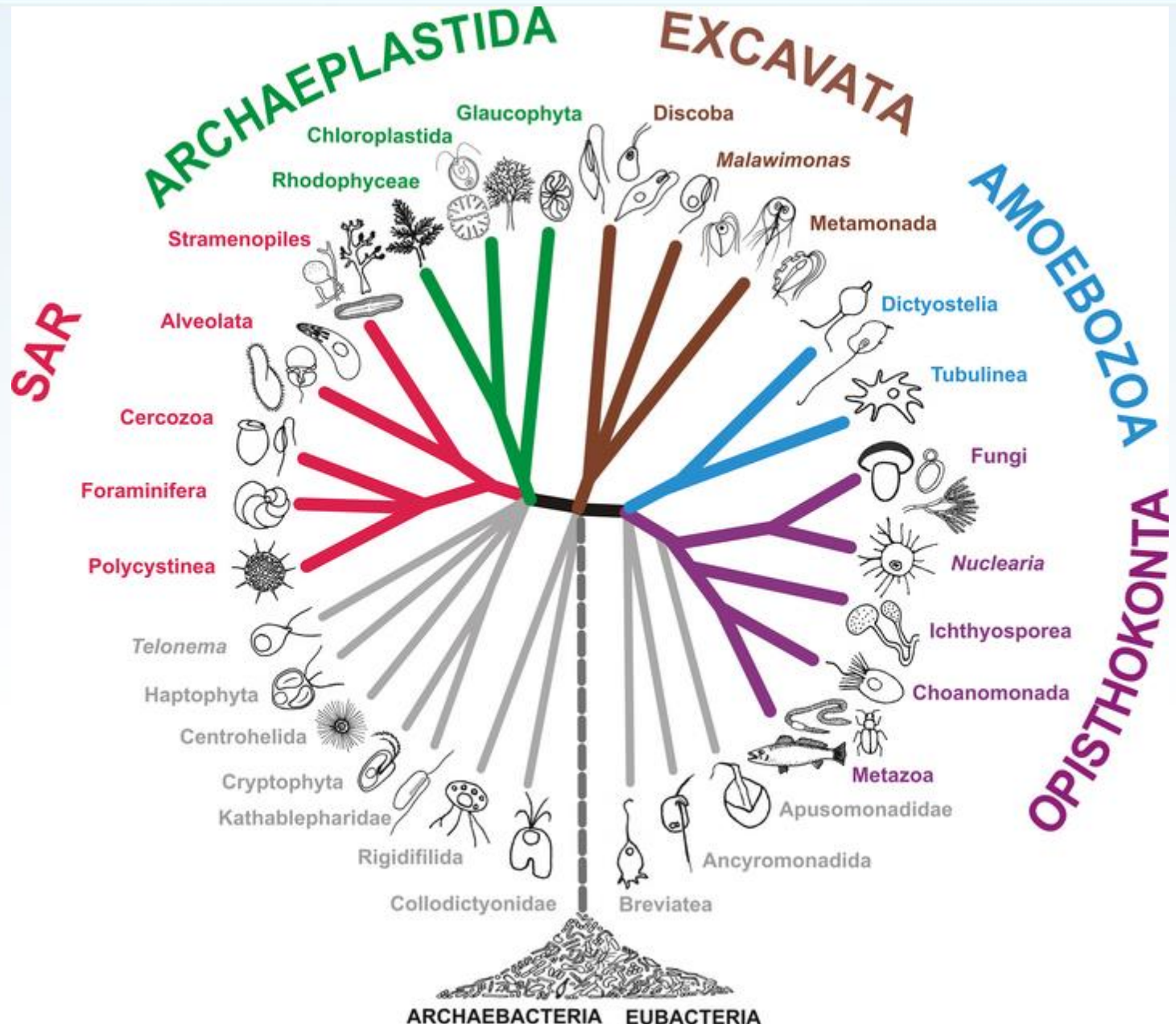


# PAUZA!



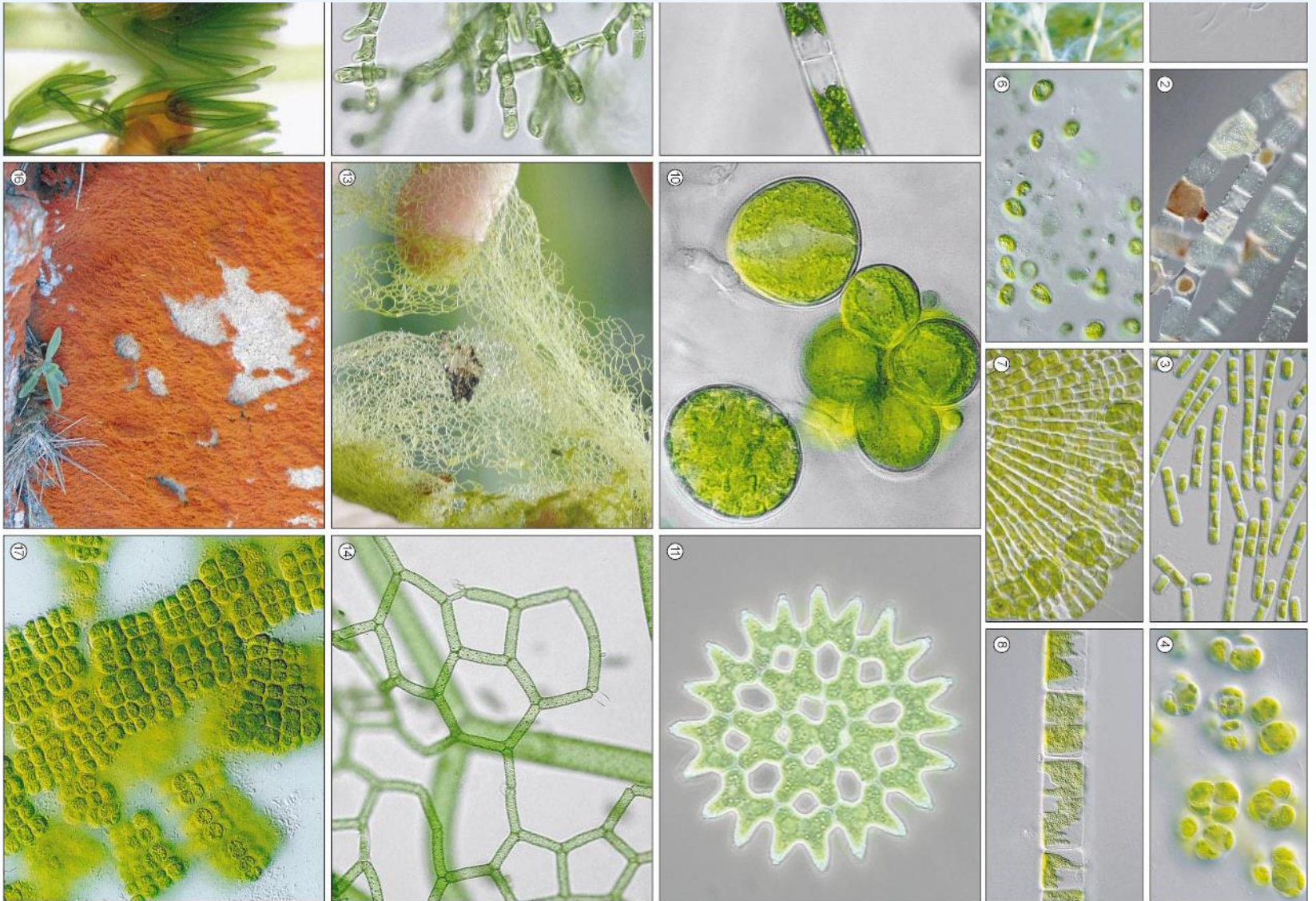


# Zelené řasy - Chloroplastida

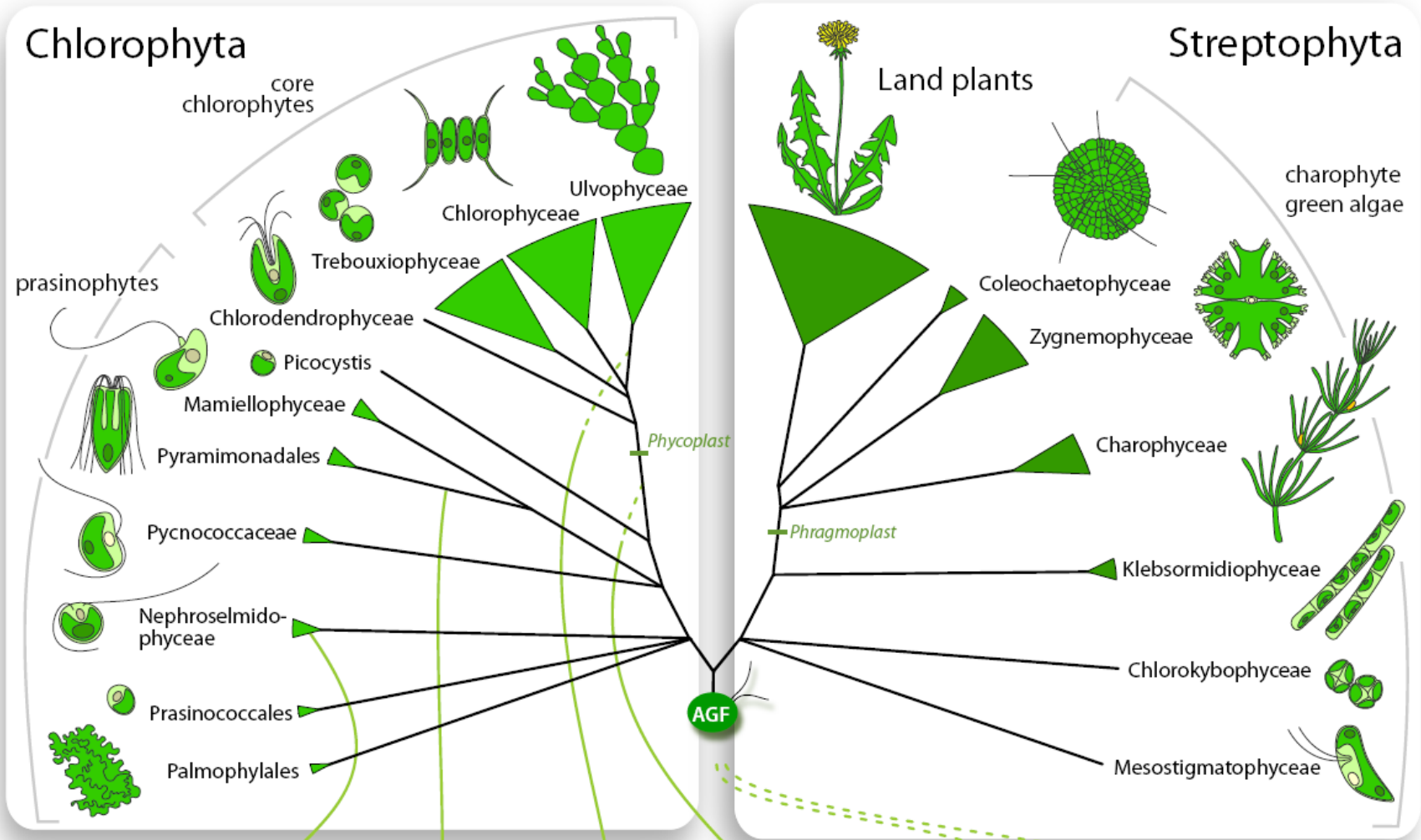


# Zelené řasy - Chloroplastida

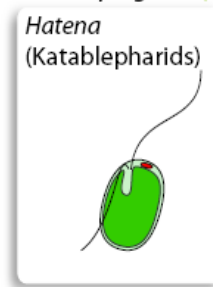
- ohromně diverzifikovaná skupina: počtem druhů, morfologií, ekologií, biochemií, ...



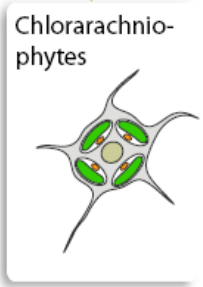
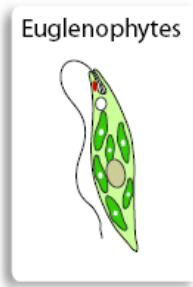




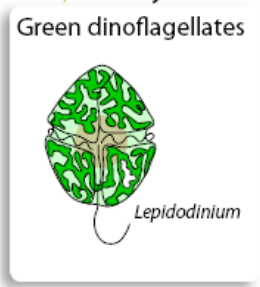
*Putative secondary symbiosis in progress*



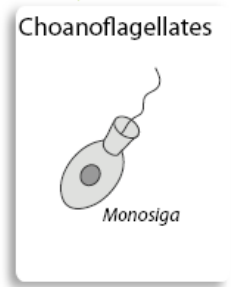
*Secondary endosymbiosis*

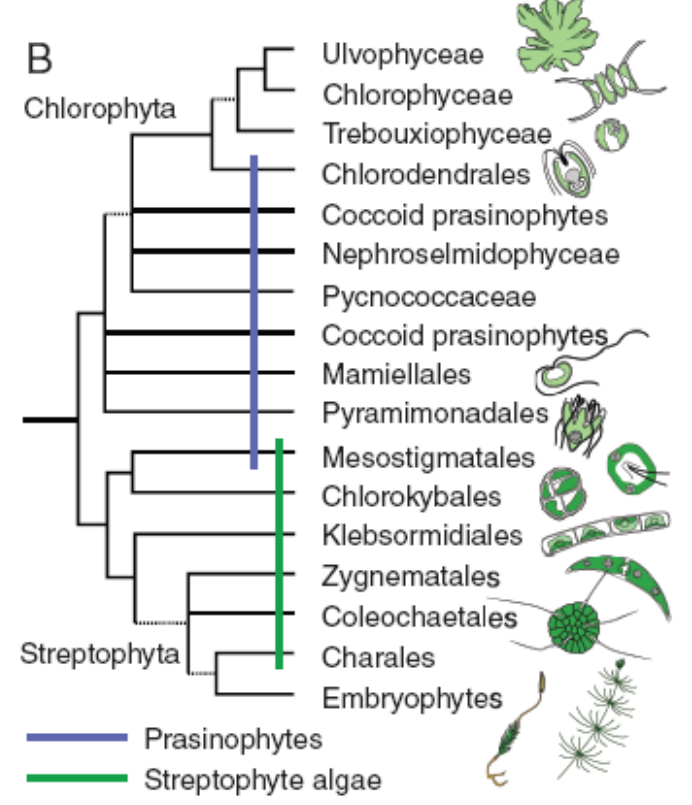
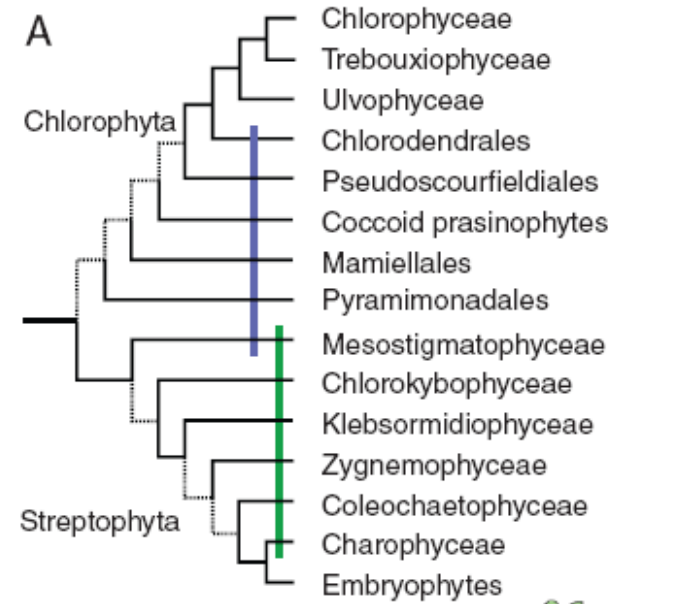
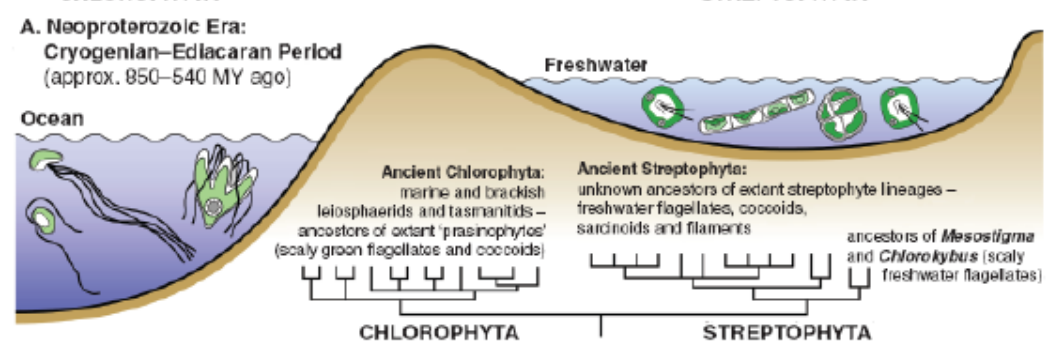
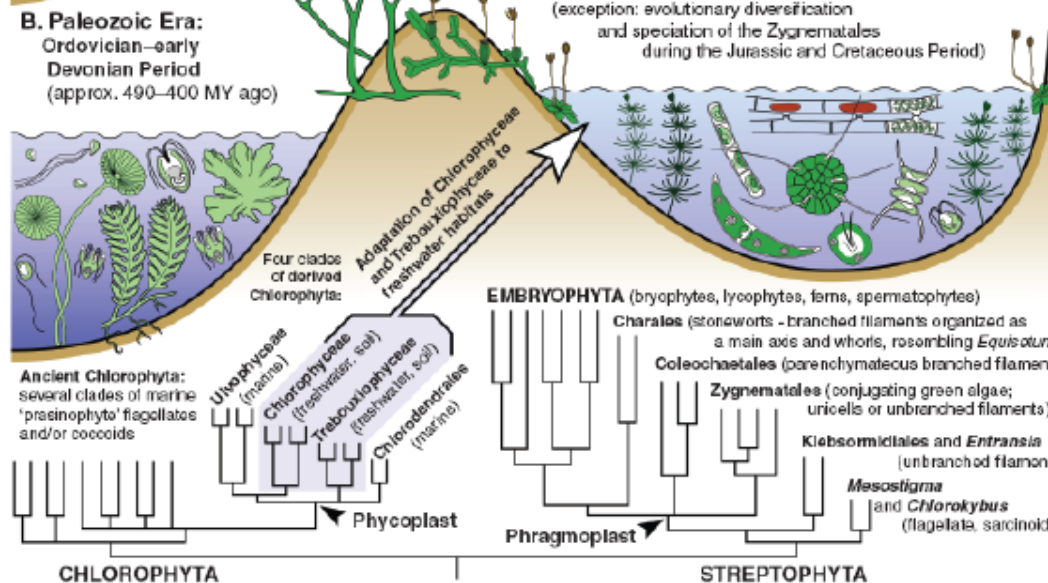
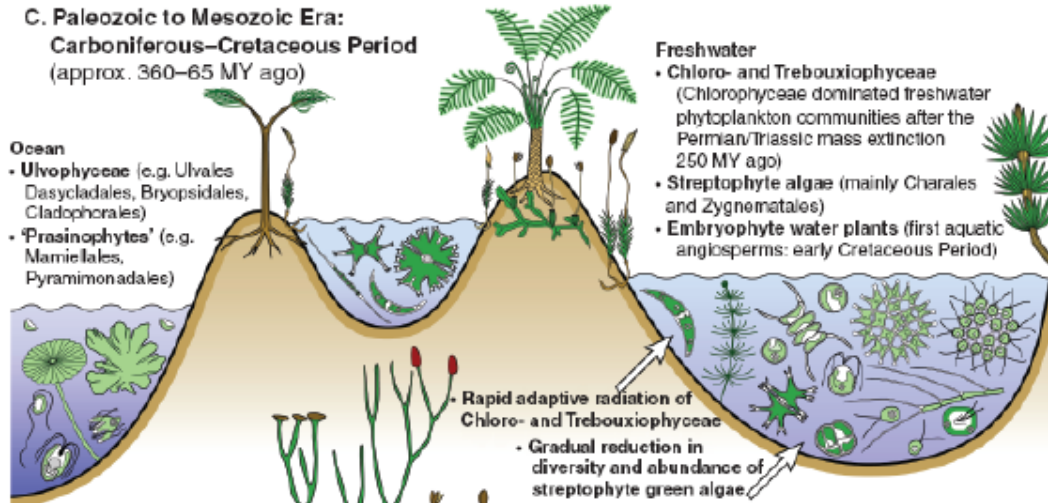


