

# Přehled hlavních taxonů bakterií, sinic a řas

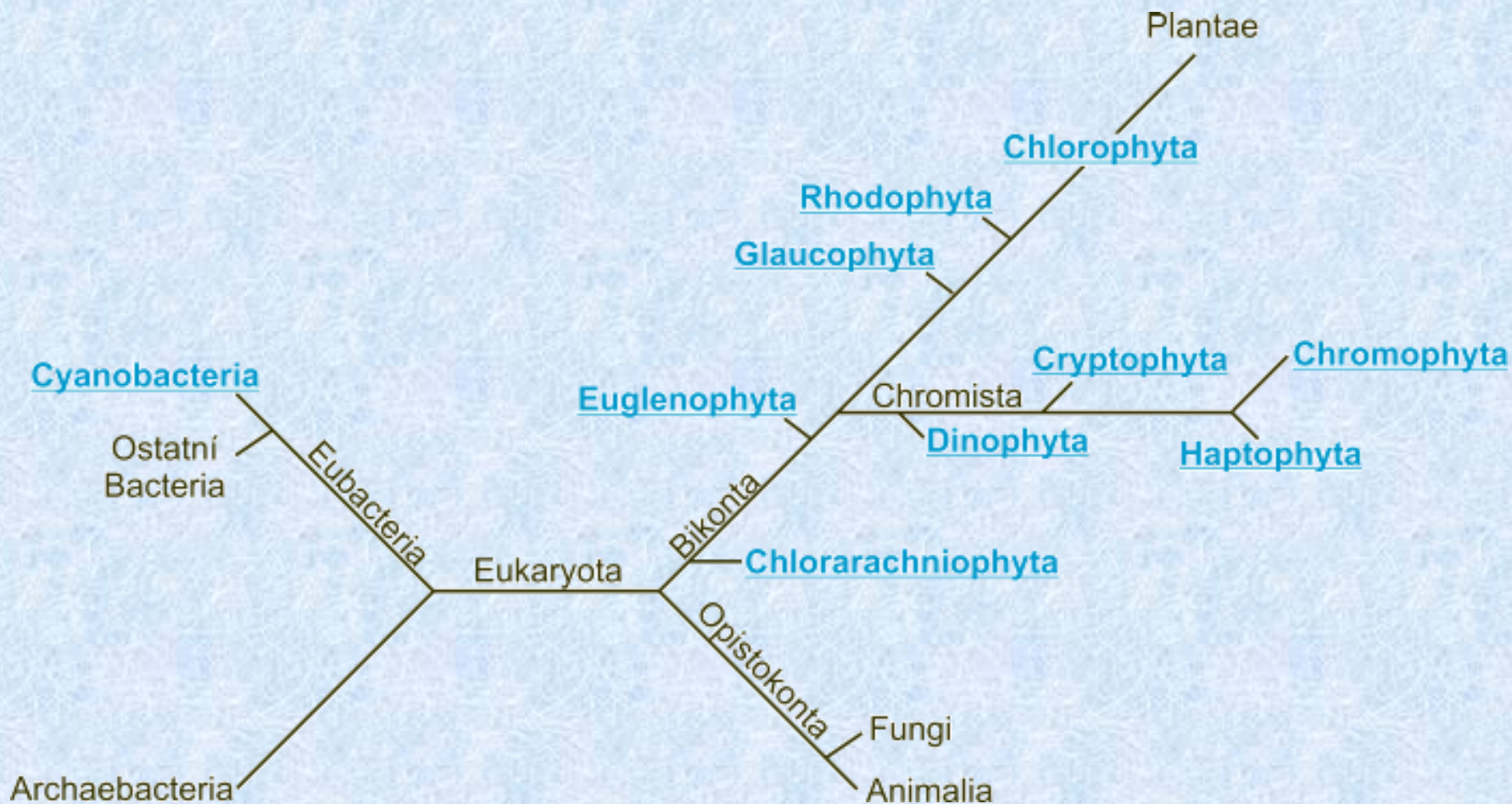
Doc. Ing. Radovan Kopp, Ph.D.



