

CYANOBACTERIA

(Cyanophyta) - sinice

ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

Sinice jsou velmi drobné a velmi jednoduché autotrofní prokaryotické organismy. Jsou evolučně nesmírně staré a jsou schopné žít téměř ve všech biotopech na zeměkouli.

Podle fosilních nálezů se sinice objevily v prekambriu, tj. před 3,5 - 2,5 miliardou let. Za možné předky sinic jsou pokládány chlorobaktérie a purpurové baktérie.

Jejich taxonomie je velmi složitá (např. neexistuje dosud rozumná definice druhu). Navíc chybí důkladnější floristický průzkum tropických oblastí, a proto neexistují jednotné odhady četnosti jejich taxonů, ale pohybují se v řádu minimálně 200 rodů a několik tisíc druhů.

Český název sinice pochází z termínu “sinný” = modrý. To je v podstatě překlad “latinského” názvu, z řeckého cyanos = modrý.

Stavba bunky je velmi jednoduchá – nemají jako prokaryota žádné jádro ani mitochondrie, Golgiho aparát, endoplazmatické retikulum, vakuoly a bičíky.

ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

Sinice patří mezi gramnegativní bakterie, to znamená, že jejich buňky mají pevnou buněčnou stěnu složenou z mureinu a kyseliny diaminopimelové.

Často na povrchu zeslizovatí a pak vytváří rosolovité pochvy, někdy živě zbarvené. Barvu způsobuje karotenoid zvaný **scytonemin** (žlutohnědý) nebo barvivo **gleokapsin** (červený a modrý)

Jaderná hmota však už není rozptýlena po celé buňce, ale je soustředěna do středové části buňky zvané **nukleoplazmatická oblast**. Zde se nachází jediná kruhová molekula DNA, uspořádaná v četných smyčkách, připevněných k cytoplazmatické membráně pomocí RNA a bílkovin. Tento celek se nazývá **genofor**

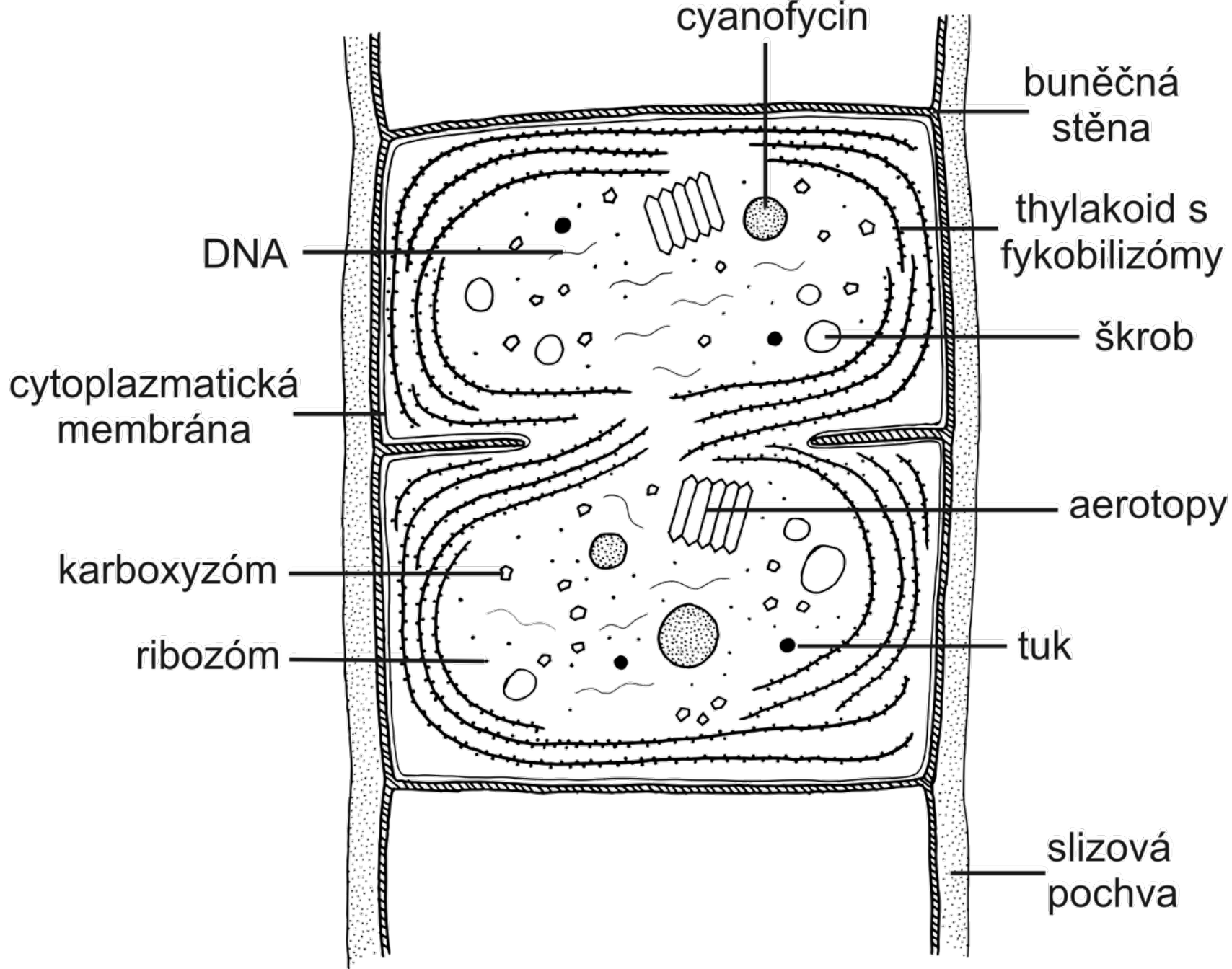
ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

V buňce jsou přítomny **karboxyzómy**, což jsou drobná tělíška ve tvaru mnohostěnu, pozorovatelná v transmisním elektronovém mikroskopu. Obsahují enzym RUBISCO, který je mimo jiné zodpovědný za fixaci CO_2 v Calvinově cyklu.

Karboxyzómy jsou analogií pyrenoidů vyskytujících se u eukaryot.

Hlavním asimilačním produktem je **sinicový škrob**. Svými vlastnostmi je shodný s glykogenem některých bakterií. Jako další zásobní energetické zdroje slouží **cyanofycinová zrnka** a **volutin**.

Nejnápadnějším útvarem uvnitř buňky sinice jsou **thylakoidy** - to ploché váčky s fotosyntetickým aparátem. V membráně thylakoidu jsou obsaženy fotosyntetické pigmenty **chlorofyl-a**, α - i β -**karoten** a **xanthofyly** (echinenon, myxoxantofyl, zeaxantin).

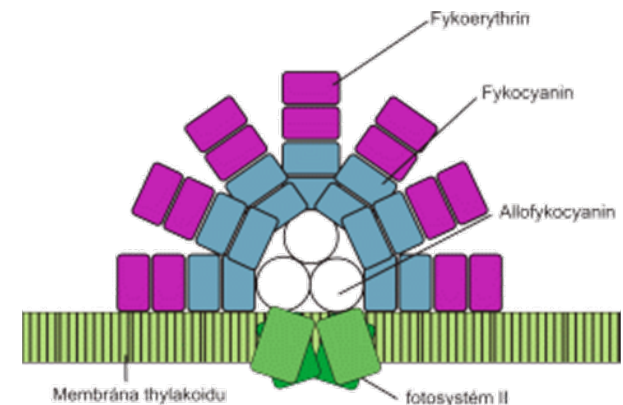


ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

Na povrchu membrány v útvarech nazvaných **fykobilizómy** se nachází fykobiliproteiny (specifická barviva), modrý **c-fykocyanin**, červený **c-fykoerythrin** a modrý **allofykocyanin**. Tyto pigmenty plní funkci světlosběrné antény. Značná citlivost tohoto typu světlosběrné antény umožňuje fotosyntézu sinic při velmi nízké hladině osvětlení.

Poměr červeného a modrého pigmentu určuje výslednou barvu sinicové buňky. Barevný odstín je pro jednotlivé druhy příznačný, ale mění se i podle složení světla a vlivem výživy. Tato vlastnost se jmenuje **chromatická adaptace**.