*Serial secondary endosymbiosis*



*Putative ancient endosymbioses*







# Snowball Earth

2,3 – 2,5 mld. let

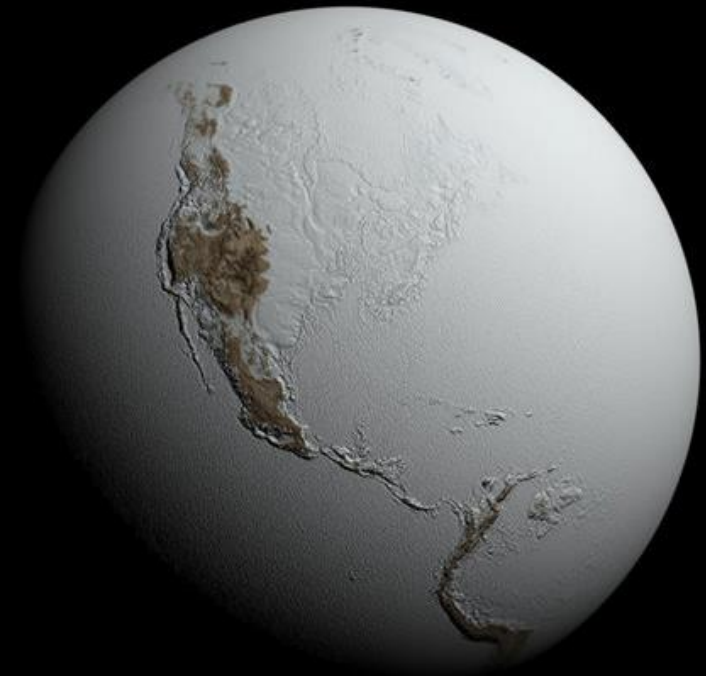
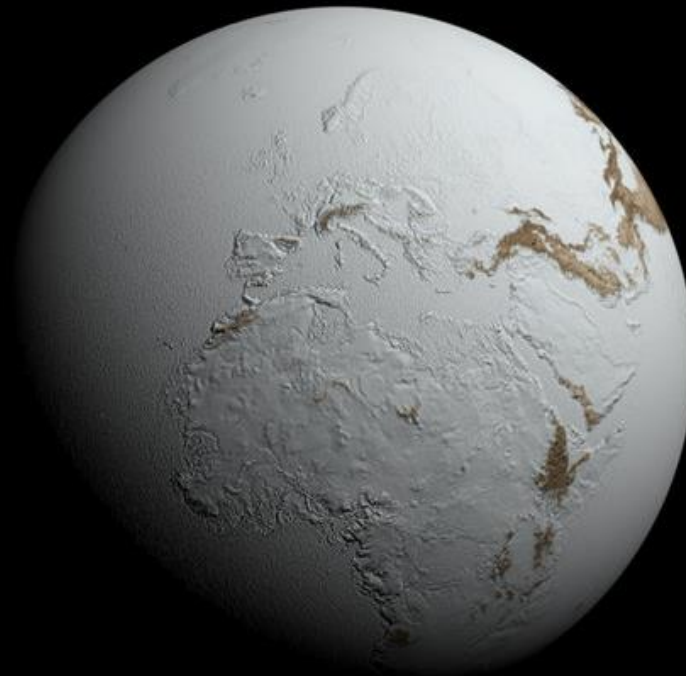
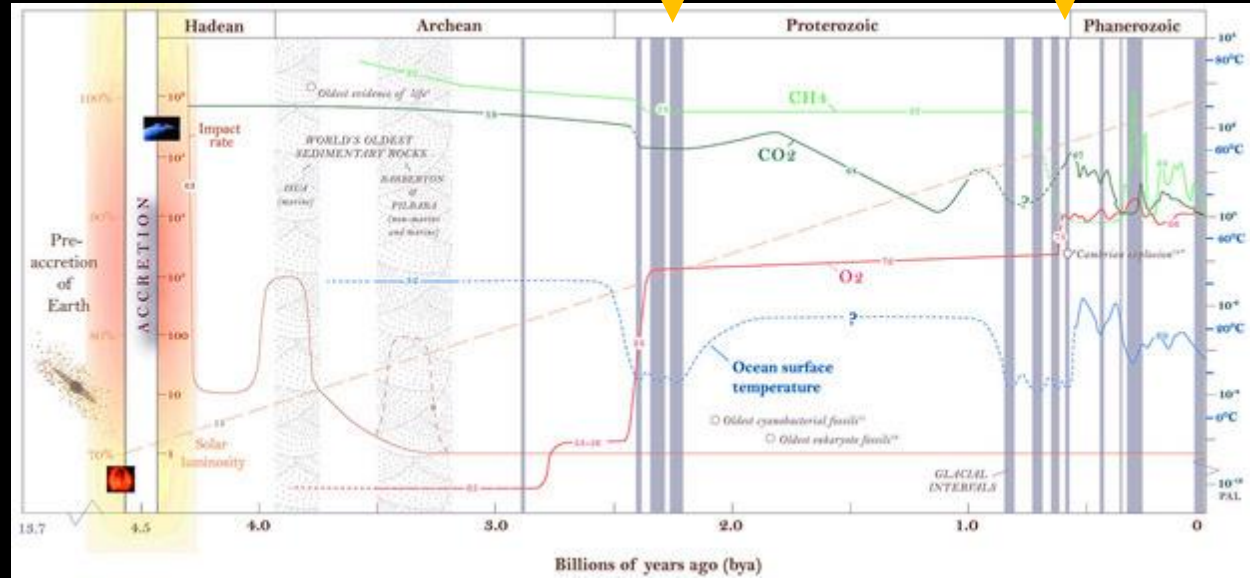
0,65 mld. let



- zvýšení koncentrace kyslíku

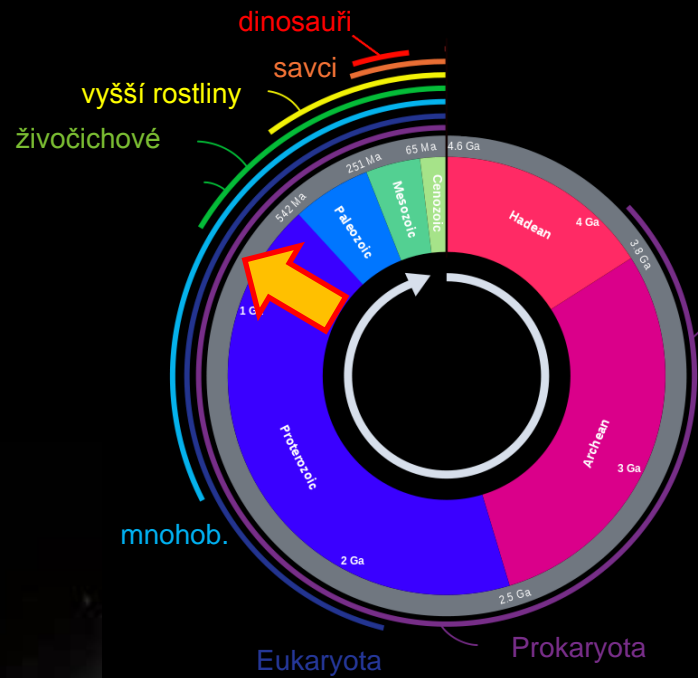


- kolaps metanu (skleníkového plynu)



# Snowball Earth

- NEO (Neoproterozoic Oxidation event.), 650 mil.





# Chloroplastida

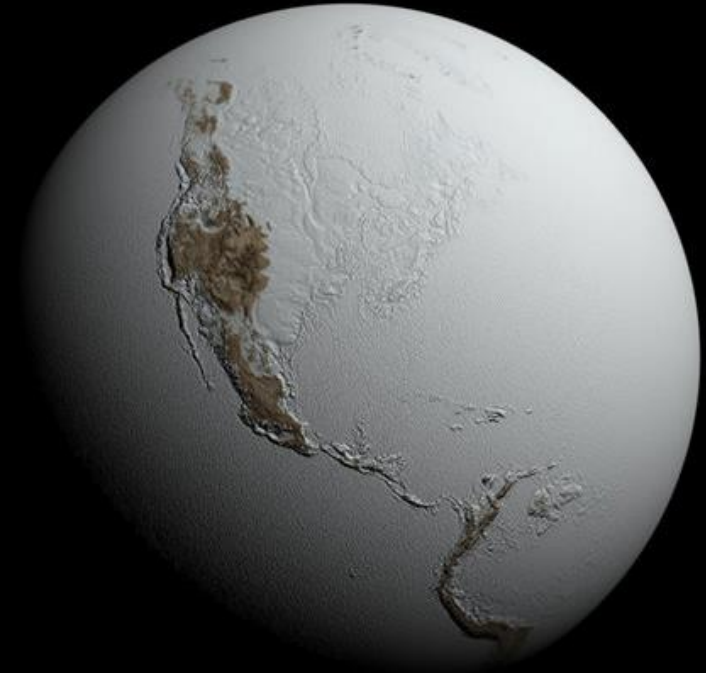
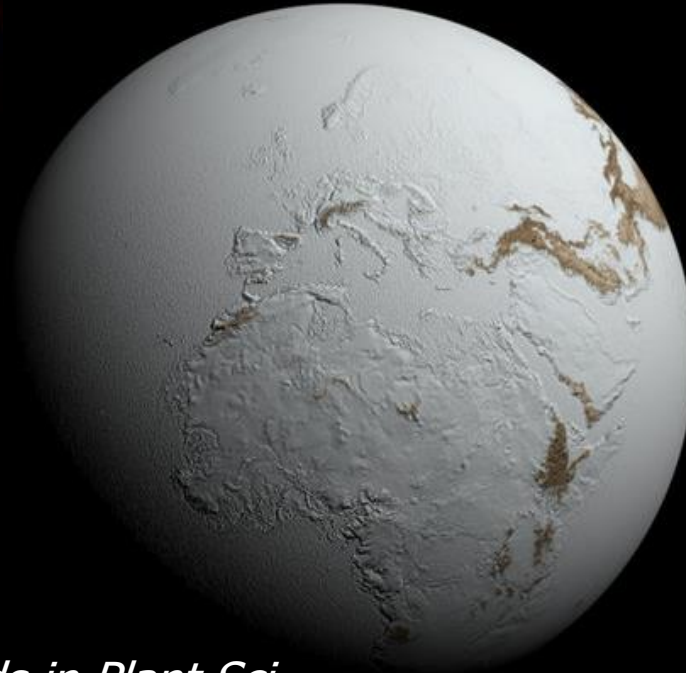
- neoproterozoikum (650 mil.): evoluce Streptophyt způsobená zamrznutím planety (snowball Earth)

## Streptofyty

- sladkovodní
- optimalizace pro rychlé metabolické toky (oxidace přes  $H_2O_2$ )

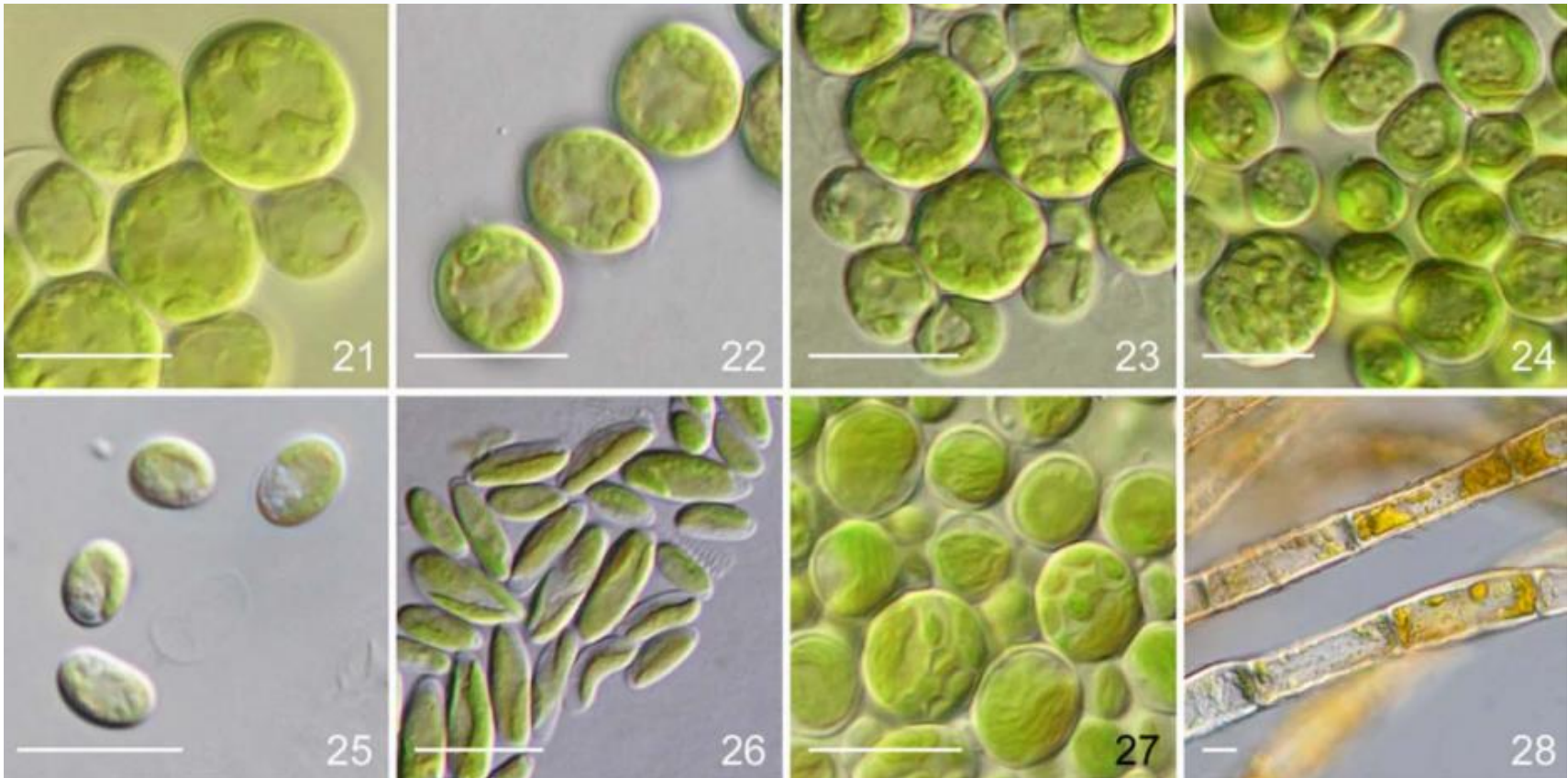
## Chlorofyty

- mořské
- optimalizace pro uchování energie (oxidace glykolátu)