Mendelova  
univerzita  
v Brně



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



# ODDĚLENÍ: BACTERIOPHYTA - bakterie

- Nejdůležitější zástupci žijící ve vodě:
- *Sphaerotilus natans*, *Spirillum sp.*
- Patří mezi vláknité bezbarvé bakterie.
- *Gallionella ferruginea*, *Leptothrix ochracea*,  
*Planktomyces bekefii*
- Náleží mezi tzv. železité bakterie, tj. taxonomicky nejednotnou skupinu, jejímž znakem je vytváření sraženiny hydroxidu železitého (nikdy ne mangan) na povrchu slizových (pochvovitých, kapsovitých či stopkovitých) útvarů.
- *Beggiatoa alba*, *Thiopedia rosea*, *Chromatium okenii*
- Patří mezi sírné bakterie

## ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

- Podobně jako bakterie nemají sinice vytvořeno morfologické jádro, chloroplasty, mitochondrie a oproti bakteriím nemají ani bičíky.
- Fotosyntetické membrány zvané **thylakoidy** jsou uloženy pod buněčnou blanou a nejsou odděleny membránou od ostatních částí buňky jako tomu je u eukaryotních buněk.
- Fotosyntetické pigmenty, tj. chlorofyl a,  $\beta$ -karoten a několik xantofylů (echinenon, myxoxantofyl, zeaxantin) jsou uloženy v membráně thylakoidu.
- Na povrchu membrány v útvech nazvaných **fykobilizómy** se nachází fykobiliproteiny, tj. modrý c-fykocyanin, červený c-fykoerytrin a modrý allofykocyanin.
- Poměr červeného a modrého pigmentu určuje výslednou barvu sinicové buňky. (**chromatická adaptace**).

## ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

- Hlavním asimilačním produktem je **sinicový škrob** ( $\alpha$ -1,4 glukan). Svými vlastnostmi je shodný s glykogenem některých bakterií. Jako další zásobní energetické zdroje slouží **cyanofycinová zrnka** a **volutin**.
- Planktonní druhy vytváří **plynové vezikuly**, agregované v rozsáhlých **aerotopech**, dříve nazývaných plynné vakuoly.
- U sinic se vyskytují též jiné typy buněk, odlišné od obvyklých buněk vegetativních. Jsou to tzv. **artrospóry** neboli **akinety** a **heterocyty** (dříve heterocysty).
- 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.

## ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA - sinice

- **ŘÁD:** *Chroococcales* - jednobuněčné sinice žijící jednotlivě nebo v koloniích obklopených slizem. Heterocyty a akinety chybějí.
- **Rody:** *Microcystis, Merismopedia, Woronichinia, Chroococcus,*
- **ŘÁD:** *Oscillatoriales* - Nevětvené izopolární trichomy nebo vlákna v rozplývajících se nezřetelných pochvách. Heterocyty a akinety chybí.
- **Rody:** *Oscillatoria, Planktothrix, Phormidium, Trichodesmium, Arthrospira (Spirulina)*
- **ŘÁD:** *Nostocales* - Izopolární nebo heteropolární vlákna, přímá nebo s nepravým větvením ve slizových, často vrstevnatých pochvách. Téměř vždy tvoří heterocyty a akinety.
- **Rody:** *Aphanizomenon, Anabaena, Nostoc, Gloeotrichia*

## ODDĚLENÍ: RHODOPHYTA - ruduchy

- Ruduchy jsou autotrofní eukaryotické rostliny s jednobuněčnou, vláknitou, často bohatě větvenou nebo ploše listovitou stélkou. Mezi zástupci oddělení chybějí bičíkovci a jakákoliv bičíkatá stádia.
- Hlavním fotosyntetickým pigmentem je chlorofyl a, vzácně se vyskytuje i chlorofyl d. Dále jsou přítomny  $\beta$ -karoteny, zeaxanthin a lutein.
- V chromatoforech (často s nápadným pyrenoidem) na povrchu thylakoidů jsou fykobilizómy, které obsahují pigmenty fykobiliproteiny - modrý c-fykocyanin, allofykocyanin (stejně jako u sinic), r-fykocyanin, a r-fykoerytrin, známé jen u ruduch.
- Florideový škrob ( $\alpha$ -1, 4-glukan) se v podobě zrn ukládá v plasmě. Tento škrob neposkytuje typickou reakci s jódem, ale místo do modré barví se žlutohnědě, červeně až červenofialově.
- Buňky ruduch mají tlustou polysacharidovou stěnu. Skládá se převážně z amorfních galaktanů, které bobtnají a rozplývají se v horké vodě. Nejdůležitější z nich jsou **agar** a **karagén**.