Struktura fykobilisomu



**Srovnání tří kmenů *Limnothrix redekei* s
odlišným poměrem fykoeritrinu a fykocyaninu.**



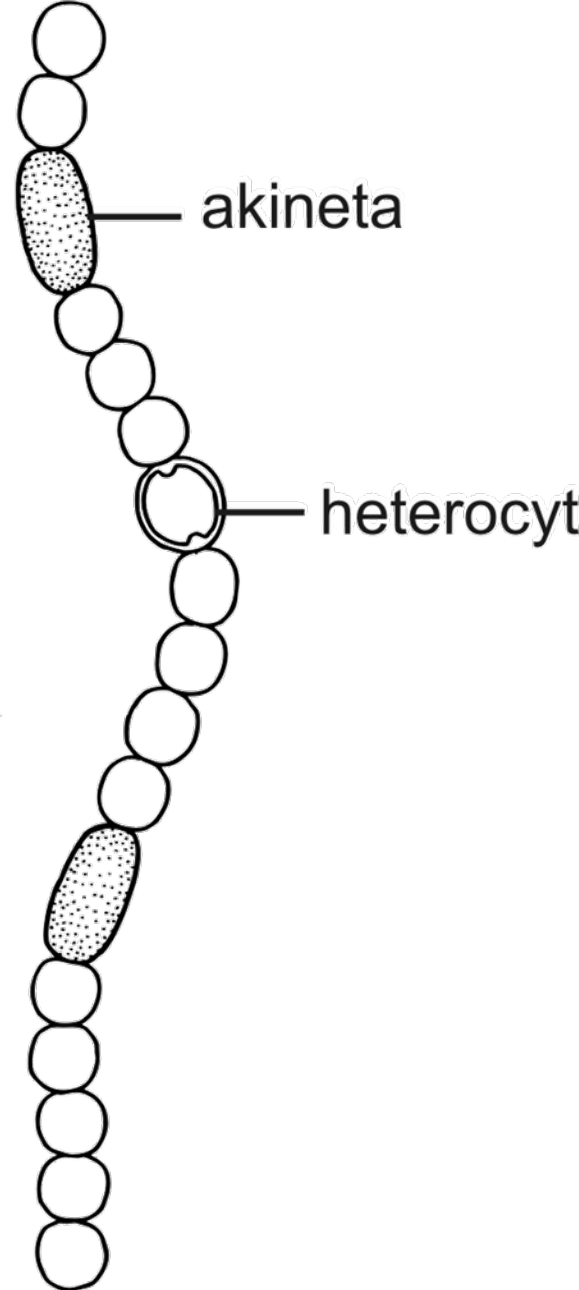
ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

Sinice mají několik specifických struktur.

Aerotopy (dříve nazývané gasvezikuly, plynové vakuoly) - jedná se o válcovité struktury ve tvaru mnohostěnu. V buňce je jich větší počet, na příčném průřezu připomínají včelí plást. Jejich stěna je složená z glykoproteinů a je propustná pro všechny plyny rozpuštěné ve vodě.

Směs těchto plynů uvnitř aerotopů sinice nadlehčuje a umožňuje jim snadno splývat ve vodním sloupci.

Sinice si je mohou tvořit a dezorganizovat v závislosti na abiotických faktorech prostředí a tím regulovat svoji polohu ve vodním sloupci.

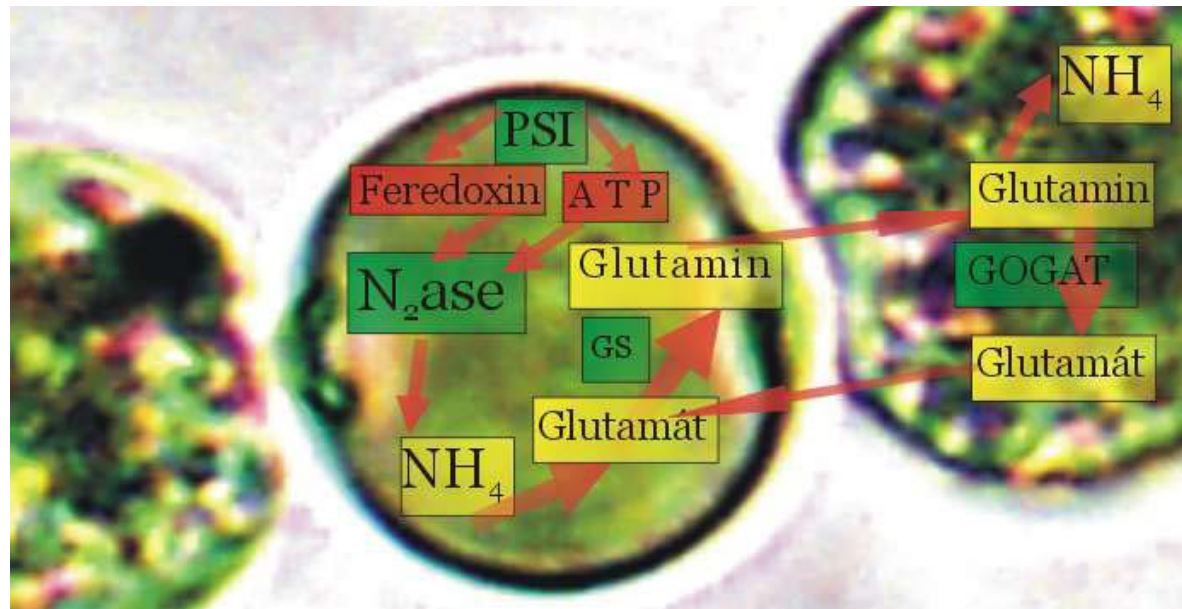


ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

Heterocyty (dříve nazývané heterocysty) – jsou tlustostěnné buňky, větší nebo stejné jako buňky vegetativní. V optickém mikroskopu se jejich obsah jeví jako prázdný, ale fotosystém I (tj. ten, co nedělá kyslík) v nich funguje. Vznikají z vegetativních buněk.

Za účasti nitrogenázy se v nich fixuje vzdušný dusík, vzniká amoniak, ten je vázaný jako glutamin a v této formě je transportován do sousedních buněk.

Fixace vzdušného dusíku
v heterocytech



ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

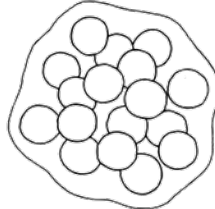
Akinety (arthrospory) - vznikají z jedné nebo více vegetativních buněk a bývají větší než vegetativní buňky. Slouží k přežití nepříznivých podmínek. Je známo, že akinety r. *Nostoc* přežily usušené v herbáři životaschopné po dobu 86 let.

Sinice tvoří několik typů stélek. Nejjednodušší stélky sinic jsou jednobuněčné. Ty jsou často obaleny slizem a sdružují se do pravidelných nebo nepravidelných kolonií.

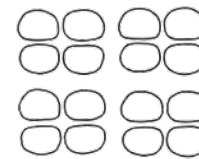
Vláknité typy můžou být buď nevětvené, nepravě větvené (to znamená, že vlákna jsou spolu spojena jen slizovou pochvou a ne fyziologicky nebo pravě větvené).



kokální
(*Synechocystis*)



nepravidelné
kolonie
(*Apahanocapsa*)



pravidelné
kolonie
(*Merismopedia*)



jednoduché
vlákno
(*Phormidium*)



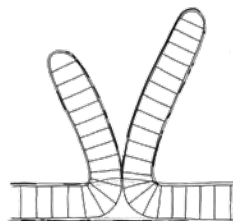
izopolární
vlákno
(*Anabaena*)



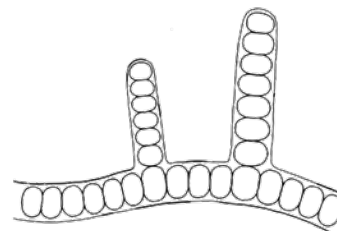
heteropolární
vlákno
(*Rivularia*)



přisedlá
(*Chamaesiphon*)



nepravě větvené
vlákno
(*Scytonema*)



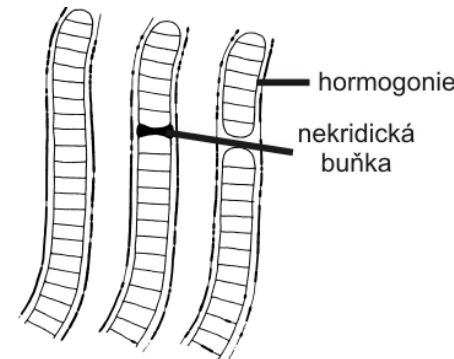
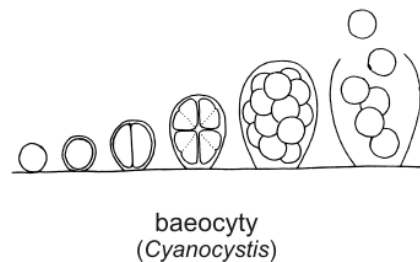
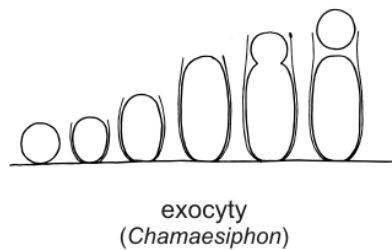
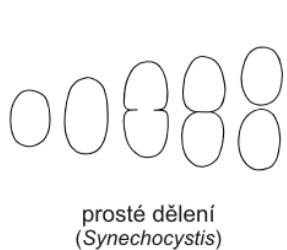
pravě větvené
vlákno
(*Stigonema*)

ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

Rozmnožování sinic je pouze **nepohlavní**, uskutečňuje se pouhým zaškrcováním membrány, nebo fragmentací stélky či tvorbou nepohlavních výtrusů (akinet).