# Zelené aerofytické řasy

- Jedna z nejdůležitějších skupin mikrobiálních autotrofních společenstev, ve smyslu jak druhové bohatosti, tak celkové biomasy
- Velmi důležité pro kolonizaci pionýrských biotopů

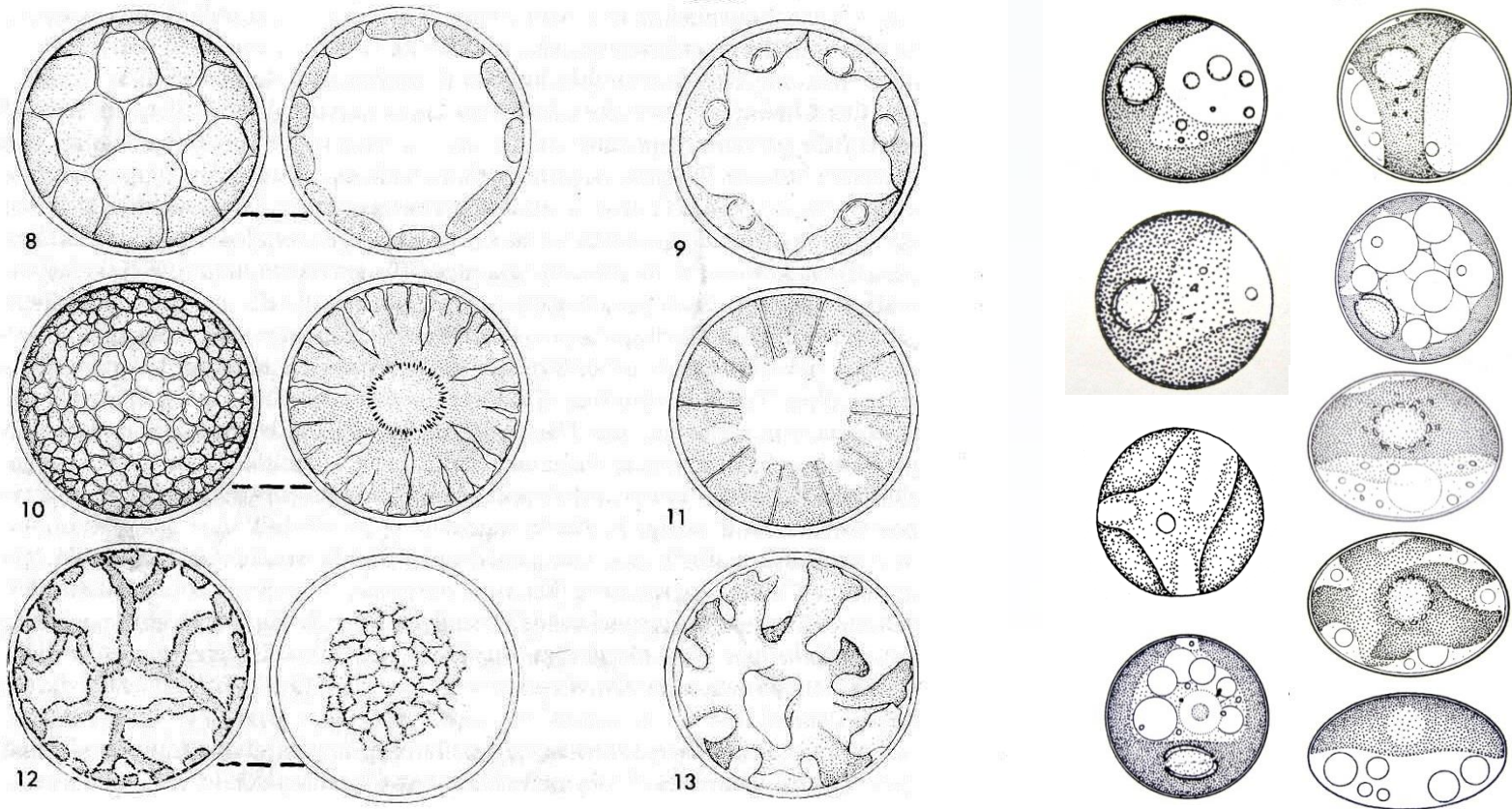






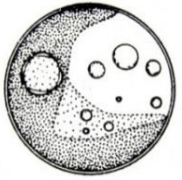
# Systematika zelených kokálních řas

- Morfologický koncept druhu

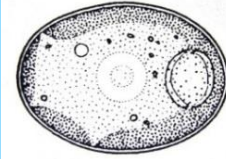




# Trebouxiophyceae, *Chlorella*



*Chlorella vulgaris*



*Chlorella fusca*  
*v. fusca*



*Chlorella homosphaera*



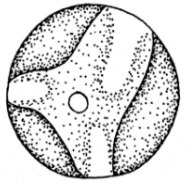
*Chlorella sorokiniana*



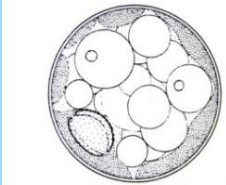
*Chlorella fusca*  
*v. rubescens*



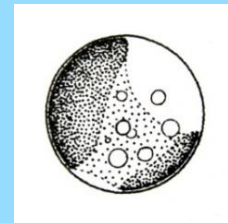
*Chlorella zofingiensis*



*Chlorella lobophora*



*Chlorella fusca*  
*v. vacuolatus*

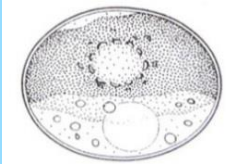


*Chlorella ellipsoidea*

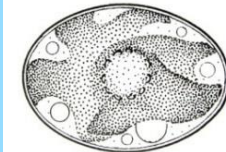
*Chlorella protothecoides*



*Chlorella kessleri*



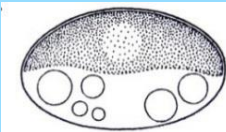
*Chlorella trebouxiioides*



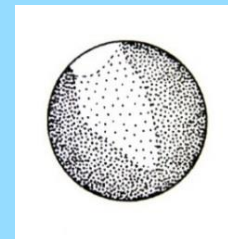
*Chlorella saccharophila*



*Chlorella luteoviridis*

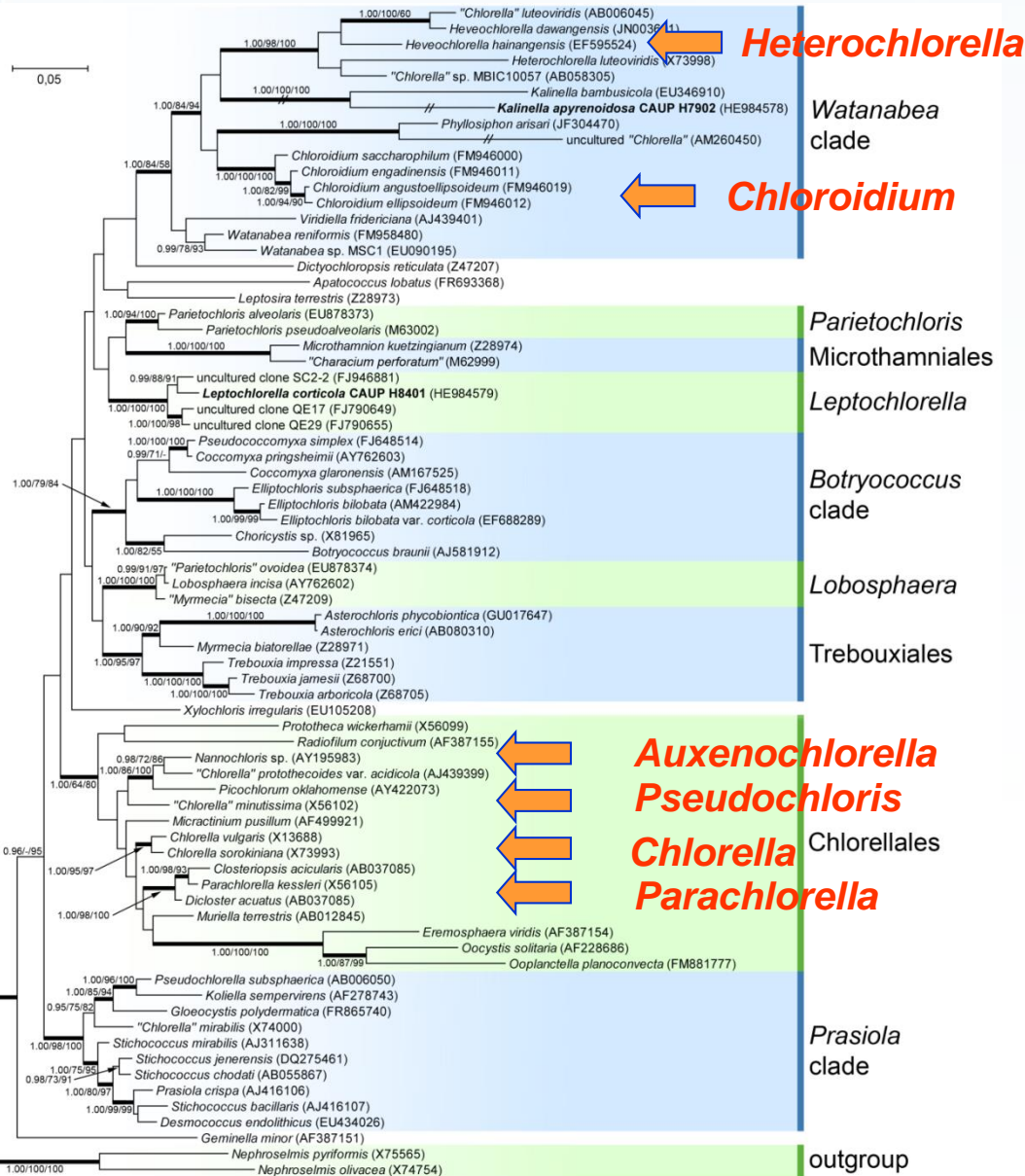


*Chlorella minutissima*



# Zelené řasy rodu *Chlorella*

## Trebouxiophyceae:

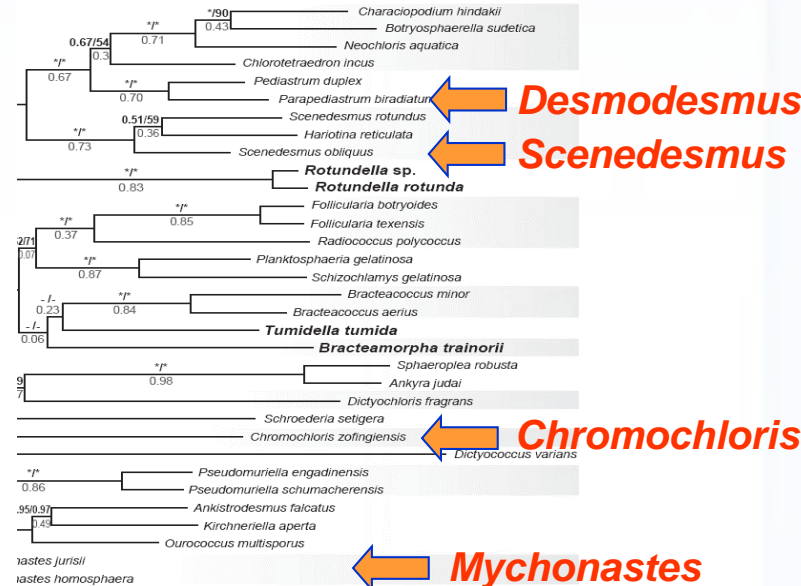


- Aerofytické podmínky způsobují selekci tvaru buněk řas ke kulovitým formám s nízkým poměrem povrchu a objemu



- Reálná diverzita zelených řas rodu *Chlorella* několika-násobně převyšuje jejich morfologickou diverzitu

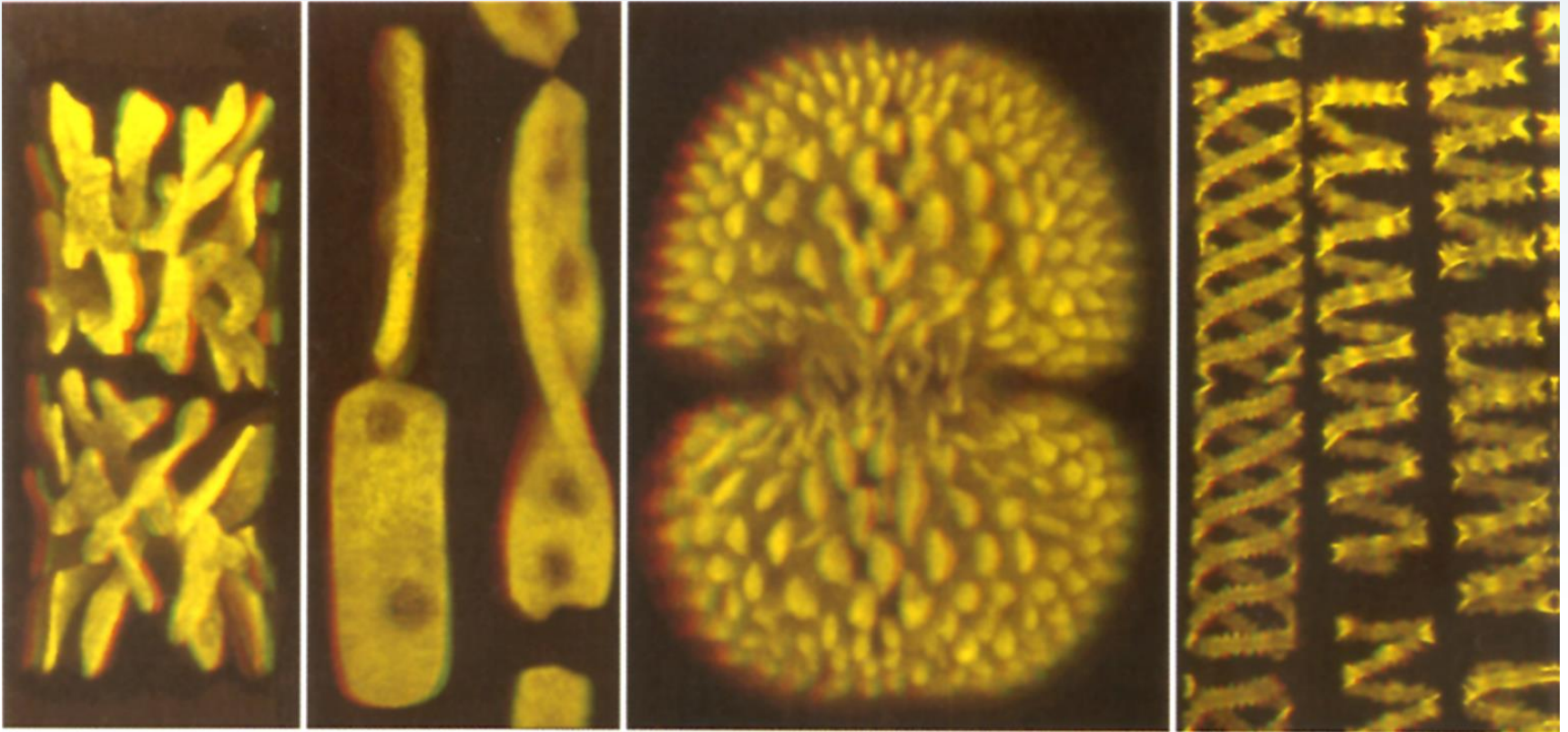
## Chlorophyta:





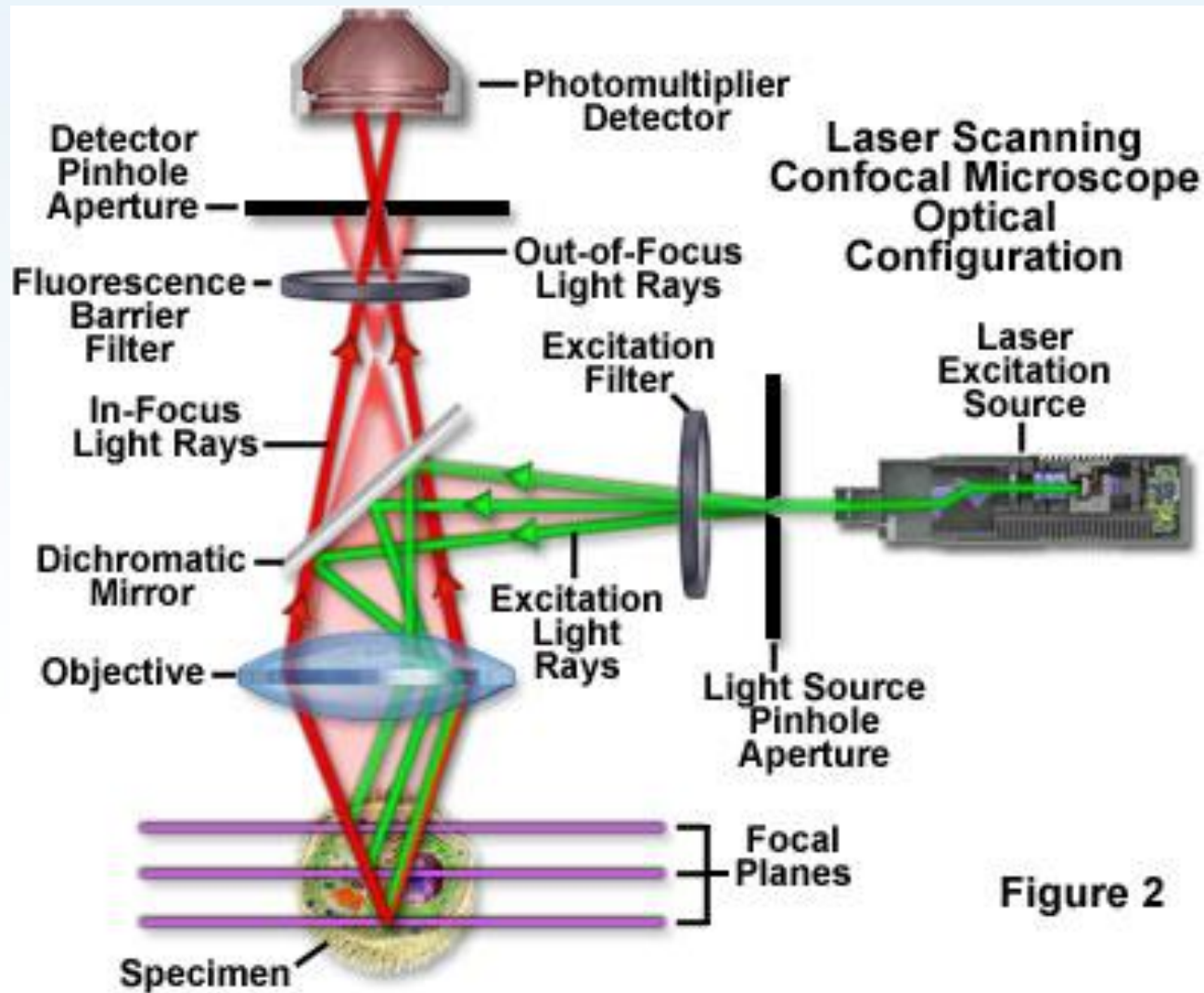
# Morfologické vymezení zelených řas

- Konfokální mikroskopie plastidu



# Morfologické vymezení zelených řas

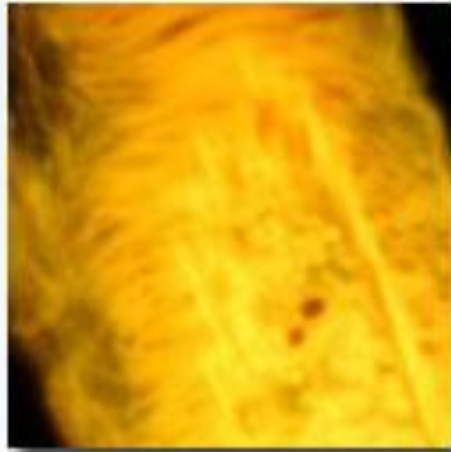
- Konfokální mikroskopie plastidu



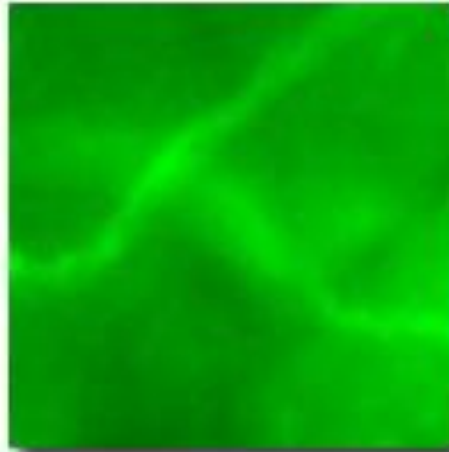


# Konfokální mikroskopie

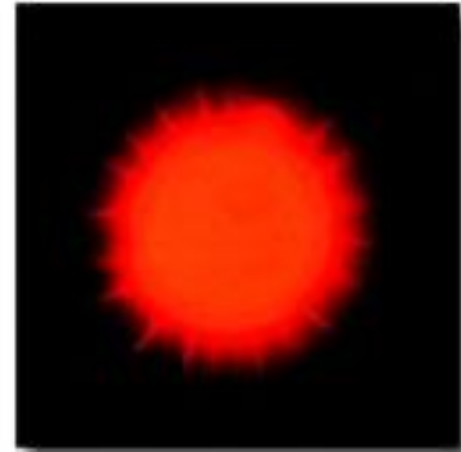
## Confocal and Widefield Fluorescence Microscopy



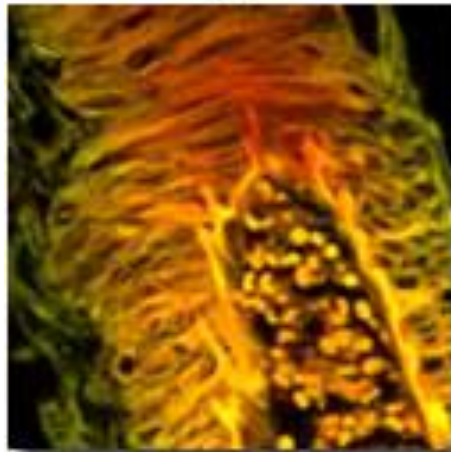
(a)



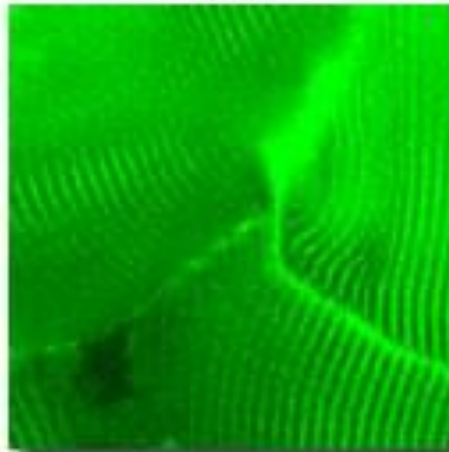
(b)



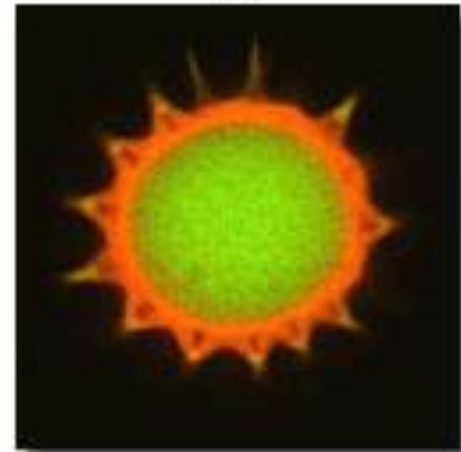
(c)



(d)



(e)



(f)

Figure 1

# Konfokální mikroskopie

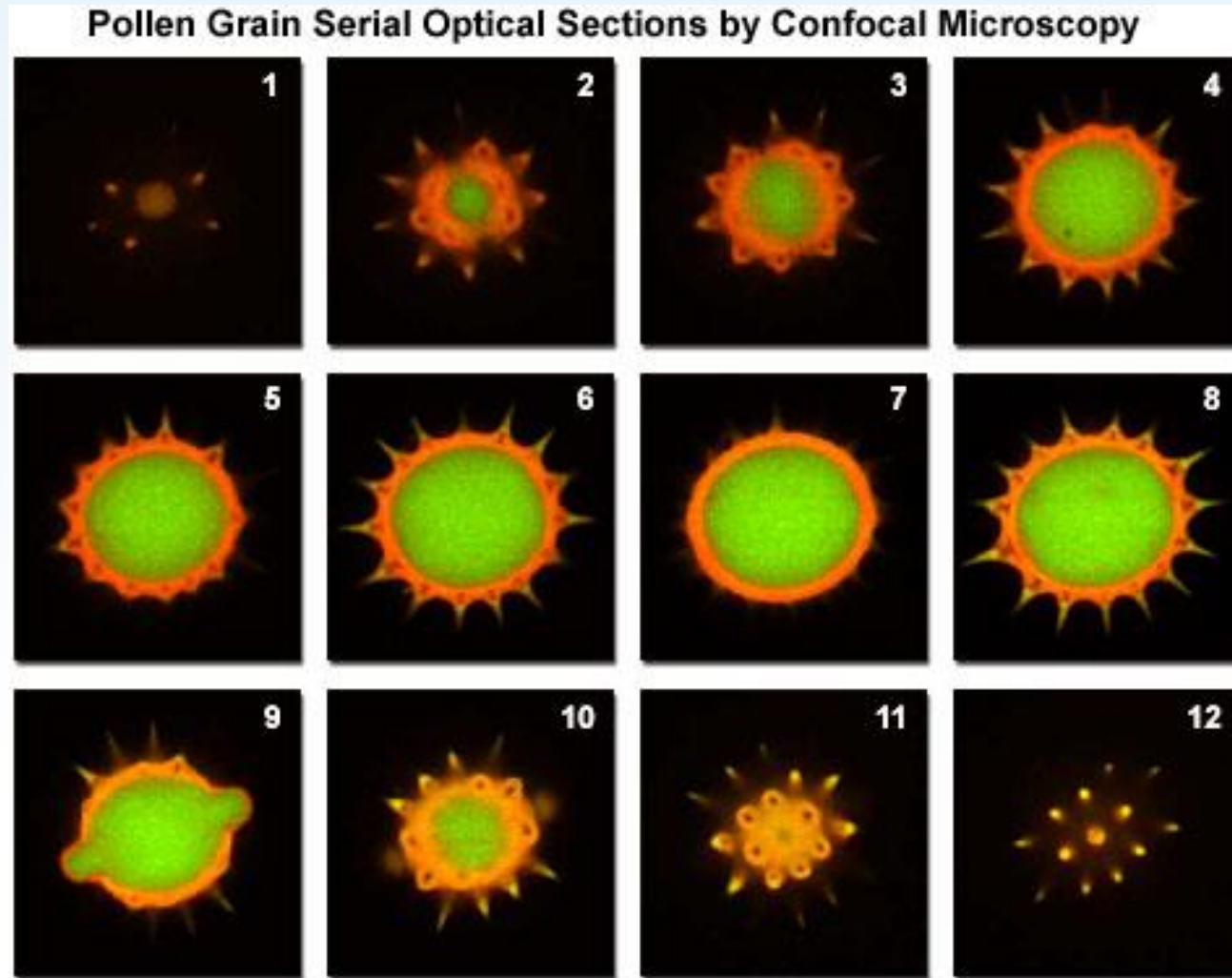
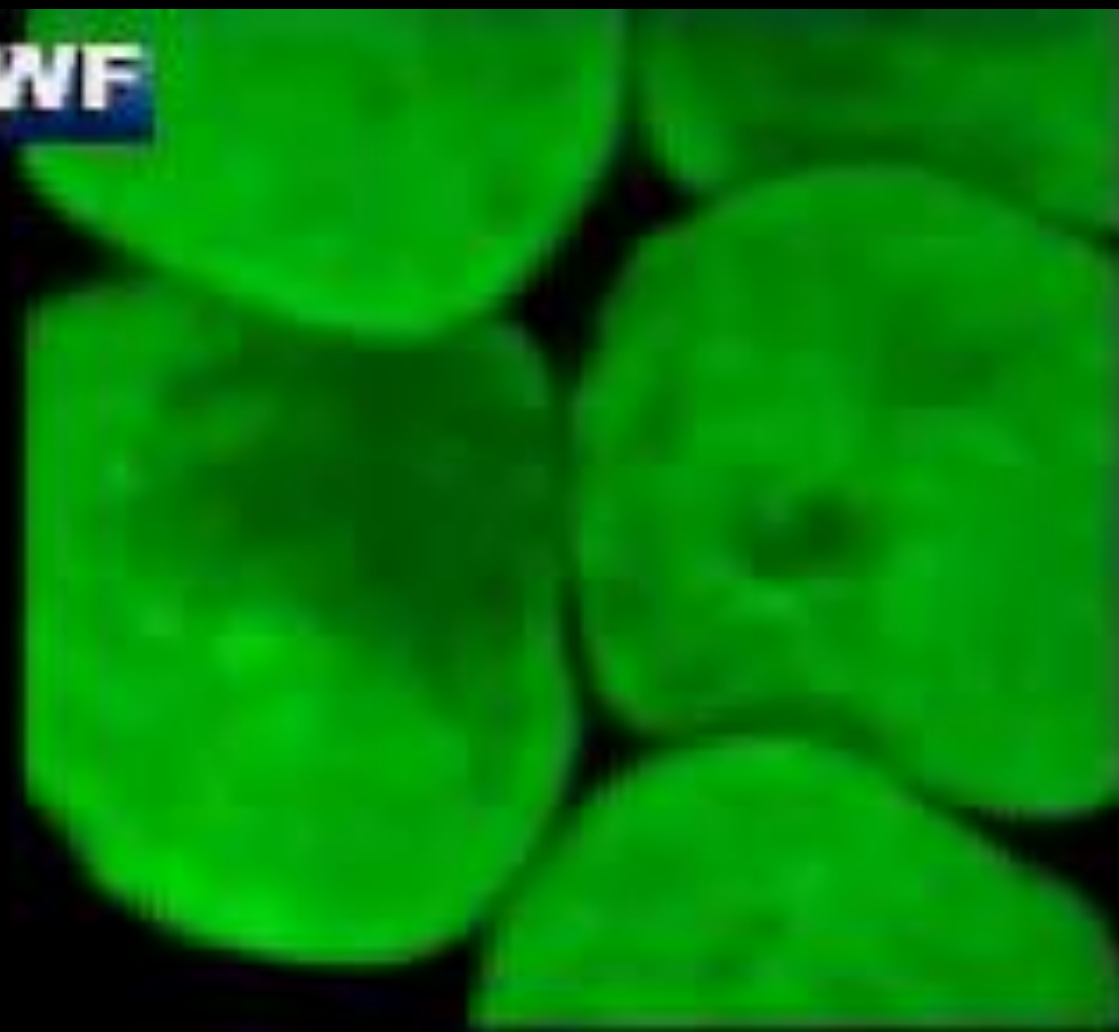