## ODDĚLENÍ: RHODOPHYTA - ruduchy

- Většina ruduch žije v moři. Obývají úzký pruh pobřeží počínající skalami dostřikové zóny, roztroušeně porůstají kamenitý a skalnatý litorál i sublitorál. Sestupují až do hloubky 180 m, kam proniká pouze 0,05 % světla dopadajícího na vodní hladinu
- Mořské ruduchy se dlouhodobě využívají v mnoha směrech, tj. jako potrava pro lidi, v lékařství, jako krmivo pro hospodářská zvířata, hnojivo a surovina pro výrobu bioplynu.
- **RODY:** *Porphyridium*, *Cyanidium*, *Bangia*, *Gelidium*, *Hildenbrandia*, *Batrachospermum*, *Rhodochorton* (syn. *Audouinella*, *Chantransia*), *Lemanea*



## ODDĚLENÍ: DINOPHYTA - obrněnky

- Obrněnky jsou organizmy pokládáné nejednotně různými autory buď za prvoky nebo za jednobuněčné řasy a nejnověji je jim přiřkládán statut zvláštního oddělení (kmene) *Dinophyta*.
- Přestože velký počet obrněnek má ve svých buňkách chromatofory, jejich výživa je jen částečně autotrofní a často bývá doplňována lovem (loví drobné bakterie, prvoky i velké rozsivky) nebo příjmem organických látek a vitamínů.
- Mezi obrněnkami převládají bičíkovci, nejčastěji se dvěma bičíky.
- Nejjednodušší stadia obrněnek jsou nahá a postupným vývojem vznikly druhy s dvoudílnou celulózní blánou až druhy s masivním **celulózním krunýřem**, který je složen z jednotlivých **plátů** jako brnění a spojených **lišťami**. Poloha a počet destiček je důležitým rodovým a druhovým znakem.

## ODDĚLENÍ: DINOPHYTA - obrněnky

- **Chromatofory** autotrofních druhů obsahují chlorofyly a + c, karotenoidy (peridinin,  $\beta$ -karoten) a xanthofyly. Chromatoforů je obvykle mnoho a nejčastěji mají tvar tyčinek nebo destiček. V chromatoforech bývají **pyrenoidy**, které vyčnívají do plazmy.
- Asimilačním produktem, který syntetizují pyrenoidy, je **škrob**, dalším metabolickým produktem je pak **olej** a **tuk**.
- V buňkách mnohých i heteretrofních sladkovodních obrněnek najdeme červené tělísko citlivé na světelné paprsky, zvané **stigma** a sloužící k světelné orientaci.
- Žijí ve slaných i sladkých vodách, kde jsou spolu s rozsivkami hlavní součástí fytoplanktonu. (toxiny, bioluminiscence).
- **RODY: *Gymnodinium, Amphidinium, Peridinium, Ceratium***

# ODDĚLENÍ: CHROMOPHYTA – hnědé řasy

- 1. třída **Chrysophyceae - zlativky**
  - Bičíkovci se zlatožlutými až hnědými chromatofory; asimilačním produktem je *chrysolaminarin*
- 2. třída **Prymnesiophyceae - (Haptophyceae)**
  - Bičíkovci, kapsální, kokální a krátce vláknité řasy, asimilační produkt je *chrysolaminarin* a *olej*
- 3. třída **Bacillariophyceae - rozsivky**
  - Jednobuněčné typy se zkřemenělou, dvoudílnou schránkou a ornamentací; asimilačním produktem je *chrysolaminarin*, *olej* a *volutin*.
- 4. třída **Phaeophyceae - vlastní hnědé řasy**
  - Hnědé chromatofory, stélka vláknitá nebo tvořící jednoduchá pletiva. Asimilátem je *chrysolaminarin*, *manitol* a *olej*.
- 5. třída **Xanthophyceae - různobrvky**
  - Žlutozelené chromatofory, typy od bičíkovců až po vláknité; asimilačním produktem je *olej*.
- 6. třída **Raphidophyceae - Chloromonadophyceae - chloromonády**
  - Bičíkovci, řazení dříve do skupiny Bičíkovci neurčitého systematického zařazení
- 7. třída **Eustigmatophyceae**
  - Několik druhů vydělených z Xanthophyceae pro odlišné submikroskopické znaky