U rodu *Chamaesiphon* se tvoří **exocyty** nebo u rodu *Cyanocystis* **baeocyty** uvolňující se po roztržení buněčné stěny.

Některé vláknité sinice se množí **hormogoniemi**, což jsou několikabuněčné části vlákna, oddělované z vlákna mateřského. Hormogonie se pohybují pomalým klouzavým pohybem



nekrické buňky a hormogonie
(*Oscillatoria*)

ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

Ekologie

Žijí téměř všude – ve sladkovodním i mořském planktonu, v nárostech, v půdě, na smáčených stěnách, uvnitř kamenů, ve sněhu aj.

Sinice jsou známy i z horkých pramenů, v nichž teplota vody dosahuje 72 - 73 °C. V Karlových Varech žije druh *Mastigocladus laminosus* při teplotě až 62 °C.

Pro planktonní druhy je typická schopnost vytvářet při nadbytku živin tzv. vodní květ. Mnohé druhy navíc produkují toxiny, takže způsobují značné vodohospodářské problémy.

ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

Ekologie

Zajímavé není to, že jsou jedovaté, ale proč jsou jedovaté. Jejich jedy působí zejména proti obratlovcům a ne proti jejich ekologickým konkurentům (zelené řasy) nebo predátorům (korýši).

Existuje celá řada teorií, ale žádná není 100%. Víceméně už je jisté, že těmi jedy něco sledují, že to není jen odpadní produkt nějakého metabolismu - mají totiž přímo geny pro tvorbu těchto jedů a tyto geny jsou jedny z jejich nejstarších genů.

Velmi zajímavá je teorie, že se jedná o prostředek ke komunikaci mezi sinicemi v ekosystému, ale důkazy nejsou.

ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

Akinety (arthrospory) - vznikají z jedné nebo více vegetativních buněk a bývají větší než vegetativní buňky. Slouží k přežití nepříznivých podmínek. Je známo, že akinety r. *Nostoc* přežily usušené v herbáři životaschopné po dobu 86 let.

Sinice tvoří několik typů stélek. Nejjednodušší stélky sinic jsou jednobuněčné. Ty jsou často obaleny slizem a sdružují se do pravidelných nebo nepravidelných kolonií.

Vláknité typy můžou být buď nevětvené, nepravě větvené (to znamená, že vlákna jsou spolu spojena jen slizovou pochvou a ne fyziologicky nebo pravě větvené).

ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

Pozoruhodnou skupinu tvoří symbiotické sinice. Nejznámější jsou symbionti s lišejníky. V lišejníkové stélce zastupují autotrofní složku, označovanou jako **fykobiont**.

Vstupují do symbiózy i s játrovkami, hlevíky, kapradinami, byly rovněž nalezeny v kořenech epifytických orchidejí.

Sinice jsou i výrazný geologický činitel. V silně mineralizovaných vodách způsobují srážení solí (vápenatých a železitých) do různých minerálů, např. travertinu. Sinice v těchto minerálních vodách svojí fotosyntézou ve vodě sníží koncentraci CO_2 a způsobí tak vysráží těchto solí. Tato činnost sinic, ale i jiných řas se nazývá **biomineralizace**.

ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

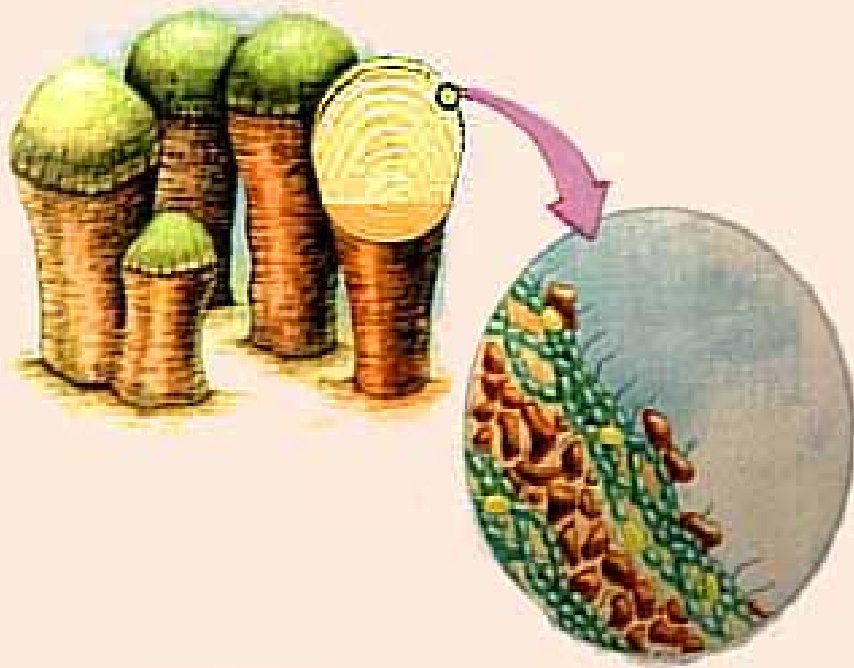
Jedny z nejstarších geologických útvarů na Zemi -**stromatolity**, mají na svědomí sinice. Jedná se o víceméně hříbovité útvary, které vznikají usazováním především uhličitanu vápenatého v pochvách sinic.

Dnes jsou to celkem ojedinělé útvary (nejvíc "živých" je Shark Bay v Austrálii a v přílivovém kanálu na Exuma Island na Bahamách), ale v prekambrických horninách se vyskytují velice často.

Považují se za místo vzniku nejstarších organismů produkujících kyslík, které tak změnilo celkové složení atmosféry Země do dnešní podoby.

Nejstarší nálezy zkamenělin, které jsou pravděpodobně sinice, pochází z Apex Basalt ze západní Austrálie a jsou staré 3,5 miliardy let.

Zkameněliny připomínající sinice z nejstarších stromatolitů z Tumbiana Formation, západní Austrálie už vykazují i chemické známky oxygenní fotosyntézy a jsou považovány za důkaz nejstarší fotosyntézy – 2,7 milardy let.



© P.-A. Bourque



ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

Řada vláknitých sinic je schopna pohybu, zejména zástupci rodu *Oscillatoria*, který pro charakter svého pohybu dostal český název drkalka.

Sinice se živí většinou autotrofně, dovedou však současně využívat i organické látky. Takový typ současně autotrofní i heterotrofní nazýváme **mixotrofní** (smíšený). Výskyt kapének síry v buňkách některých druhů ukazuje i na chemosyntetický způsob výživy.

Sinice jsou perspektivní skupinou organismů. Jako vazači plynného dusíku se uplatňují při zúrodnování rýžových polí v Indii. V Kazachstánu probíhaly pokusy s využitím sinic při kultivaci neúrodných stepních půd. Sinice se podílejí na zrání léčivých bahen a stále častěji se využívají v biotechnologii (*Spirulina*).

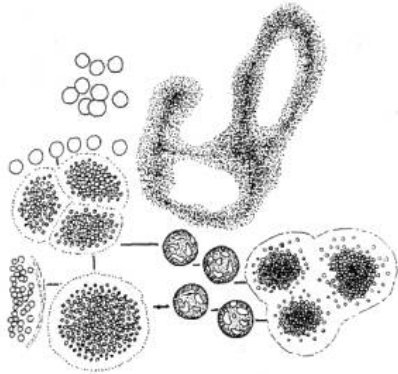
V potravinářství se uplatňují fykobiliny jako barviva a v biomedicinálním výzkumu mohou nahradit radionuklidy.