Figure 6

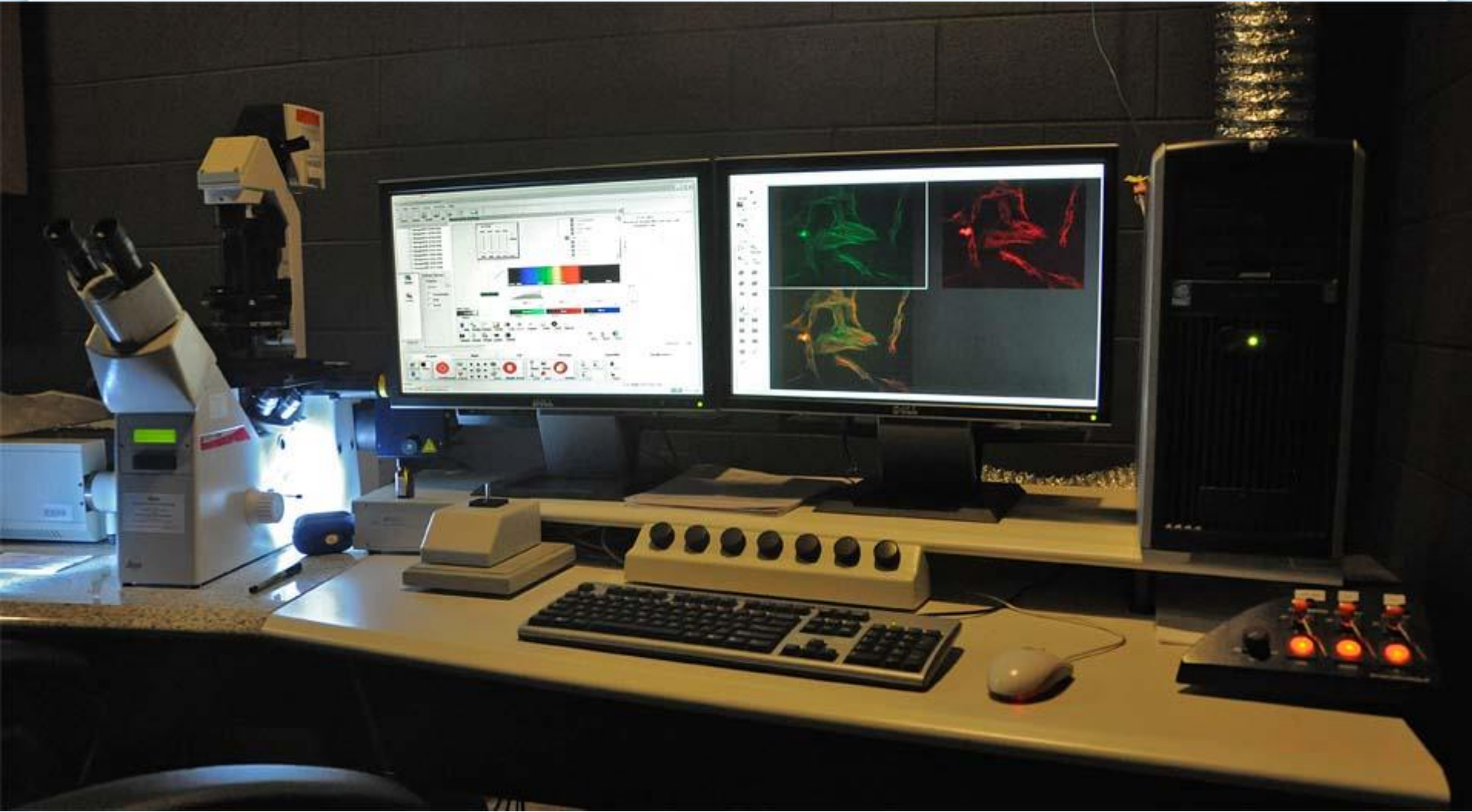


IWF



# Konfokální mikroskopie

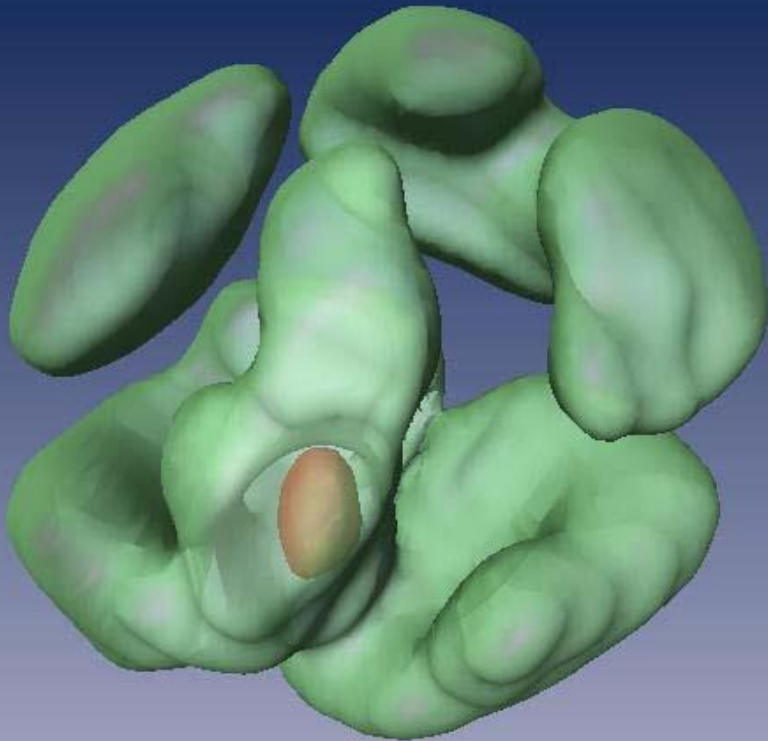
- LEICA TCS SP2





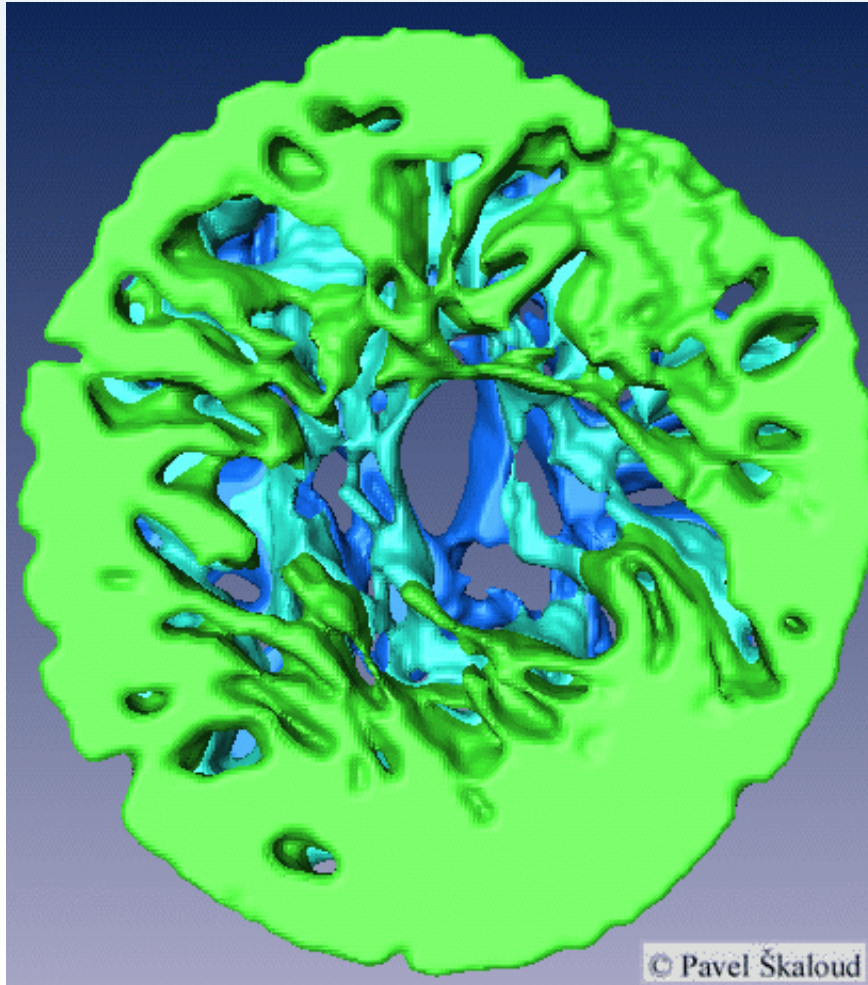
# Konfokální mikroskopie

- *Muriellopsis spherica*



# Konfokální mikroskopie

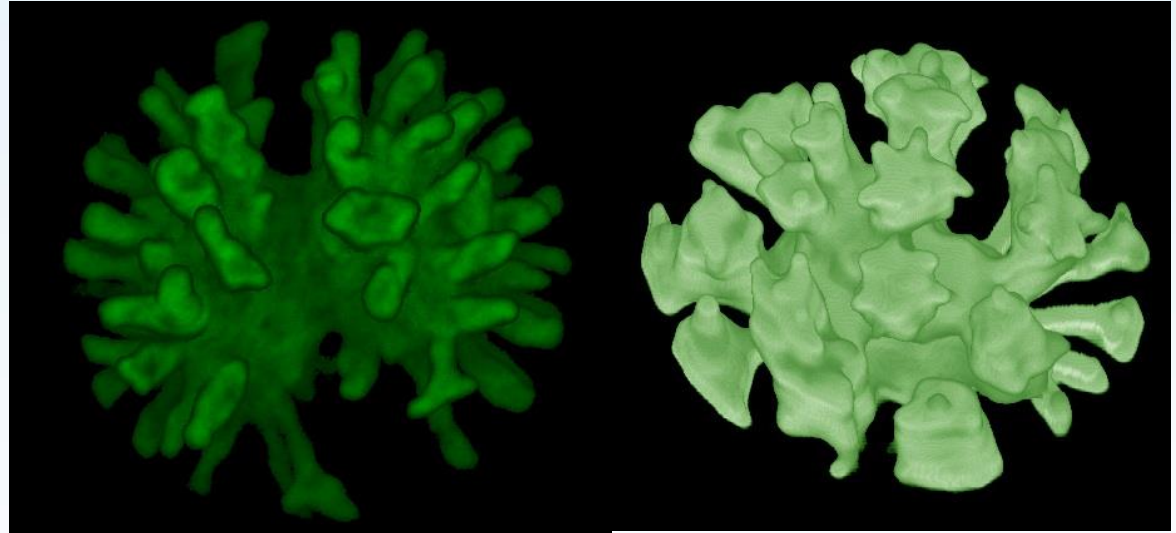
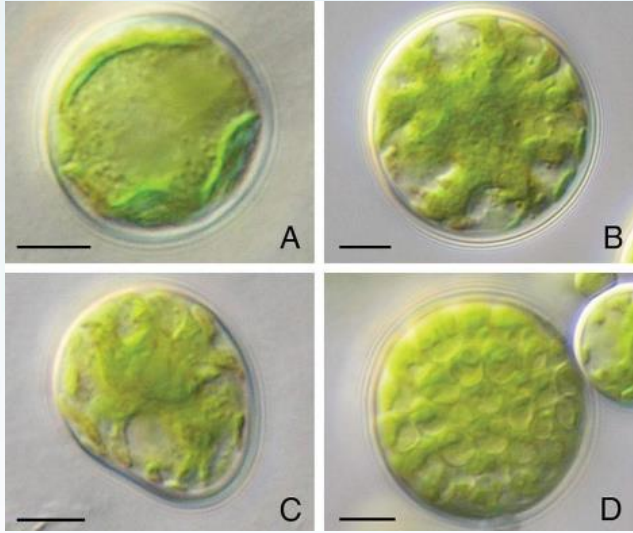
- *Dictyochloropsis splendida*





# Fotobionti lišejníků

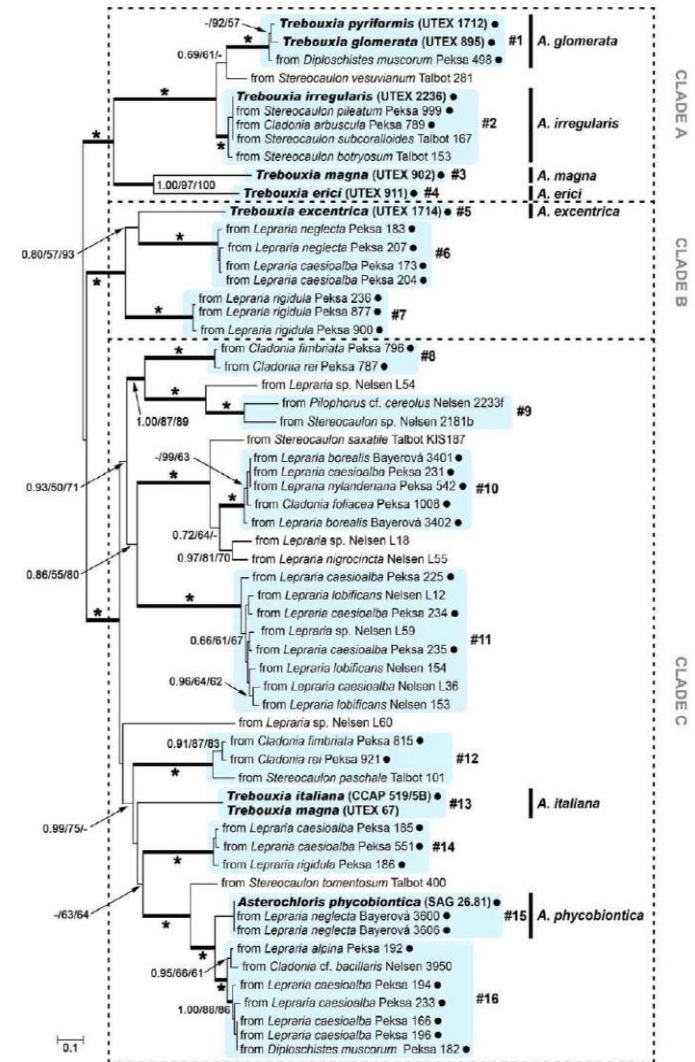
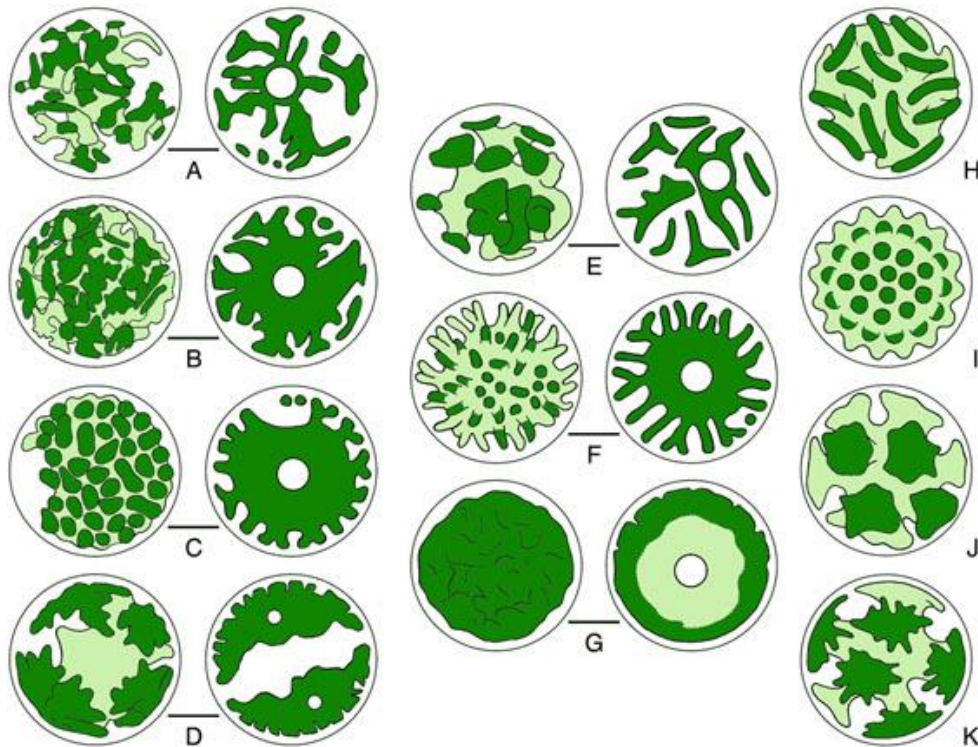
- *Asterochloris* – jeden z nejrozšířenějších lišejníkových symbiontů



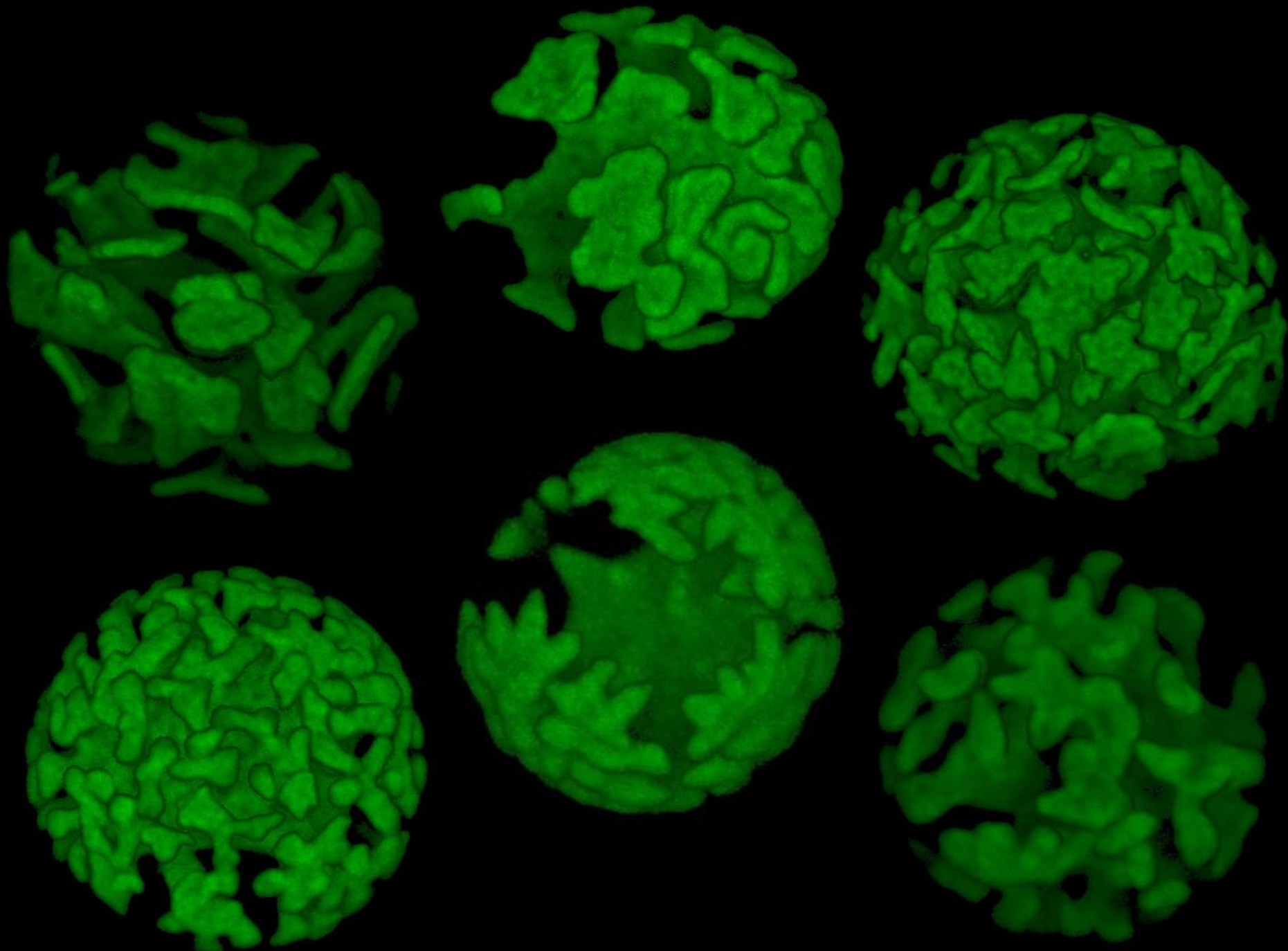


# Skrytá diverzita v rámci rodu *Asterochloris*

- *Asterochloris* – pouze 15 % izolovaných fotobiontů přiřazeno k již popsaným druhům
- mezi liniemi odhaleny jemné morfologické rozdíly ve struktuře chloroplastu