## TŘÍDA: Bacillariophyceae - rozsivky

- Rozsivky ustrnuly na jednobuněčnosti, žijí buď samostatně nebo v koloniích, ale na tomto organizačním stupni vytvořily zcela novou tvářnost rostlinné buňky, s jakou se u řas už nikde jinde neseťkáváme.
- Buňky rozsivek mají silně zkřemenělou buněčnou blánu, která je tvořena hlavně vodnatým polymerem oxidu křemičitého, který je blízký opálu a nazývá se **frustula**.
- Frustula se skládá ze dvou polovin: větší - horní se jmenuje **epitéka** a je posazena na menší – **hypotéku**. Každá **téka** je složena ze dna - **valvy** - a obručovitého okraje - **pleury**. (centrické, penátní rozsivky)
- Chromatofory většiny druhů jsou nástěnné, u rozsivek s rafe zpravidla 1-2, u rozsivek bez rafe pak četné, malé a terčovité. Jejich barva je různá, od žluté přes zelenou a olivově zelenou až k hnědé.
- Kromě chlorofylu **a + c** obsahují též různé karotenoidy, jako je  **$\beta$ -karotén** a **fukoxantin**. Jako asimilační produkt vzniká **olej**, hromadící se v podobě hnědých kapek, nebo **volutinová zrna** někdy i **chrysolaminaran**.

## **TŘÍDA: Bacillariophyceae - rozsivky**

- Rozsivky žijí ve všech druzích vod, hojně v půdě, jejich buňky unášené vzduchem bývají častou složkou společenstva zvaného aeroplankton a tvoří tak nejrozšířenější skupinu řas. Obrovskou produktivitu vykazují rozsivky na spodní straně ledových ker obklopujících Antarktidu.
- Ve sladkých vodách dosahují během svého rozvoje nejčastěji dvou maxim, na jaře a na podzim.
- Rozsivky mají význam pro vodohospodářskou praxi, citlivě reagují na změny v čistotě vody a sledováním jejich společenstev je možno rychle a spolehlivě sledovat zhoršení kvality vody.

## TŘÍDA: Bacillariophyceae - rozsivky

- Rozsivky bentické mívají zpravidla rafe, kdežto planktonní většinou nikoli. Hodně druhů je epifytických, žijících přisedle na řasách nebo na ponořených rostlinách (**perifyton**).
- Jejich biomasa může tvořit 25% celkové biomasy produkované rostlinami. Jejich rozvoj je naprosto závislý na přítomnosti rozpustných forem oxidu křemičitého v prostředí.
- V příznivých podmínkách vznikaly během geologické historie vrstvy diatomitu (křemelina), tj. sedimentované horniny složené převážně z křemitých schránek rozsivek, který se využívá ve farmacii (absorpční materiál, filtrace) nebo jako lehký izolační materiál.
- Rozsivky mají význam pro vodohospodářskou praxi, citlivě reagují na změny v čistotě vody a sledováním jejich společenstev je možno rychle a spolehlivě sledovat zhoršení kvality vody. Jejich rozvoj ve vodárenských nádržích je vždy nežádoucí, protože zhoršují chuť pitné vody.