Říše: Prokaryota

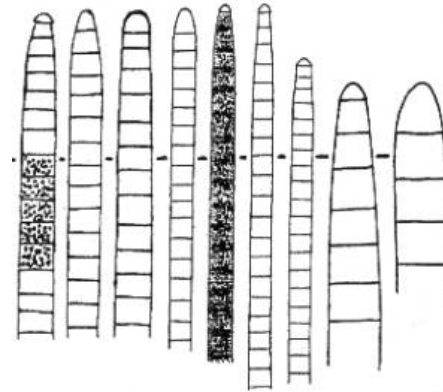
Oddělení: Cyanobacteria (Cyanophyta) – sinice

Třída: Cyanophyceae

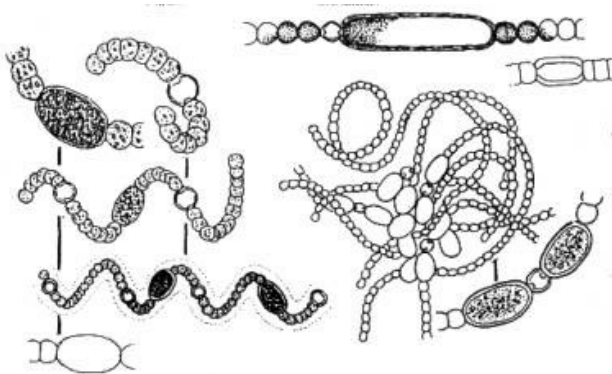
Řád: Chroococcales



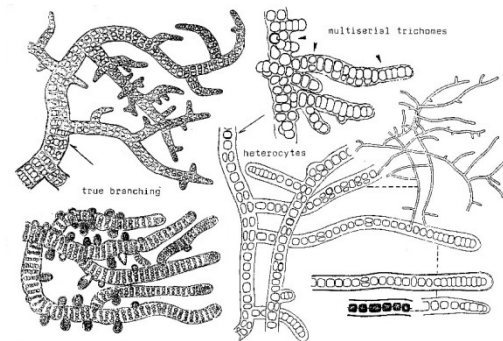
Řád: Oscillatoriales



Řád: Nostocales

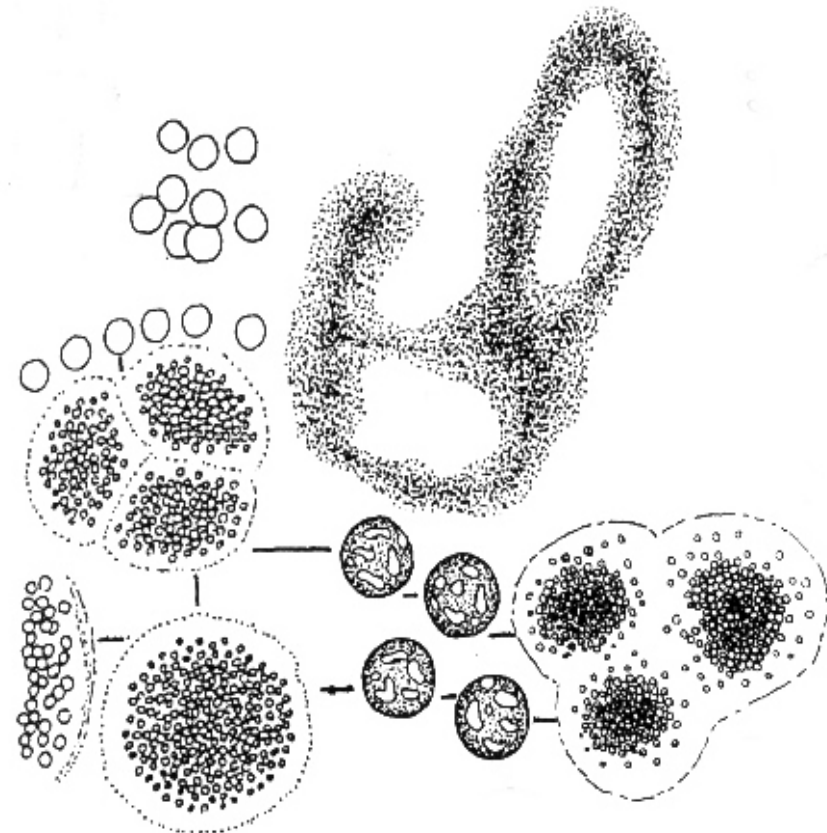


Řád: Stigonematales



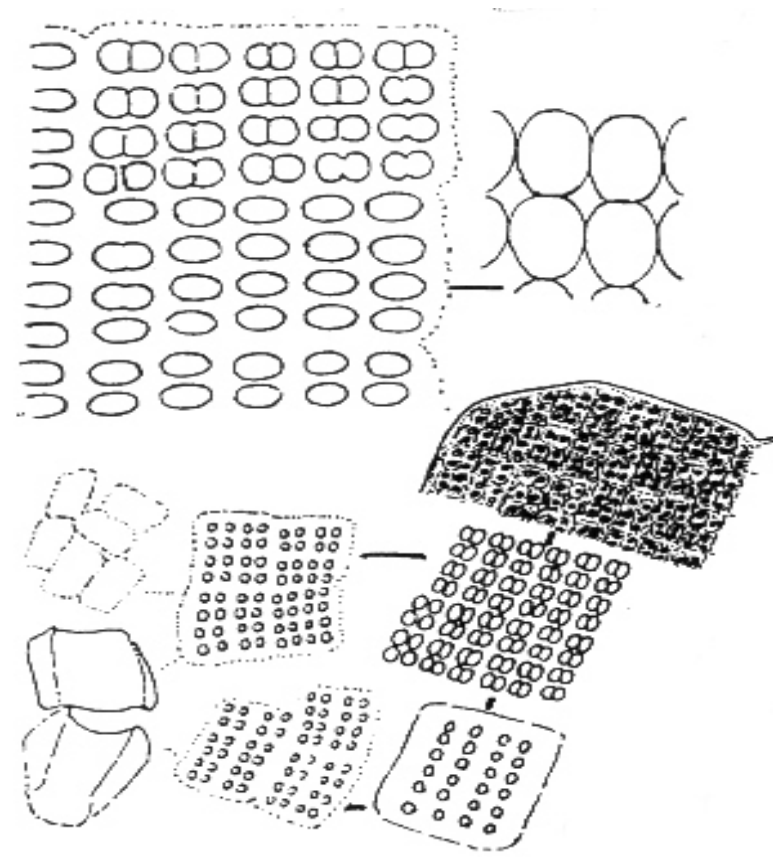
ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

- **ŘÁD: *Chroococcales*** - jednobuněčné sinice žijící jednotlivě nebo v koloniích obklopených slizem. Heterocyty a akinety chybějí.
- **Rod: *Microcystis***
- Kokální sinice tvořící kolonie, výhradně planktonní, z nichž pouze klidová stadia přetrvávají v bentosu.
- Buňky obsahují během celého vegetačního období plynové měchýřky, sdružené do aerotopů.
- Rozmnožování rozpadem kolonií, někdy až na jednotlivé buňky.
- Rod ***Microcystis*** patří mezi nejdůležitější rody, vytvářející sinicové vodní květy. Obsahuje přibližně 20 dobře popsanych druhů
- Řada druhů produkuje toxiny



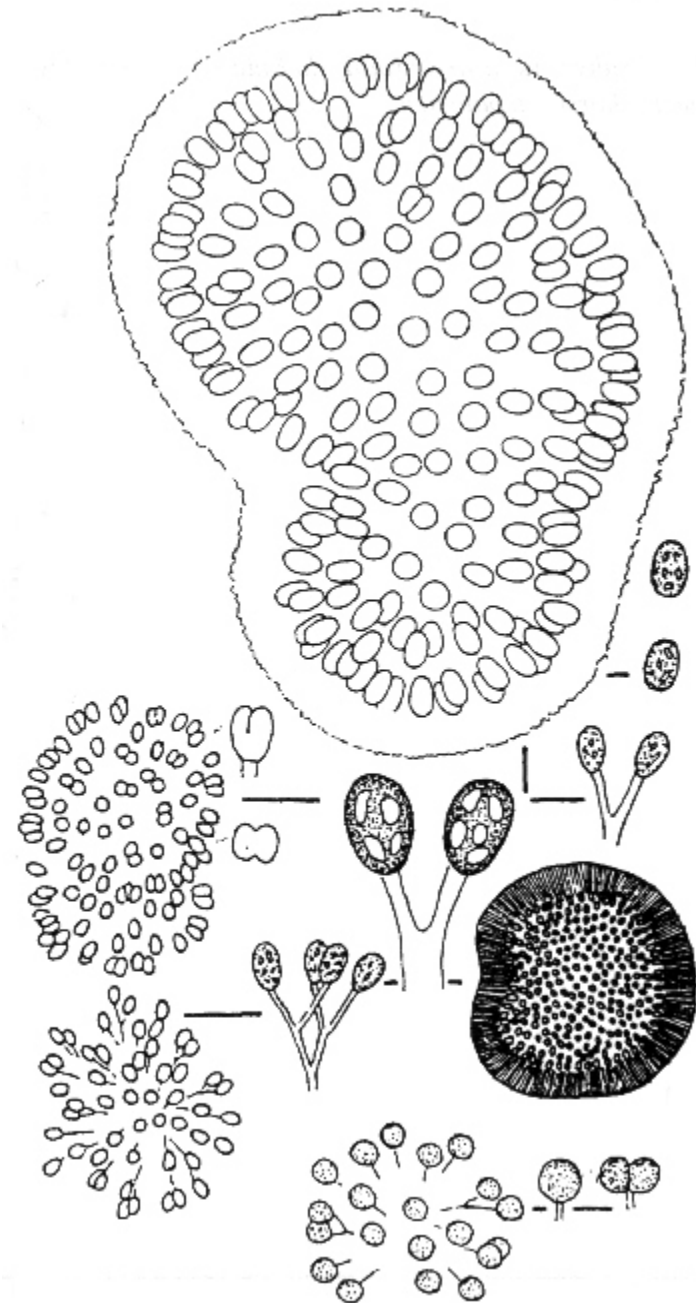
ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