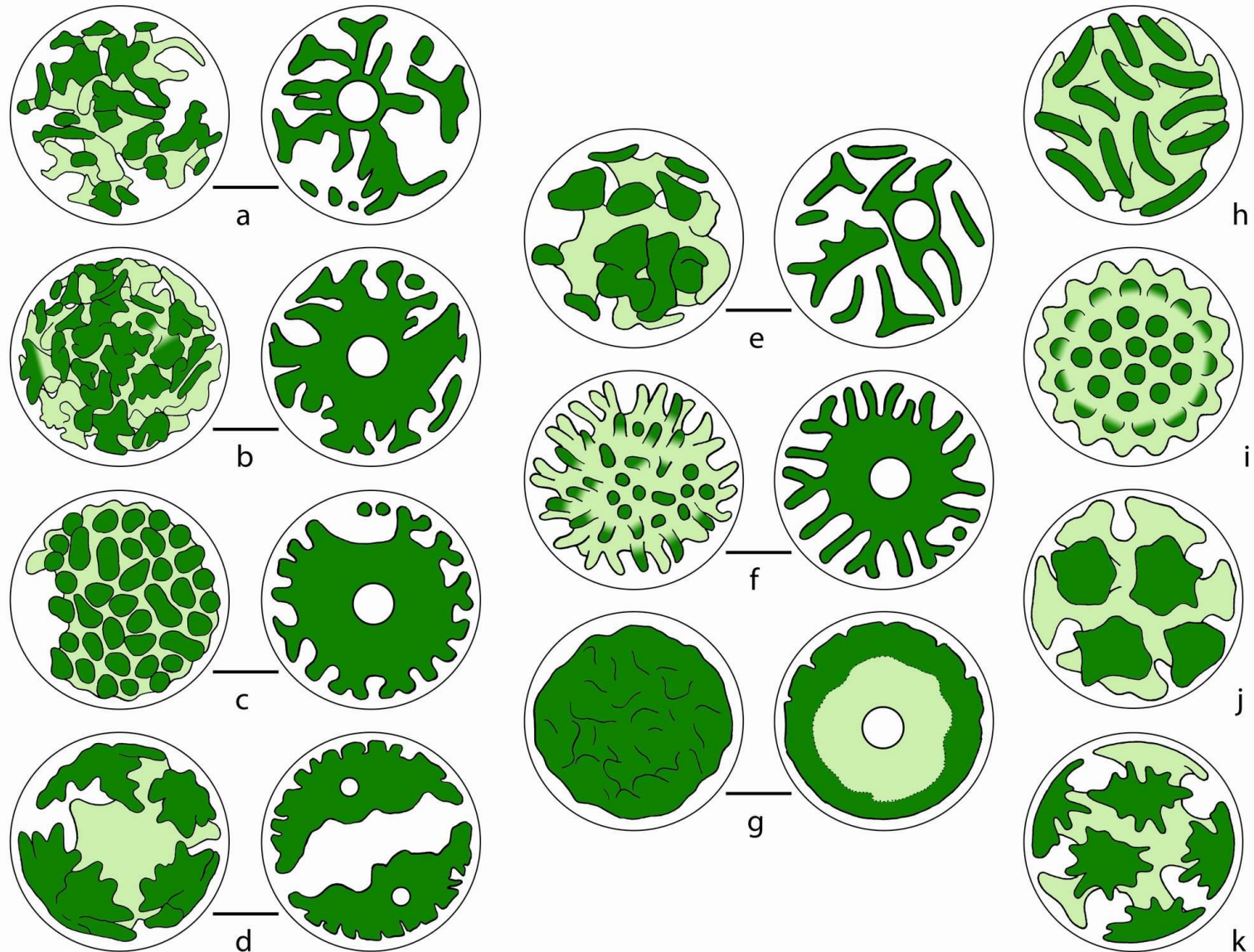






# Asterochloris - definice druhů

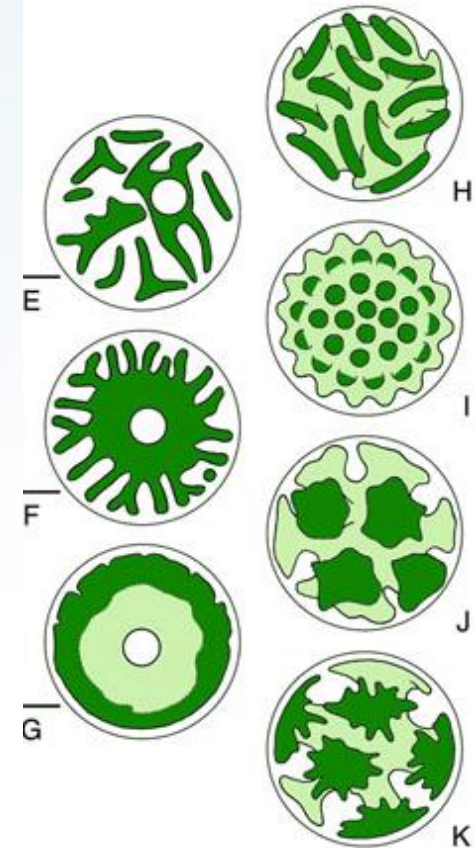
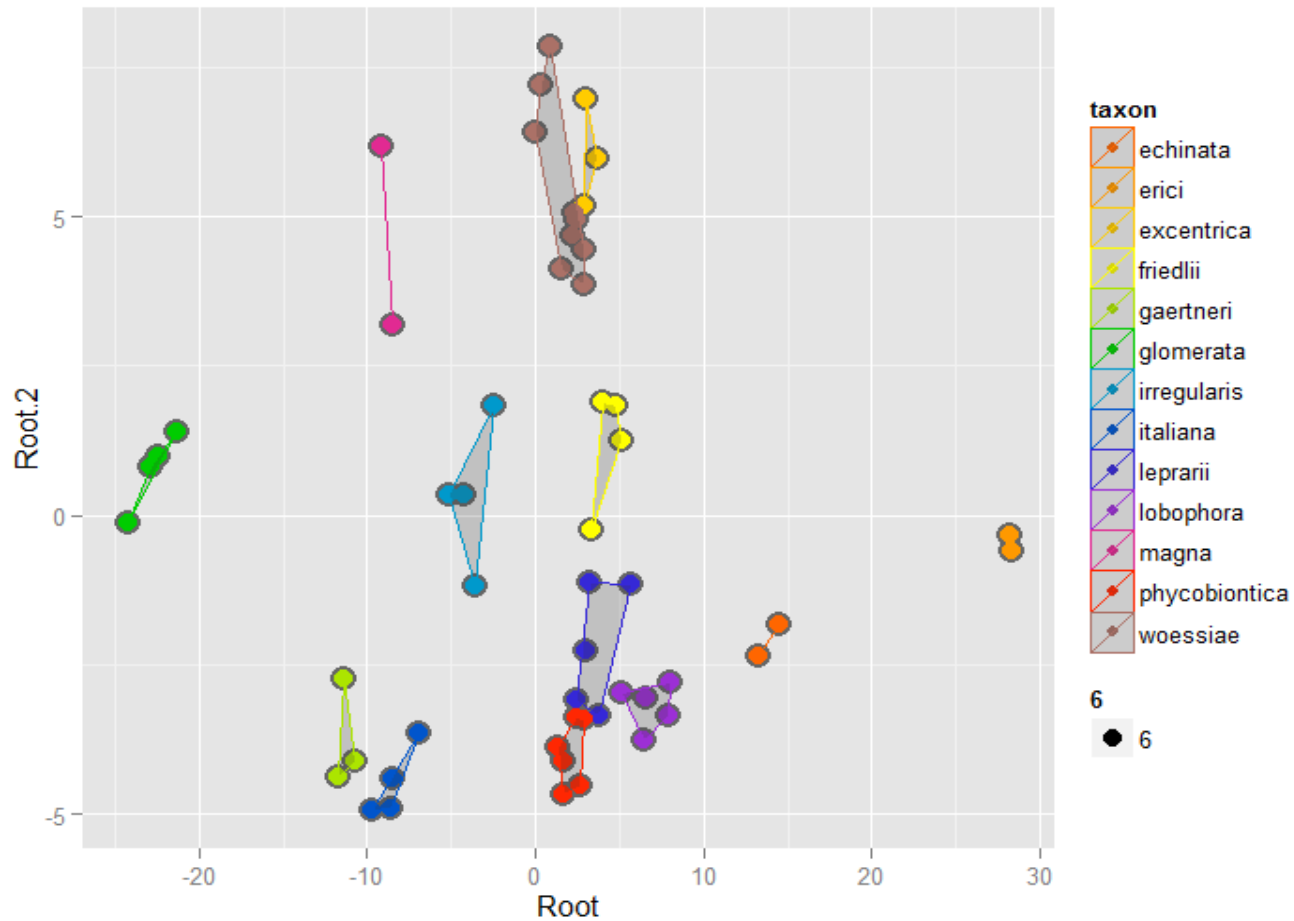
- morfologie chloroplastu



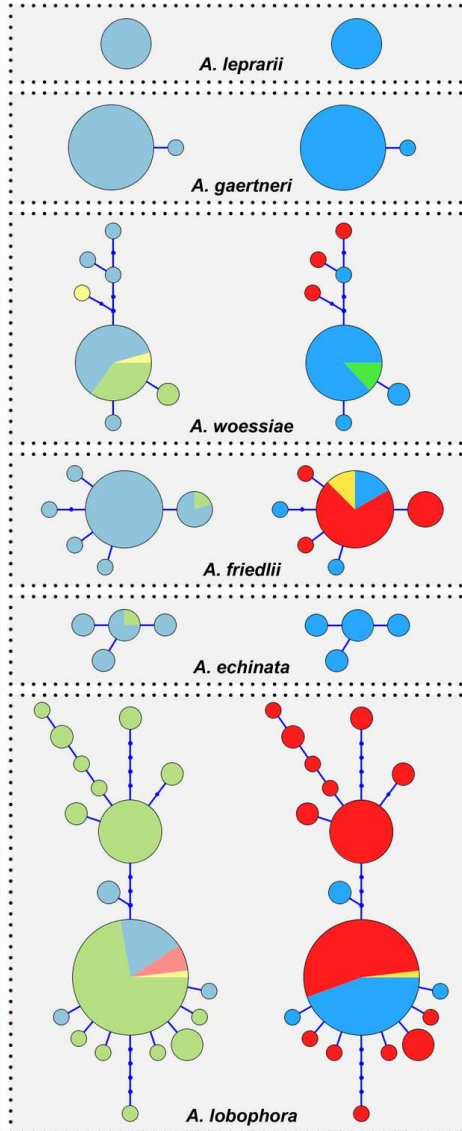
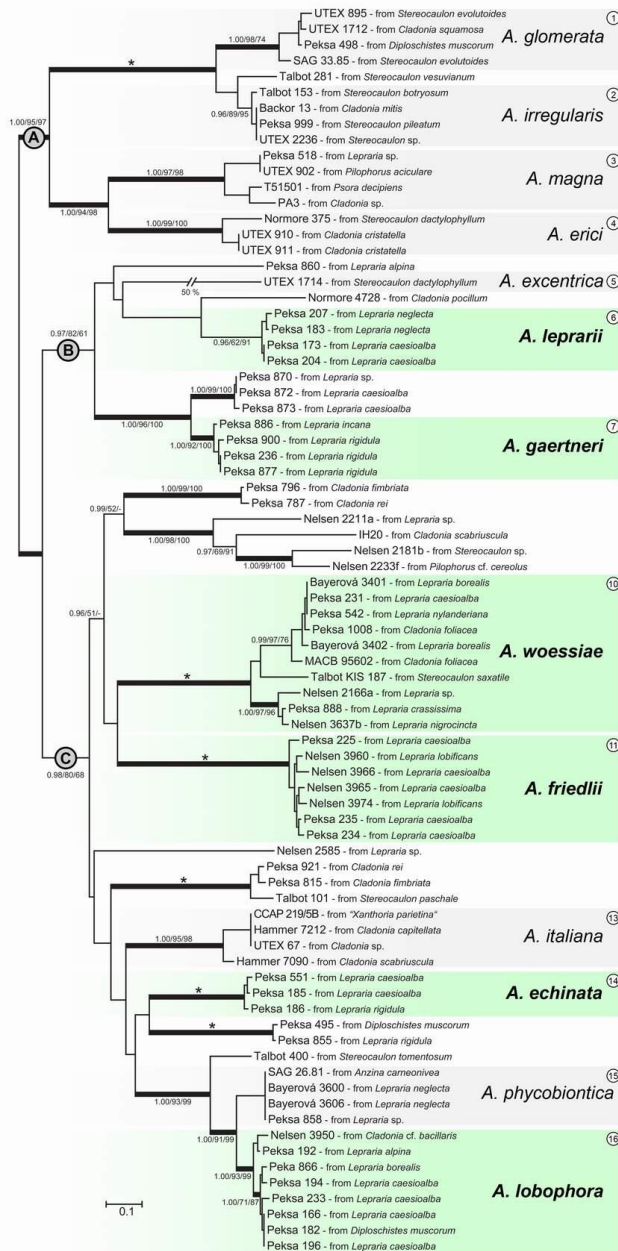


# Asterochloris - definice druhů

- morfologie – diskriminační analýza
  - tvar buněk, velikost buněk, tvar chloroplastu, počet spor



# Asterochloris - definice druhů



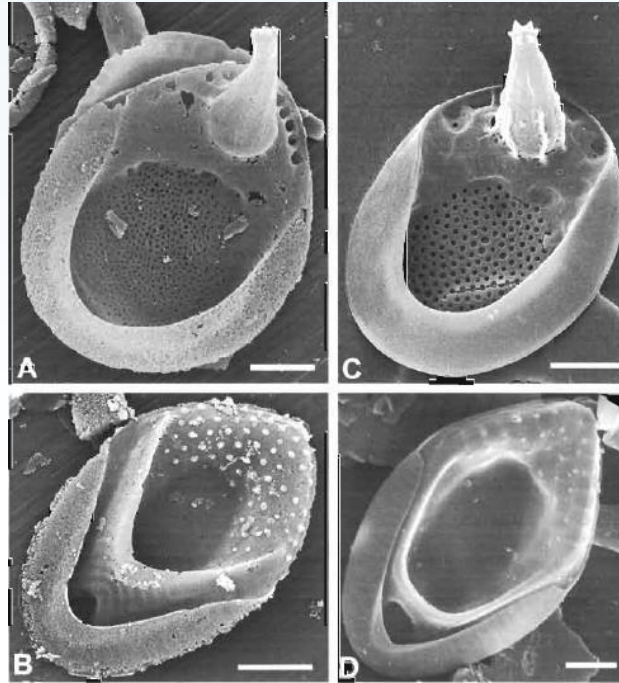


# Morfologická evoluce

- Protistní organismy mají velké populace a snadno se šíří
- Nízká speciální rychlost protist?
- Fosilní data poukazují na morfologickou (a evoluční?) stázi protist