## TŘÍDA: Bacillariophyceae - rozsivky

- Třída se dělí na tři podtřídy:
- *Coscinodiscophycideae* – centrické rozsivky, vždy bez rafe nebo středového žebra. Chromatofory drobné, terčíkovité, páskovité nebo laločnaté
- RODY: *Stephanodiscus*, *Melosira*, *Aulacoseira*, *Cyclotella*
- *Fragillariophycideae* – penátní rozsivky s bilaterálně souměrnými miskami, opatřenými středním žebrem bez rafe. Chromatofory četné.
- RODY: *Tabellaria*, *Diatoma*, *Fragilaria*, *Synedra*
- *Bacillariophycideae* – penátní rozsivky s rafe, schopnost klouzavého pohybu
- RODY: *Cocconeis*, *Navicula*, *Pinnularia*, *Gyrosigma*, *Gomphonema*, *Cymbella*, *Nitzschia*, *Cymatopleura*

## ODDĚLENÍ: EUGLENOPHYTA - krásnoočka

- Charakteristickým znakem krásnooček je přítomnost tzv. **ampule**, prohlubeniny uložené na předním pólu buňky. Většina krásnooček má **stigma**, zvané česky též oční skvrna, což je v podstatě zvláštní druh chromatoforu.
- Asimilační pigmenty jsou z největší části představovány **chlorofylem a + b**, **betakaroténem**, **diadinoxanthinem** a málo známými **xantofyly**. Někdy bývá přítomen též červený karoten **astaxanthin**.
- Chromatofory (obsahují pyrenoid) mají zpravidla jasně zelenou barvu a různý tvar: mohou být destičkovité, terčovitě, hvězdicovité nebo páskovité, nebo mohou být někteří jedinci i zcela bez chromatoforů.
- Produktem asimilace je **paramylon**, látka příbuzná škrobu, nedávající však s jódem modré zbarvení. Zrnka paramylonu leží v buňce mimo chromatofory a mají u některých druhů charakteristický tvar.
- Zástupci oddělení jsou jednobuněční, zpravidla volně žijící bičíkovci. Buňky mají proměnlivý tvar díky šroubovitě vinutým bílkovinám pelikuly. Bičíky jsou většinou dva, u rodů *Euglena*, *Trachelomonas*, *Phacus* pouze jeden.



## ODDĚLENÍ: CHLOROPHYTA - zelené řasy

- Toto oddělení se jasně od ostatních odlišuje, neboť tvar buněk a barva chromatoforů jsou téměř stejné jako u vyšších rostlin. Shoda je též v tom, že asimilačním produktem je škrob.
- Zelené řasy vynikají rozmanitostí stélek, oddělení zahrnuje téměř všechny organizační stupně od buněčného a bičíkatého až po vláknitý a trubicový. Shodné znaky s vyššími rostlinami podporují domněnku, že v tomto oddělení můžeme hledat počátek vývoje ostatních zelených rostlin.
- Chloroplasty jsou zpravidla vybaveny **pyrenoidem** uloženým v chloroplastu, u bičíkovců a zoospor také červeným stigmatem. Obsahují **chlorofyly a+b, a, b karoten** a několik **xantofylů**.
- Hlavní zásobní látkou je **škrob**, u třídy *Ulvophyceae* se vyskytují navíc jiné polysacharidy (**mannan, xylan**). Mezi zásobní látky patří také polyfosfátová zrnka (**volutin**).
- Volně žijící monády, zoospóry a gamety jsou pohyblivé pomocí bičíků. Vzácné jsou druhy s 1 nebo 3 bičíky, zpravidla jsou **bičíky 2** nebo **4**, někdy i více.