- **ROD: *Merismopedia***
- Tvoří destičkovité kolonie, složené z kulatých, intenzivně modrozelených buněk, uspořádaných pravidelně v jedné rovině. Buňky nemají pseudovakuoly.
- Kolonie vzniká tak, že se buňka střídavě dělí ve dvou směrech navzájem kolmých a po rozdělení zůstávají buňky při sobě beze změny polohy v kolonii.
- Rod *Merismopedia* má 8 druhů odlišených velikostí a zbarvením buněk. Vedle *M. elegans* je v našich vodách častá ještě *M. glauca* a buňkami 3-6 μm velkými a *M. tenuissima* s buňkami pouze 1,2-2,4 μm velkými.



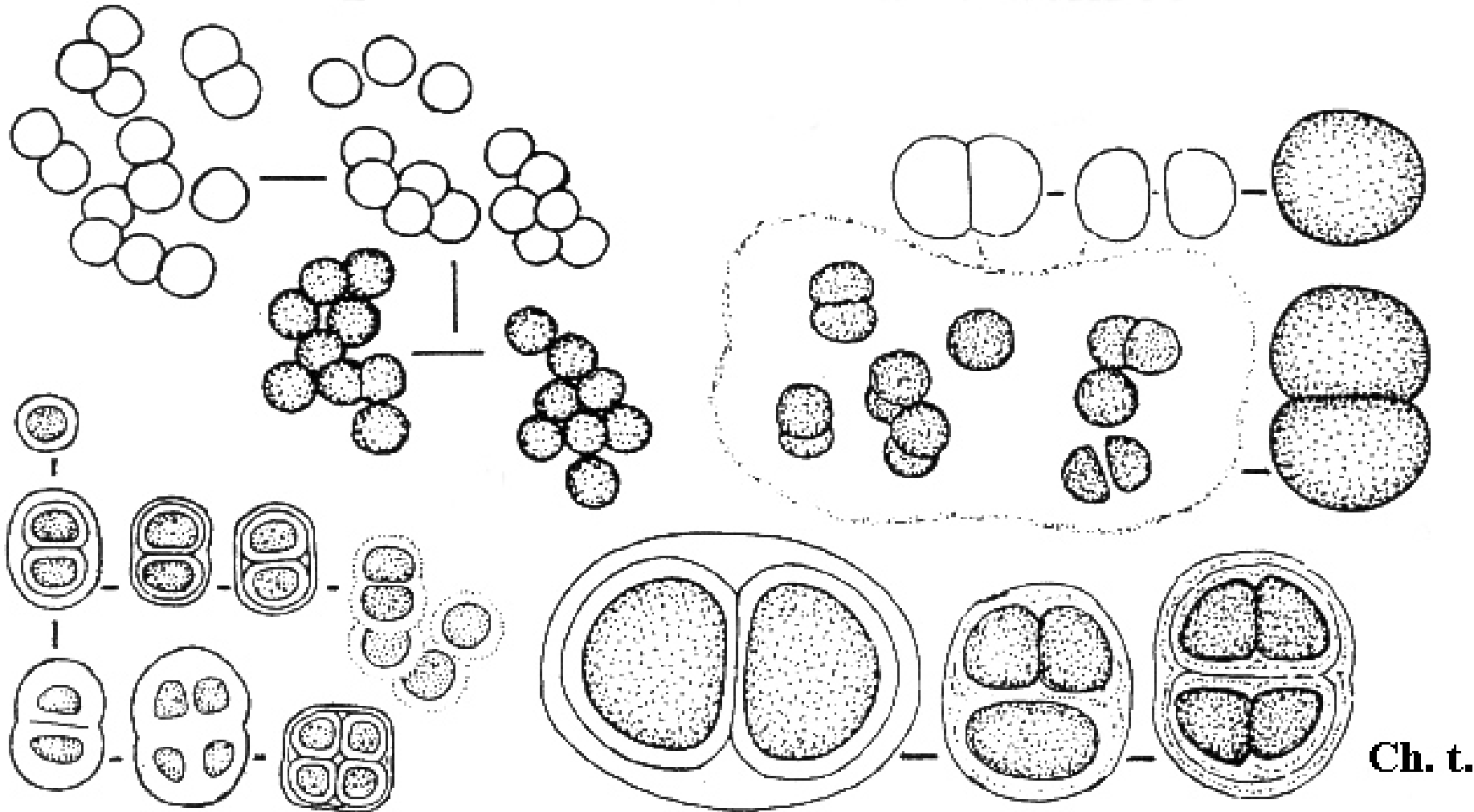
ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

- **ROD: *Woronichinia***
- Rod kokálních sinic, rostoucích ve volně plovoucích, sférických koloniích. **Kolonie** jsou více méně kulovité, nepravidelně oválné, někdy protažené, mírně laločnaté.
- V centru kolonie se nachází systém radiálních a více méně hustě paralelně uložených, jednoduchých, trvale nerozvětvených **slizových stopek**.
- Z rodu *Woronichinia* bylo popsáno 14 dobře definovaných druhů, z nichž 2 mají po celé vegetační období v buňkách aerotopy a patří mezi sinice, podílející se na vodních květech sladkovodních nádrží.
- Náš běžný druh *W. naegeliana* je dobře poznatelný podle své morfologie a těžko se dá zaměnit s jinými vodními květy.



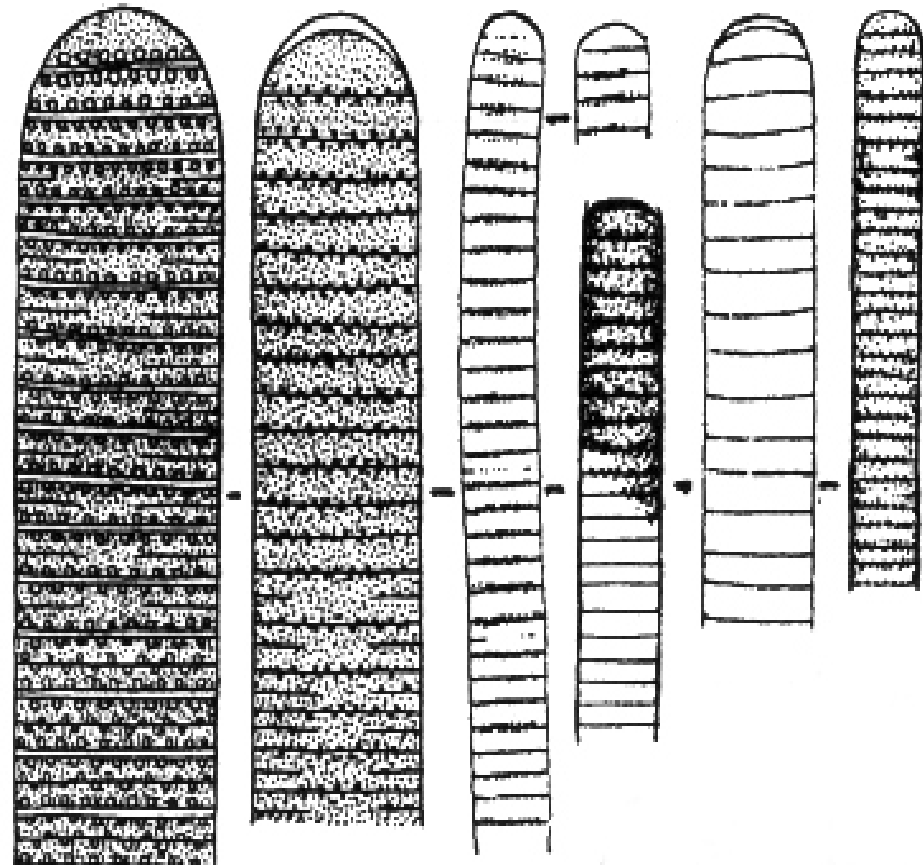
ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

- **ROD: *Chroococcus***
- Kolonie s malým počtem kulovitých, později polokulovitých buněk, slizové obaly často pevné. Častým druhem dystrofních vod je *Ch. turgidus*.