100 Ma



48 Ma



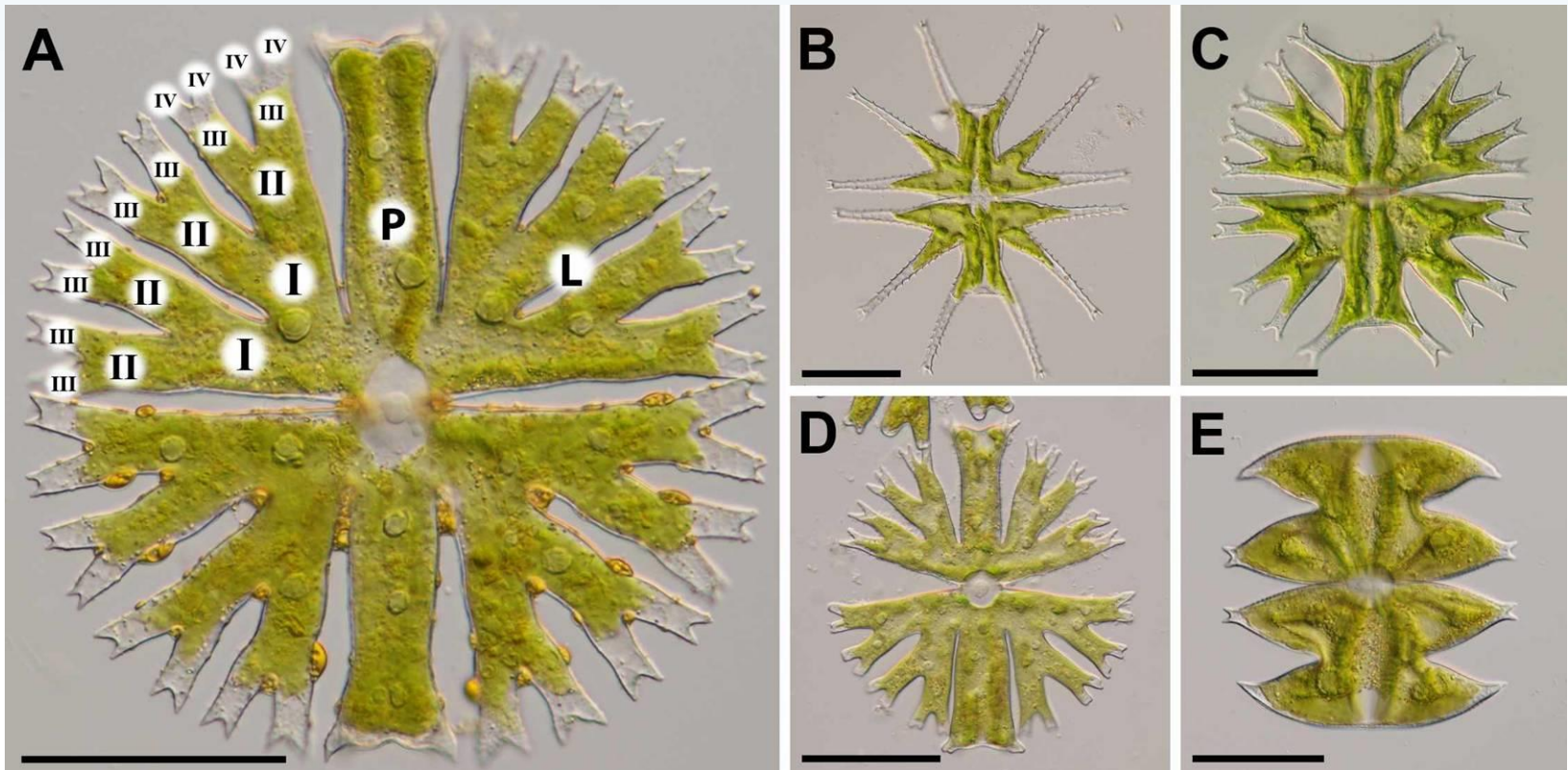
v té kádince je takových  
225 000 000 buněk

v jednohektarovém  
rybníce má pak tedy  
běžný planktonní druh  
cca  $10^{14}$  –  $10^{18}$  jedinců

# Morfologická evoluce protist

## *Micrasterias* (Zygnematophyceae, Streptophyta)

- Jeden z morfologicky nejpůsobivějších protistních rodů
- Ploché buňky sestávající ze dvou identických semicel
- Druhy se odlišují celkovým tvarem, větvením buněk, velikostí, atd.

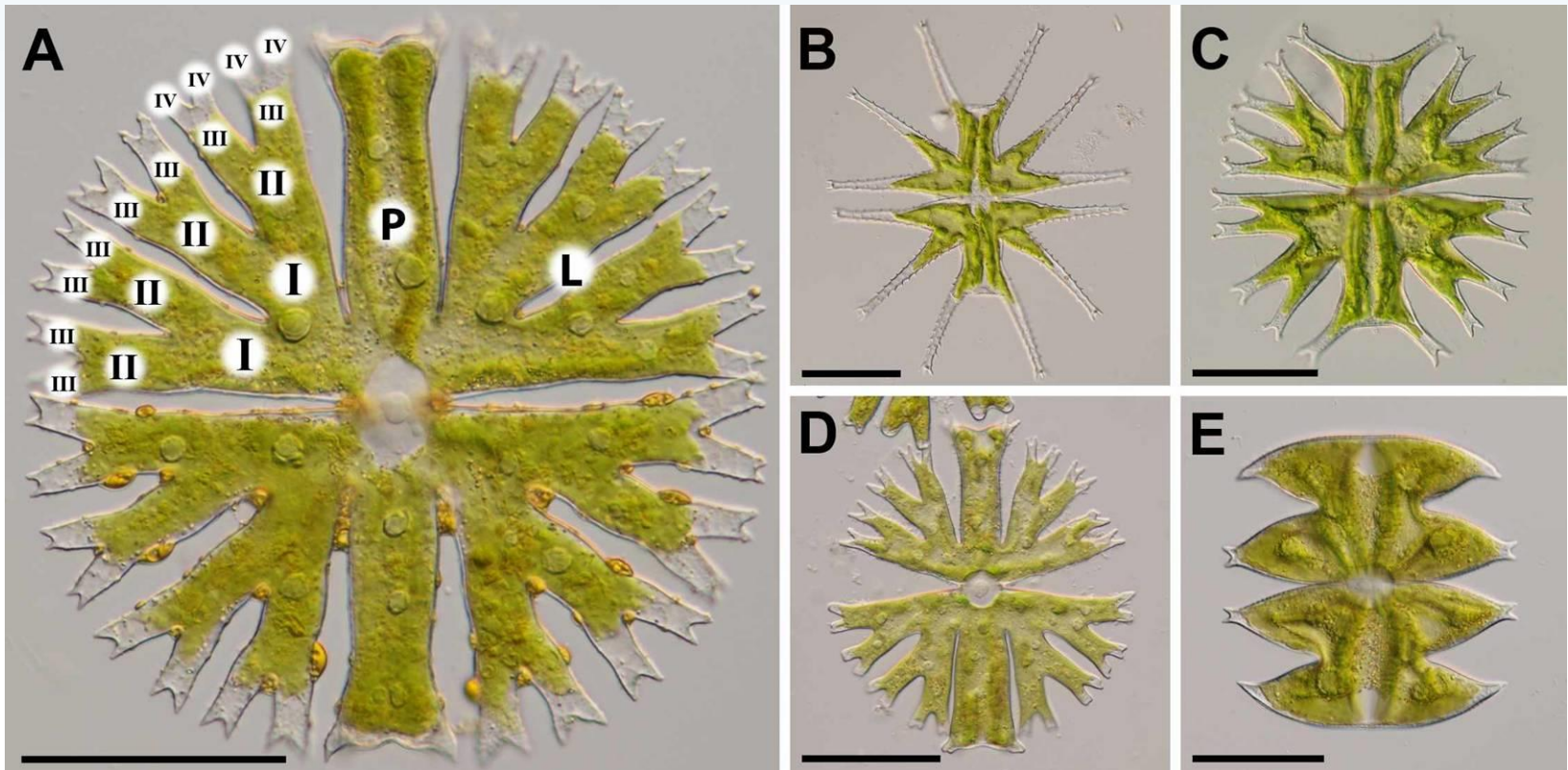




# Morfologická evoluce protist

## Cíle studie:

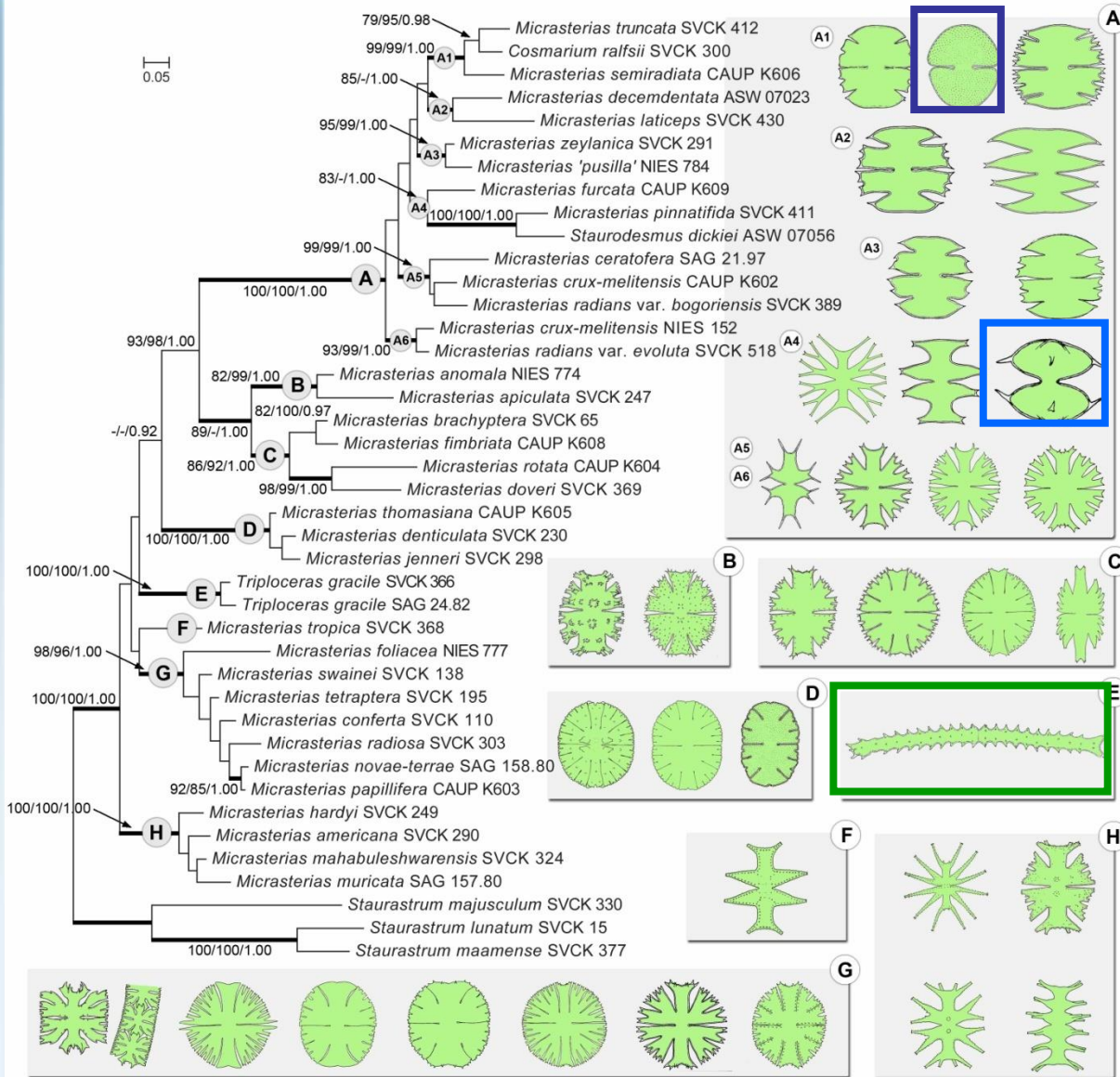
- *Modelový organismus* pro studium morfologické evoluce protist
  - Zjistit robustní fylogenezi rodu
  - Jsou morfologicky podobné druhy evolučně příbuzné?
  - Jaké morfologické znaky jsou korelovány s evolucí rodu?







# Morfologická evoluce protist



- Překvapivá pozice tří druhů tradičně patřících do jiných rodů krásivek:
  - *Cosmarium ralfsii*
  - *Staurodesmus dickiei*
  - *Triploceras gracile*

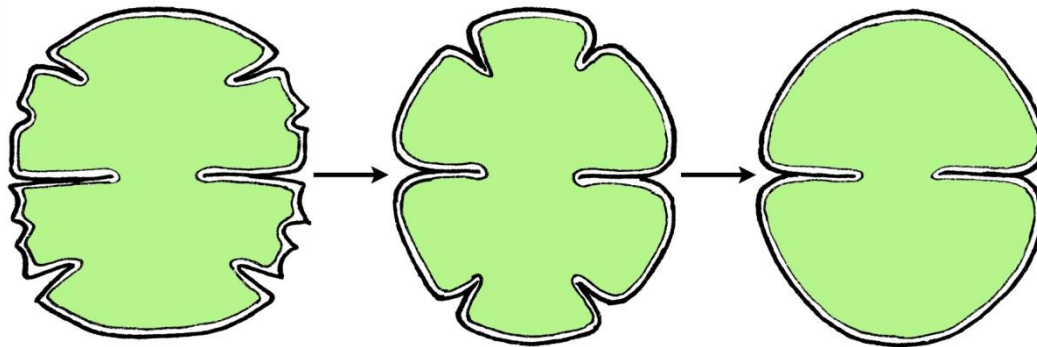
- Existence nejméně třech období zrychlené morfologické evoluce

# Zrychlená morfologická evoluce I.

- *Micrasterias truncata* → *Cosmarium ralfsii*



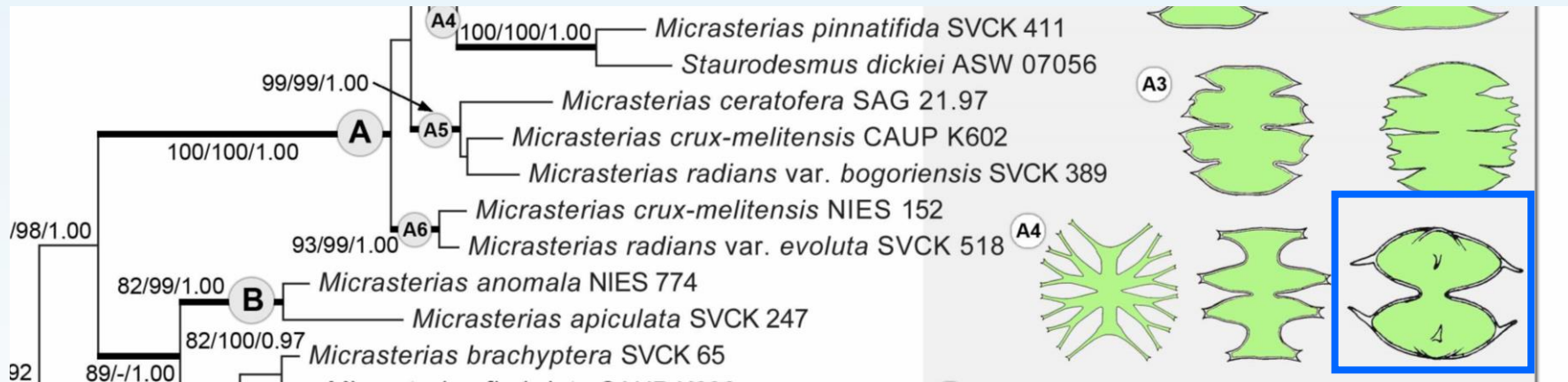
Evoluční scénář – postupná redukce buněčných zářezů, vedoucí ke speciaci hladké, morfologicky jednoduché buněčné formy



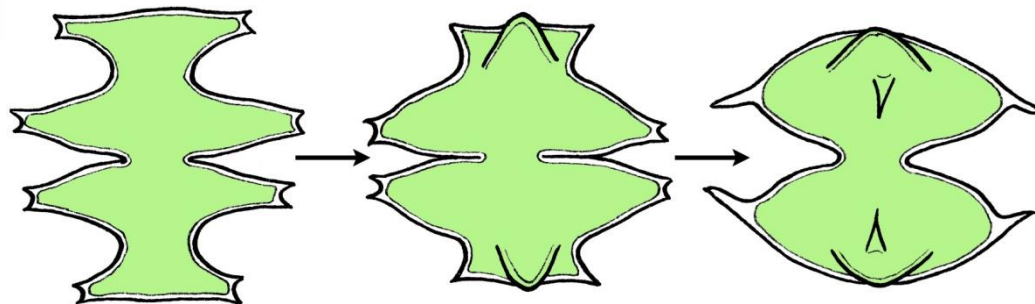


# Zrychlená morfologická evoluce II.

- *Micrasterias pinnatifida* → *Staurodesmus dickiei*

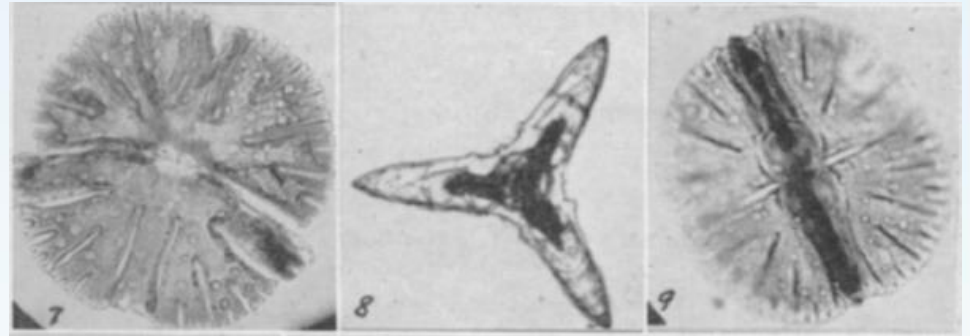
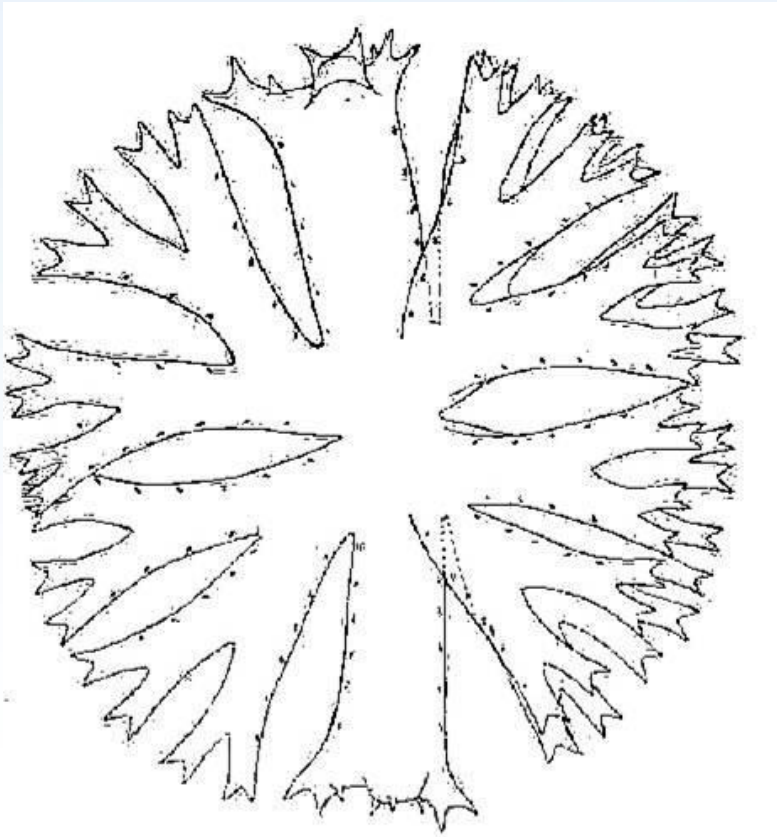


Evoluční scénář – přirozená polyploidizace, vedoucí ke vzniku trojčetných buněk, následná redukce laloků



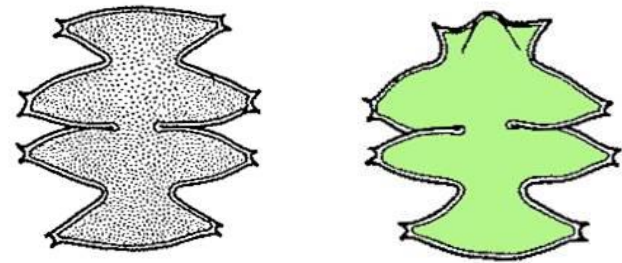
# Zrychlená morfologická evoluce II.