# ODDĚLENÍ: CHLOROPHYTA - zelené řasy

- Systém zelených řas prodělal v minulých letech značné změny. Klasické systémy využívaly organizační stupně ve stavbě buňky a stélky. Systém umožnil rychlé zařazení každé řasy a dobře se pamatoval, neodpovídal však vývojovým tendencím.
- Zcela nové pojetí klasifikace je založeno na ultrastrukturálních znacích (průběh mitózy, cytokinéza a stavba bičíkového aparátu). Výsledkem je sedm tříd zelených řas:
  - **1. třída** - Prasinophyceae: převážně bičíkovci, buňku pokrývají organické šupiny.
  - **2. třída** - Chlamydomphyceae: bičíkovci, kapsální a kokální řasy. Volně žijící bičíkovci, zoospory a gamety mají glykoproteinovou buněčnou stěnu.
  - **3. třída** - Chlorophyceae: bičíkovci, jednobuněčné, kapsální, kokální, vláknité a heterotrichální řasy. Buněčná stěna polysacharidová..
  - **4. třída** - Pleurastrophyceae: jednobuněčné řasy, rozmnožující se zoosporami.
  - **5. třída** - Ulvophyceae: vláknité, parenchymatické, sifonální a sifonokladální řasy.
  - **6. třída** - Zygnematophyceae: vláknité a jednobuněčné řasy bez bičíkatých stadií.
  - **7. třída** - Charophyceae: jednobuněčné a vláknité řasy, parožnatky.

# ODDĚLENÍ: BRYOPHYTA - mechorosty

- Jsou to zelené výtrusné rostliny většinou suchozemské, druhotně taky vodní. Stélka vždy mnohobuněčná. Vývoj je charakterizován střídáním fází gametofytu (haploid) a sporofytu (diploid).
- Mechorosty jsou přirozenou skupinou, která se vyvinula ze zelených řas. Známo je asi 900-1000 rodů s asi 23 tis. druhy.
- **TŘÍDA: *Marchantiopsida* – Játrovky**
- Játrovky rostou na vlhkých místech, březích vod i ve stojatých vodách.
- *Riccia fluitans* (trhutka plovoucí), *Ricciocarpus natans* (trhutka vzplývavá)
- **TŘÍDA: *Bryopsida* – Mechy (Podtřída: *Sphagnidae*)** rod *Sphagnum* (rašeliník), který má 150-200 druhů
- **TŘÍDA: *Bryopsida* – Mechy (Podtřída: *Bryidae*)**
- *Fontinalis antipyretica* (zdrojovka obecná), *Hygrohypnum palustre* (břehovec potoční), *Amblystegium riparium* (rokýtek pobřežní)

## ODDĚLENÍ: LYCOPODIOPHYTA - plavuně

- Jsou to vyšší rostliny, které dostaly svůj název od dokonale vyvinuté soustavy vodivých pletiv, sdružených v tzv. **cévní svazky**.
- Cévnaté rostliny mají již typicky vyvinuté orgány - **kořen, stonek a listy**. Plodolisty doznaly u nich největších změn a daly vznik květům.
- *Isoetes lacustris* (šídlatka jezerní)

## ODDĚLENÍ: EQUISETOPHYTA - přesličky

- Přesličky patří mezi nejvýše organizované výtrusné rostliny. Jejich oddenky pronikají do hloubky až přes 1 m. Všechny přesličky mají buněčné blány proniklé oxidem křemičitým.
- **Equisetum palustre** (přeslička bahenní), **Equisetum fluviatile** (přeslička říční)

## ODDĚLENÍ: POLYPODIOPHYTA - kapradiny

- *Salvinia natans* (nepukalka vzplývající)

# ODDĚLENÍ: MAGNOLIOPHYTA krytosemenné

- Plodolisty tvoří uzavřený, dutý **pestík**, který bývá skoro vždy rozlišen naspodu v **semeník**, v němž jsou **vajíčka**, a ve **čnělku**, ukončenou **bliznou**, která slouží k zachovávání **pylu**.
- **TŘÍDA: MAGNOLIOPSIDA – dvouděložné**
- Embryo má dvě dělohy. Svazky cévní jsou srovnány v kruhu a jsou zpravidla vždy otevřené. Listy mají čepel s nervaturou síťovitou, zpeřenou nebo dlanitou.
- *Nuphar lutea* (stulík žlutý), *Nymphaea alba* (leknín bílý), *Persicaria amphibia* (*Polygonum amphibium*) (rdesno obojživelné), *Trapa natans* (kotvice vzplývavá, k. plovoucí)
- *Ceratophyllum demersum* (růžkatec ponořený, r. ostnitý), *Batrachium aquatile* (lakušník vodní), *Batrachium fluitans* (lakušník říční, l. vzplývavý), *Myriophyllum spicatum* (stolístek klasnatý), *Callitriche* (hvězdoš)
- *Oenanthe aquatica* (halucha vodní), *Cicuta virosa* (rozpuk jízlivý),