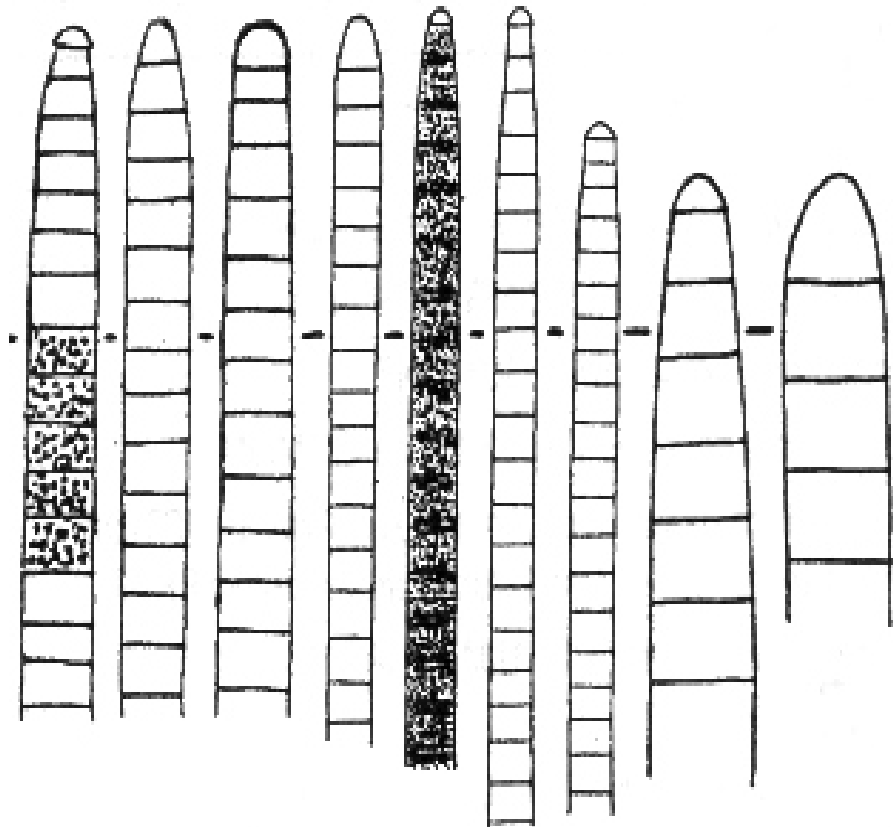
ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

- **ŘÁD: Oscillatoriales**
- Nevětvené izopolární trichomy nebo vlákna v rozplývajících se nezřetelných pochvách. Heterocyty a akinety chybí. Rozmnožování hormogoniemi. Žijí jednotlivě nebo v koloniích, často schopny klouzavého pohybu nebo drkání.
- **ROD: *Oscillatoria***
- Zahrnuje řadu především bentických druhů, žijících na dně (nejčastěji bahnitém) stojatých i tekoucích vod, nebo i na vlhké půdě, mimo vodní prostředí.
- V našich podmínkách se nejčastěji vyskytuje druh *O. limosa*



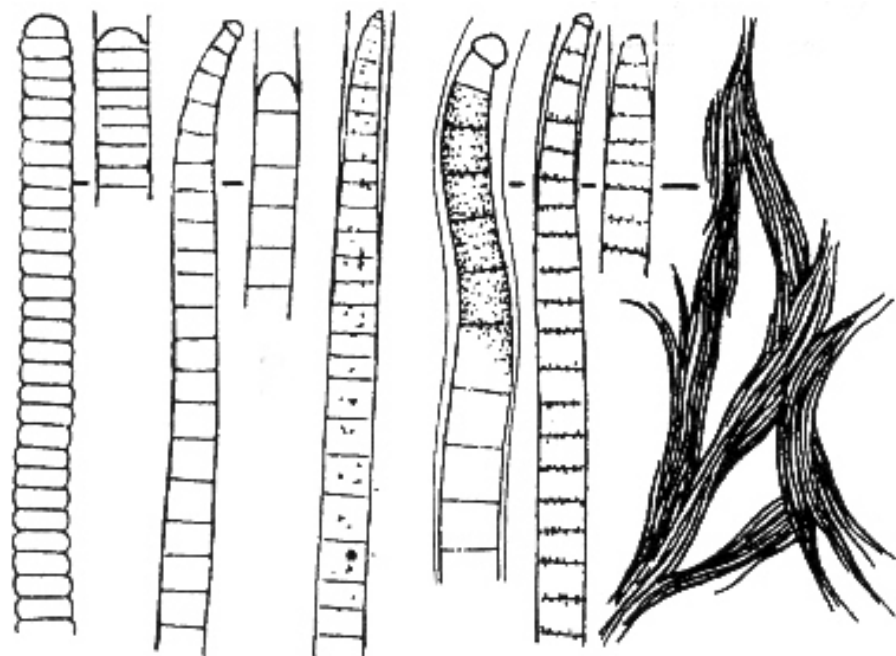
ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

- **ROD: *Planktothrix***
- Volně plovoucí, nevětvená vlákna; dříve byl celý rod řazen do rodu *Oscillatoria*. Pochvy u většiny druhů ve vegetativním stadiu chybějí, nebo vznikají jen výjimečně (stresové situace); jen u několika druhů je běžný fakultativní výskyt pochev i během vegetačního období (*P. cryptovaginata*).
- Z rodu *Planktothrix* je známo 18 druhů, většina má dosti ostře vymezené ekologické nároky vzhledem k trofii, saprobitě, salinitě a teplotě. Mají konstantní poměr fykoerytrinu a fykocyaninu, chromatická adaptace nebyla prokázána.
- Jedná se o jednotlivá, volně plovoucí vlákna, vždy s aerotopy



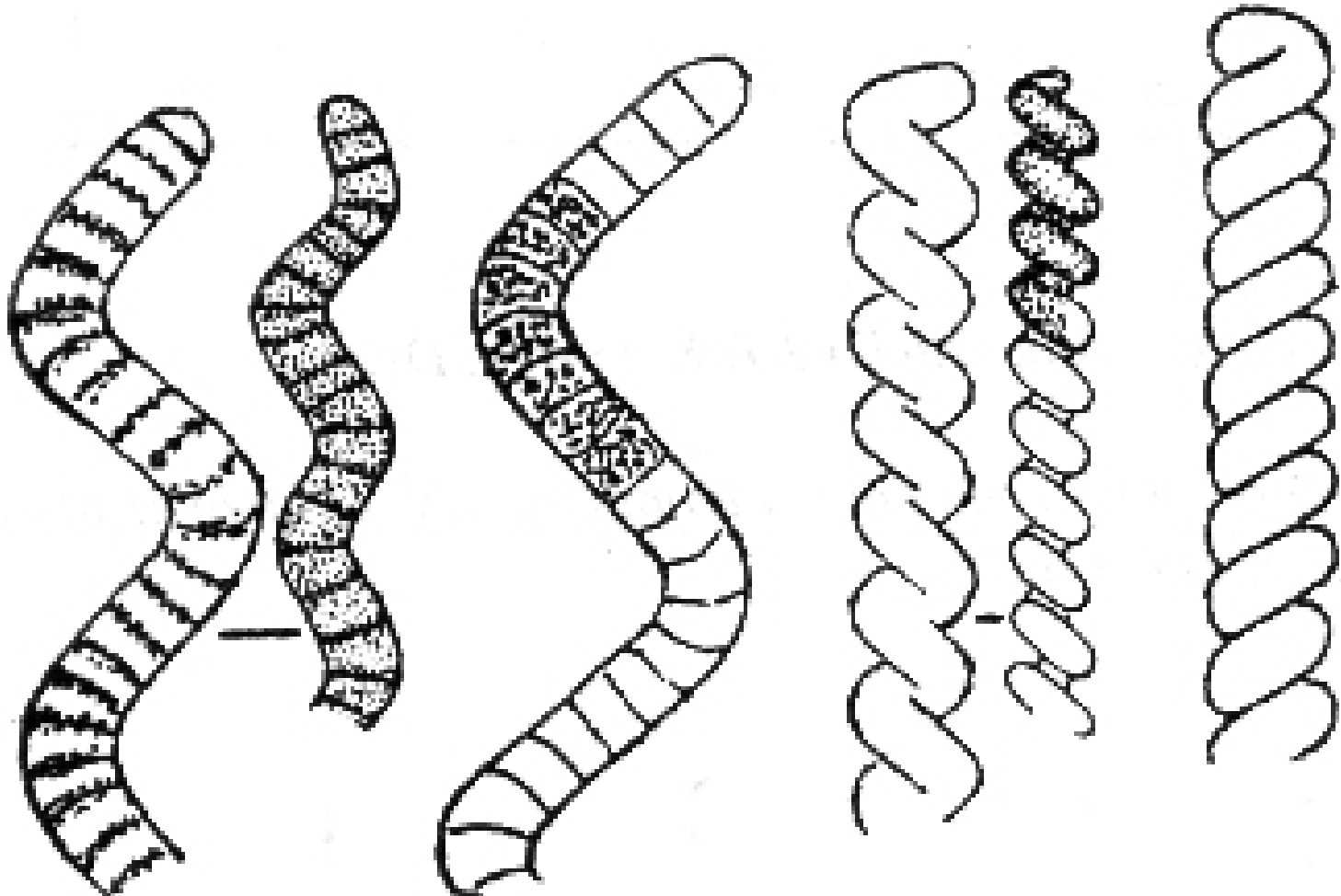
ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