- Přirozený a uměle vyvolaný vznik trojčetných buněk



- Kallio (1953): Bull Torrey Bot Club 80, 247-263; umělá produkce trojčetných buněk u *M. thomasiana*

- West & West (1905): A monograph of the British Desmidiaceae; *M. murrayi* var. *triquetra*

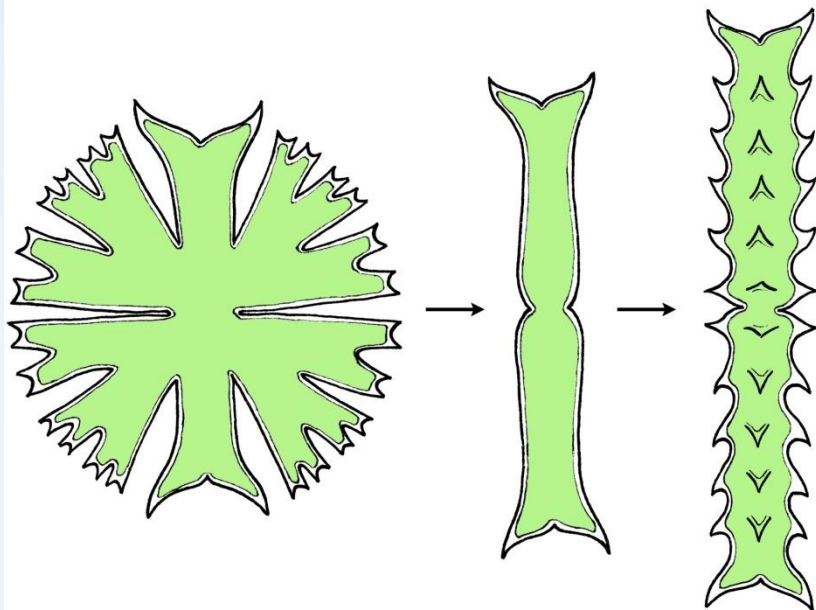
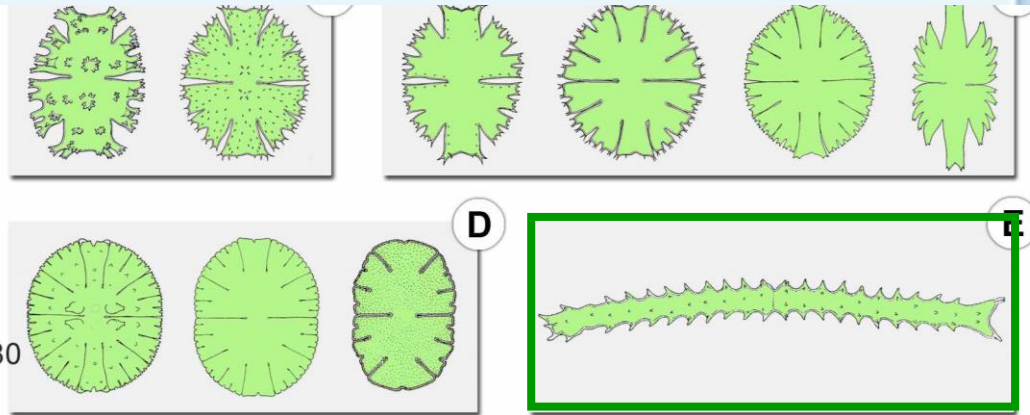
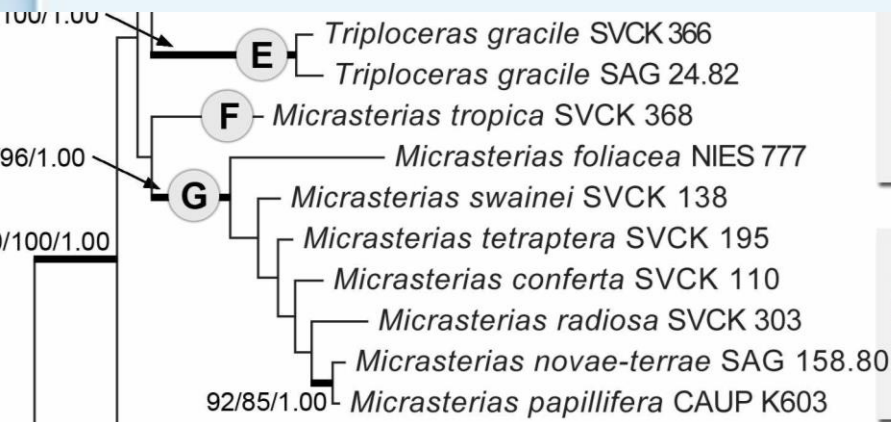


- Sormus *et al.* (1974): J Phycol 10, 274-279; *M. pinnatifida*



# Zrychlená morfologická evoluce III.

- *Micrasterias* ancestor → *Triploceras gracile*

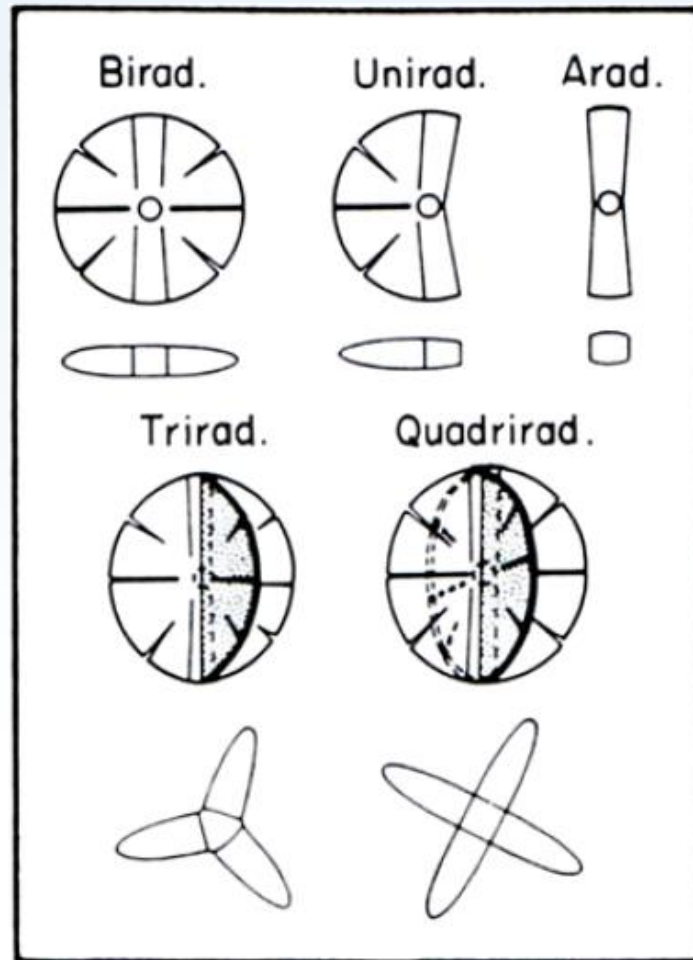


Evoluční scénář – ztráta laloků, následovaná prodloužením buněk a tvorbou výběžků na jejich povrchu

# Zrychlená morfologická evoluce III.

- Přirozené a umělé vytvoření bezlaločnatých buněk:

Kallio & Heikkilä (1969)  
– umělé vytvoření  
bezlaločnatých buněk  
druhu *M.* pomocí UV  
záření



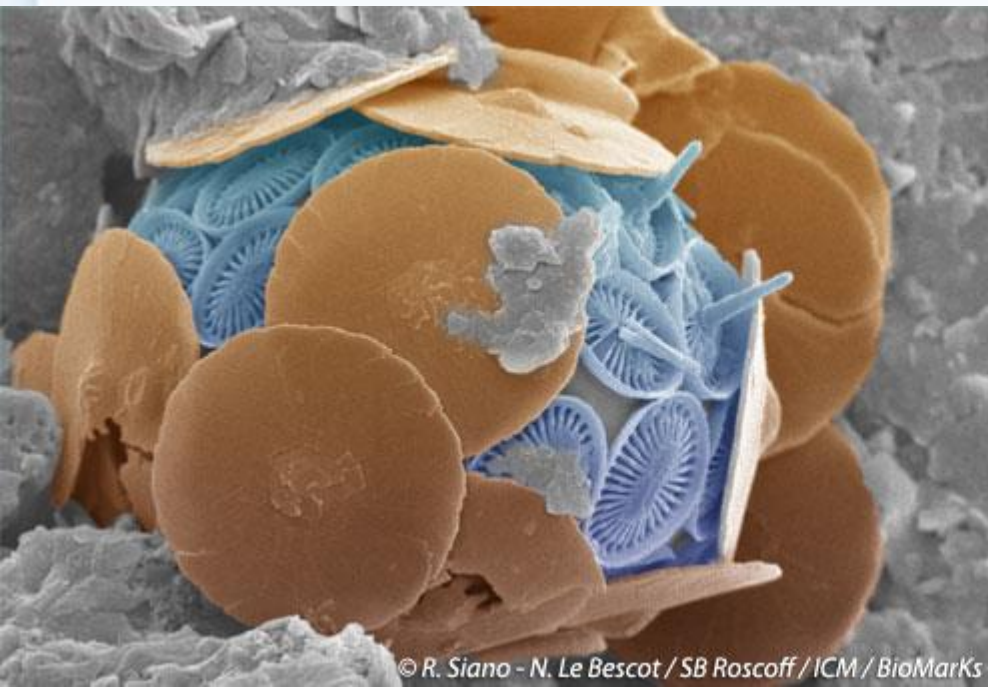
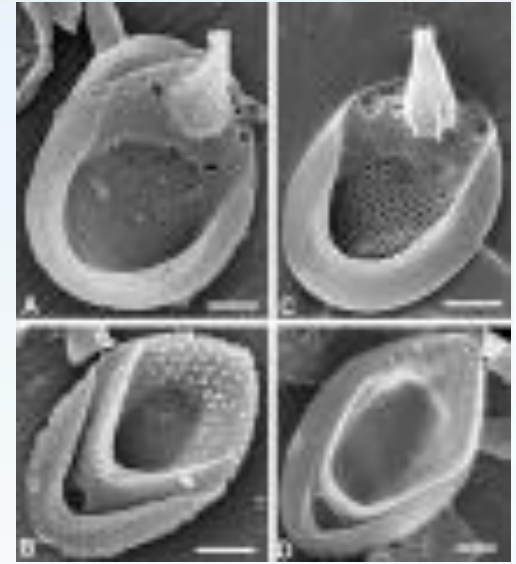
Waris & Kallio (1964)  
- bezlaločnaté buňky  
nalezeny v přírodních  
vzorcích – vliv  
stresových podmínek  
prostředí



# Morfologická evoluce protist

## Shrnutí

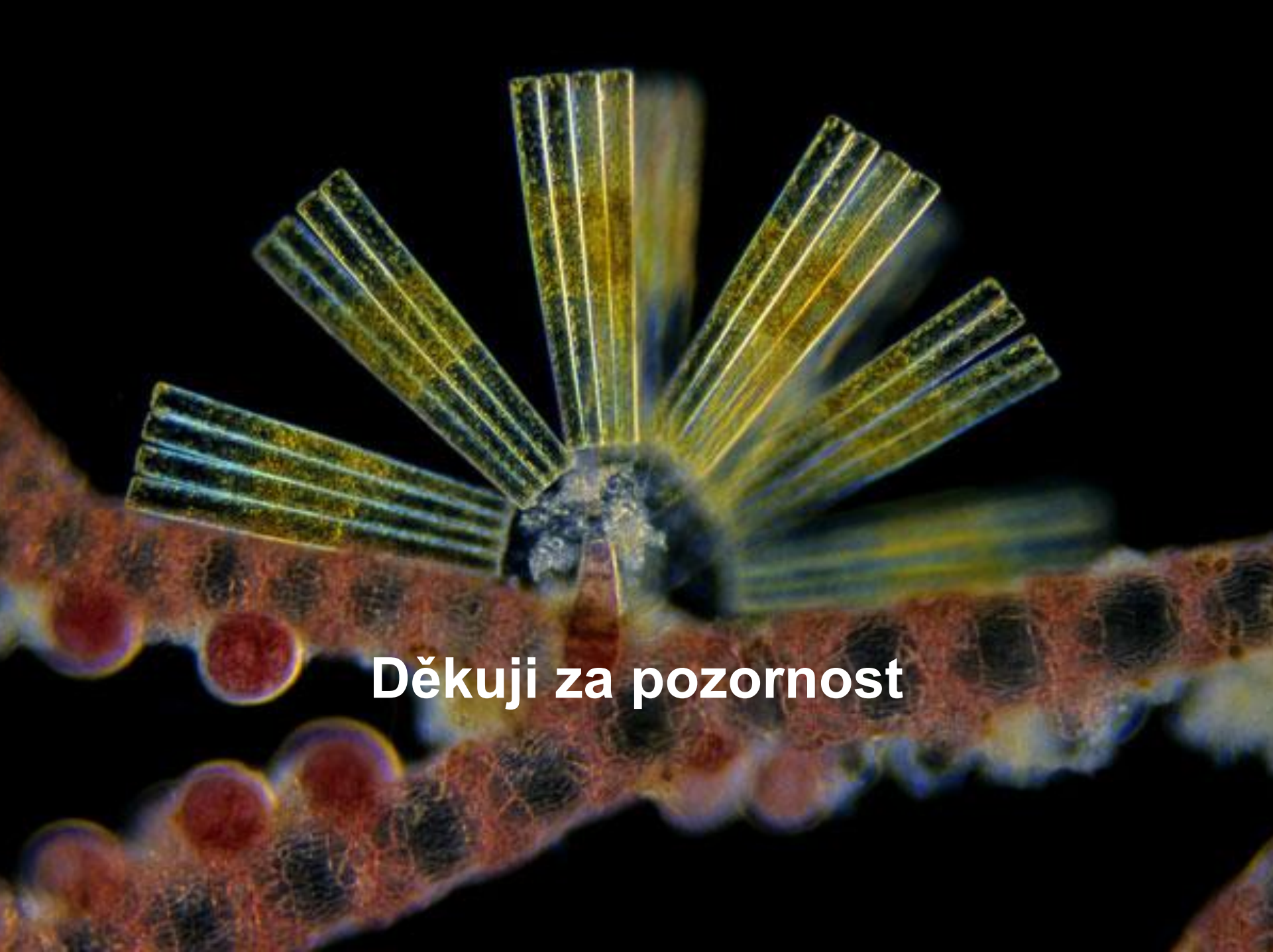
- Morfologie protistních buněk může podléhat náhlým, evolučně velmi rychlým změnám
- Výsledky studie jsou v rozporu s teorií dlouhodobé evoluční a morfologické stáze.
- Význam UV záření, stresových faktorů (teplotní šok...) a přirozené polyploidizace při evoluci protist



© R. Siano - N. Le Bescot / SB Roscoff / ICM / BioMarKs



© J. Decelle - F. Not - N. Le Bescot / EPPO / SB Roscoff / CNRS



**Děkuji za pozornost**