- **ROD: *Phormidium***
- Je úzce příbuzný rodu *Oscillatoria*, vlákna jeho druhů ale žijí ve slizovité pochvě, která vynikne zřetelně zvláště po obarvení. Odlišení některých druhů rodu *Phormidium* od rodu *Oscillatoria* je někdy velmi obtížné.
- *P. autumnale*. je snad nejběžnějším zástupcem tohoto rodu. Vytváří papírové krusty šedozeleně nebo modrozeleně zbarvené na kamenech nebo jiných ponořených předmětech v tekoucích vodách.
- Konce vláken rodu *Phormidium* jsou zřetelně zúženy, opětně rozšířeny a posléze ukončeny tupou špicí, opatřenou **kalyptrou** (čepičkou).
- U příčných přehrádek se nachází obvykle v každé buňce po jedné řadě **drobných granulí**



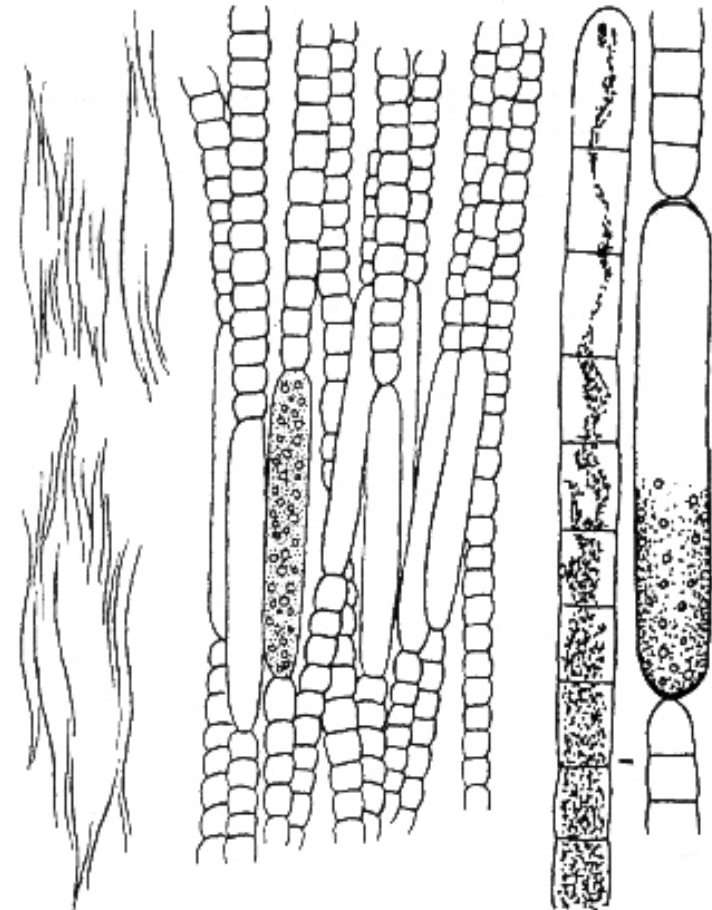
ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

- **ROD: *Arthrospira* (Spirulina)**
- Rod má šroubovitě vinuté trichomy, tvoří vodní květy a zaujímá významné místo v biotechnologiích.



ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

- **ŘÁD: Nostocales**
- Izopolární nebo heteropolární vlákna, přímá nebo s nepravým větvením ve slizových, často vrstevnatých pochvách. Téměř vždy tvoří heterocyty a akinety. Vlákna jednotlivě nebo v koloniích, většina má schopnost fixace plynného dusíku.
- **ROD: *Aphanizomenon***
- **Vlákna** jednotlivá, nebo sdružená u několika druhů do různě velkých, někdy rozpadavých svazečků (= mezidruhovný znak!), volně plovoucí, svazečky až 2 cm dlouhé s paralelně uloženými vlákny, bez slizu nebo jen s velmi nepatrným slizem kolem trichomů, vždy bez pevných pochev

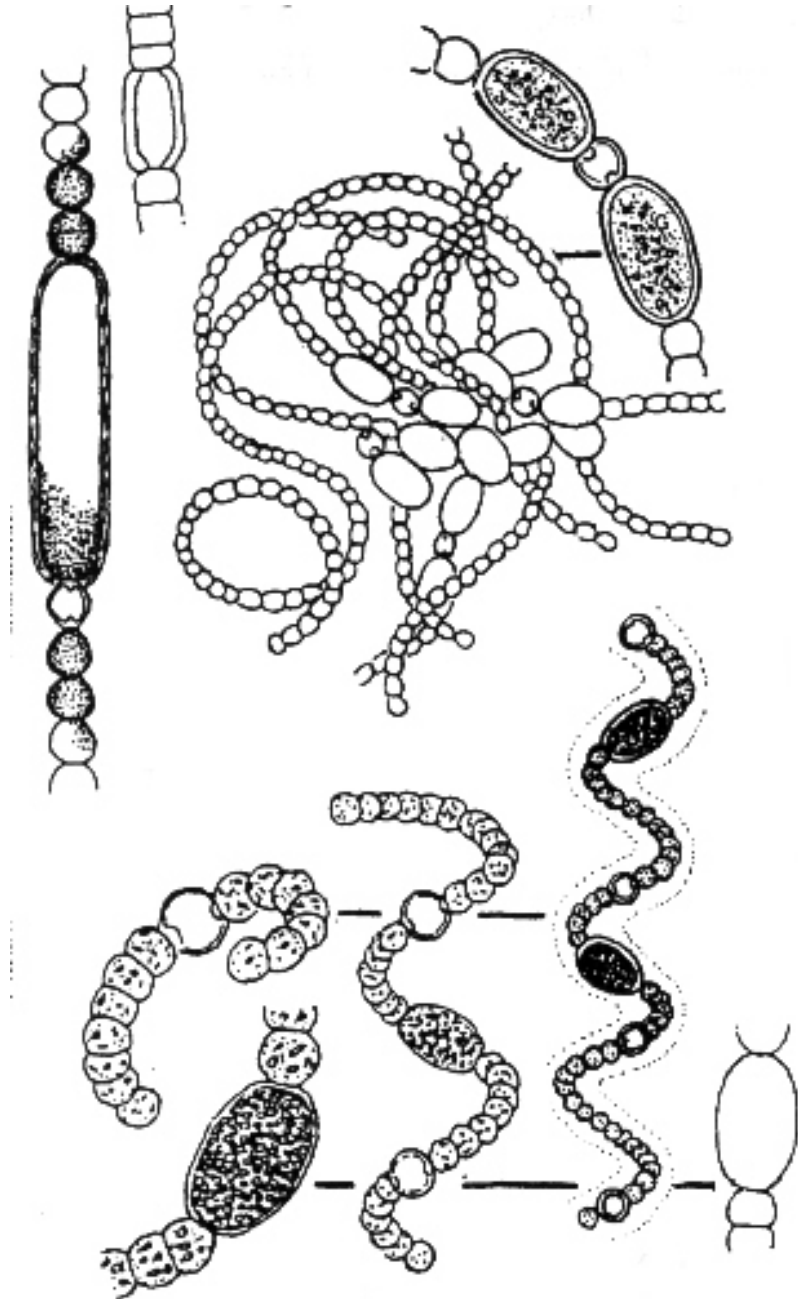


ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

- **ROD: *Aphanizomenon***
- **Vegetativní buňky** jsou cylindrické nebo soudečkovité, obvykle delší nebo kratší než široké, bledě nebo intenzivně modrozelené, po celé vegetační období s aerotopy
- **Heterocyty** jsou cylindrické nebo soudečkovité se zaoblenými konci, které nemusí být časté nebo mohou i chybět u populací žijících v prostředí bohatém na dusík.
- **Akinety** jsou široce oválné až cylindrické se zaoblenými konci, protažené, zřídka téměř kulovité, vyvíjejí se po splynutí několika vegetativních buněk.
- Rod obsahuje pouze planktonní druhy, často tvořící silné vodní květy. V současné době je řazeno do rodu *Aphanizomenon* 14 dobře definovaných druhů. U nás bylo zjištěno dosud 7 druhů, které jsou poměrně dobře rozeznatelné.

ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

- **ROD: *Anabaena***
- Vlákna přímá nebo zkroucená, buď plovoucí v planktonu, jednotlivá nebo sdružená do malých svazečků (zřídka) a chomáčů, s buňkami s aerotopy nebo sdružená do povlakovitých makroskopických kolonií, rostoucích na různém podkladu, v perifytonu s buňkami bez aerotopů.
- **Vegetativní buňky** jsou kulovité, soudečkovité až cylindrické, většinou světle nebo tmavě modrozelené.
- **Heterocyty** se vyvíjejí přeměnou z vegetativních buněk jednotlivě, na trichomu zpravidla ve větším počtu,
- **Akinety** se vyvíjejí interkalárně, po obou stranách heterocytů nebo oddáleně od nich.

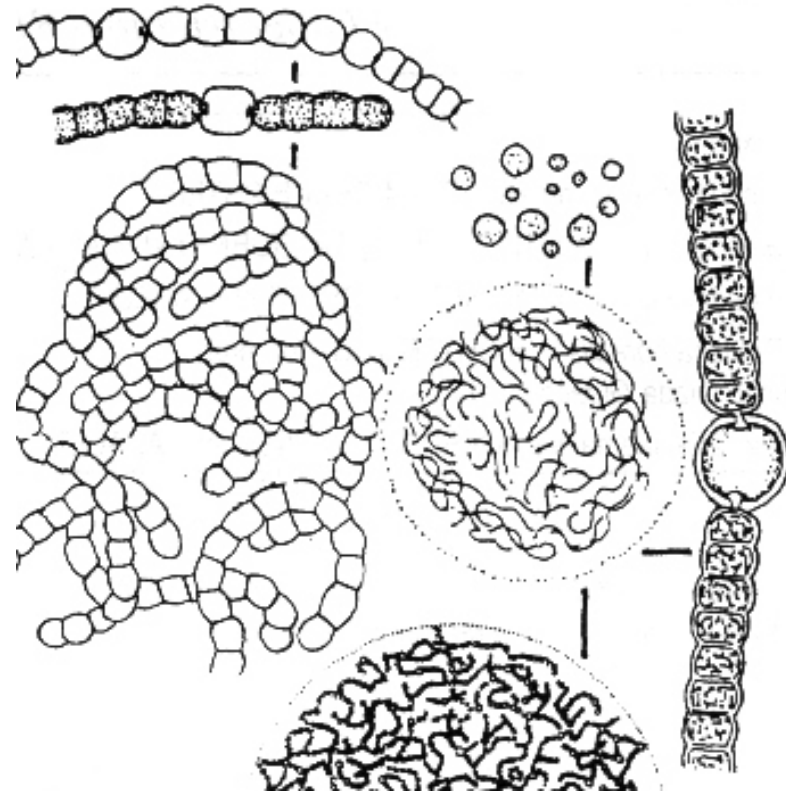


ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

- **ROD: *Anabaena***
- Rod *Anabaena* je velmi variabilní, bylo již uspokojivě popsáno přibližně 80 planktonních, sladkovodních druhů z celého světa.
- Z našeho území je známo 16 poměrně dobře rozeznatelných planktonních druhů, které tvoří nebo se podílejí na vodních květech. Mezi nejhojnější druhy patří v posledních letech *A. flos-aque* a *A. lemmermannii*, které lze dobře určit, zejména mají-li vyvinuté akinety.

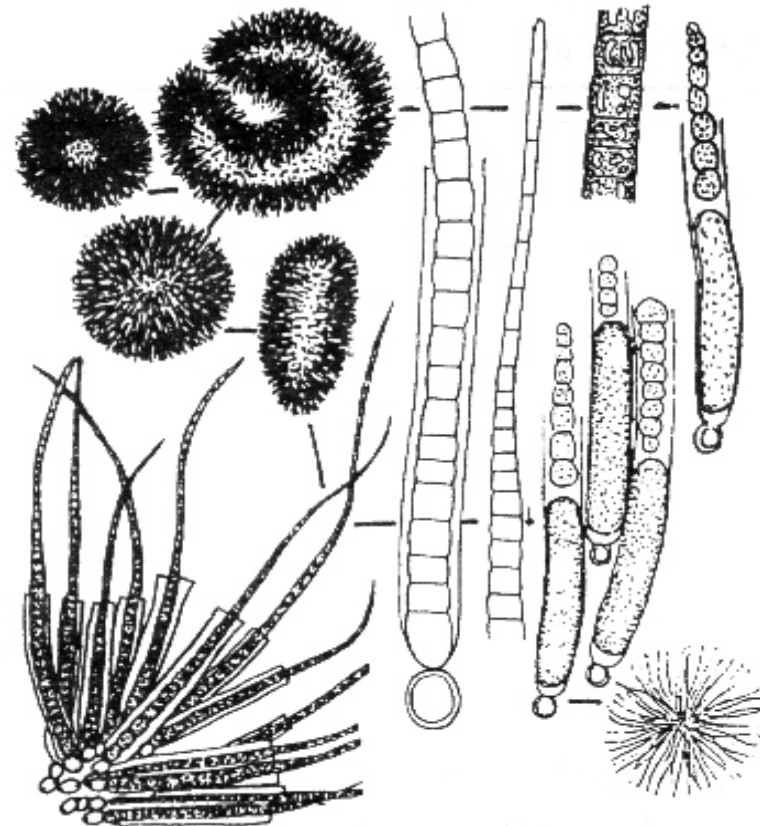
ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

- **ROD: *Nostoc***
- Vlákna jsou sdružena do slizových, zprvu mikroskopických, později vždy makroskopických kolonií. **Trichomy** jsou nevětvené, po celé délce $\pm$ stejně široké se zaoblenou koncovou buňkou, obvykle nepravidelně a hustě smotané.
- **Vegetativní buňky** jsou kulovité, soudečkovité až krátce cylindrické.
- **Heterocyty** vznikají jednotlivě (zřídka po 2-5 v řadě). **Akinety** vznikají jen na konci vegetačního období za zvláštních podmínek.
- Rod *Nostoc* je poměrně bohatý na druhy, s komplikovanou vnitřní taxonomií. Z planktonu byly popsány jen 2 druhy, které také obsahují v buňkách plynové měchýřky sdružené do aerotonů



ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

- **ROD: *Gloeotrichia***
- Kolonie přisedlé nebo volně plovoucí v planktonu, kulovité, oválné, zprvu mikroskopické, později až několik cm velké (u planktonních druhů jen 2(-5) mm v průměru).
- Celá kolonie je obklopena rozplývavým nebo ohraničeným, homogenním, bezbarvým slizovým obalem.
- Na bazích vláken (v centru kolonie) jsou heterocyty. Vegetativní buňky jsou soudečkovité až cylindrické, u planktonních druhů s aerotopy.
- Na konci vegetačního období, případně za určitých podmínek, vznikají z bazálních buněk nad heterocytem oválné, vejčité až dlouze cylindrické akinety.
- Rod *Gloeotrichia* obsahuje přibližně 16 dobře definovaných druhů.



ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

- **ŘÁD: Stigonematales**
- Vlákna s jednou nebo s několika řadami buněk, s pravým větvením a nahodile rozmístěnými heterocyty
- Vlákna obklopeny hojným slizem, často vrstevnatým
- **Rod *Hapalosiphon***
- Nejčastěji druh *H. fontinalis*, indikátor kyselých vod
- **Rod *Stigonema***
- Mnohořadé trichomy na vlhkém podkladě, často lichenizuje (druh symbiózy)