## TŘÍDA: LILIOPSIDA - jednoděložné

- Embryo má zpravidla jedinou dělohu. Hlavní kořen obvykle záhy zakrní a místo něho se vyvinou z báze hypokotylu adventivní kořínky. Časté jsou oddenky, hlízy a cibule, vesměs s adventivními kořínky.
- Listy mají většinou souběžnou nervaturu a zpravidla pochvu. Květy jsou obvykle trojčetné, někdy je rozlišen kalich a koruna.
- *Hydrocharis morsus ranae* (vod'anka žabí), *Stratiotes aloides* (řezan pilolistý), *Lemna minor* (okřehek menší), *Spirodela polyrhiza* (závitka mnohokořenná)
- *Elodea (Anacharis) canadensis* (vodní mor kanadský, douška vodní), *Rod Potamogeton* (rdest)
- *Sagittaria sagittifolia* (šípatka vodní, š.střelolistá), *Alisma plantago-aquatica* (žabník jitrocelový), *Butomus umbellatus* (šmel okoličnatý), *Iris pseudacorus* (kosatec žlutý), *Juncus* (sítina), *Carex* (ostrice), *Schoenoplectus lacustris* (skřípinec jezerní), *Phragmites australis* (rákos obecný), *Glyceria maxima (aquatica)* (zblochan vodní), *Phalaris (Phalaroides) arundinacea* (chrastice rákosovitá), *Acorus calamus* (puškvorec obecný), *Sparganium erectum* (zevar vzpřímený), *Typha angustifolia* (orobinec úzkolistý)

# PRIMÁRNÍ PRODUKCE

- PP – je závislá na biochemických procesech fotosyntézy autotrofních organismů
- její množství je dáno množstvím dostupných živin v systému
- produktem je biomasa vytvořená za časovou jednotku na určité ploše nebo objemu ve formě organické hmoty a těl producentů
- základem metabolické aktivity všech fotoautotrofů (vyšší rostliny, řasy, sinice, fototrofní bakterie) je asimilace uhlíku
- nejdůležitější skupinou primárních producentů jsou sinice a řasy
- stačí stanovit rychlost pohybu jedné složky v procesu fotosyntézy
- nejčastěji se sleduje uvolňování kyslíku nebo asimilace uhlíku

# MĚŘENÍ PRIMÁRNÍ PRODUKCE

- METODA SKLIZNĚ – při studiu vodních makrofyt tam, kde býložravci nehrají významnou roli
- KYSLÍKOVÁ METODA – metoda světlých a tmavých lahví založená na měření množství kyslíku
- RADIOIZOTOPOVÁ METODA – založena na asimilaci značeného biogenního prvku
- METODA MĚŘENÍ ÚBYTKU BIOGENNÍCH PRVKŮ V SYSTÉMU



# **Význam vodních rostlin v životě ostatních hydrobiontů**

- **Vliv rostlin na kyslíkový režim vod.**
- **Vliv vodních rostlin na pH vody**
- **Vodní rostliny jako potrava vodních živočichů**
- **Vodní rostliny jako prostředí a substrát vodních bezobratlých**
- **Vodní rostliny jako substrát pro výtěr ryb**
- **Vliv metabolitů vodních rostlin na život ostatních hydrobiontů**

# Využití vodních rostlin

- **Biologická indikace kvality vody**
- **Testování trofie vody - trofický potenciál**
- **Testování potřeby hnojiv**
- **Indikace saprobity**
- **Vodní rostliny jako potravina, krmivo a hnojivo**
- **Využití vodních rostlin v průmyslu, farmacii a vodním hospodářství**

# **Regulace růstu a rozmnožování vodních rostlin**

- **Mechanický boj proti přemnožení vodních rostlin**
- **Chemický boj s přemnožením vodních rostlin**
- **Biologický boj s přemnožením vodních rostlin**



*Tato publikace je spolufinancována z Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky.  
Byla vydána za podpory projektu OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0302 Inovace studijních programů AF a ZF MENDELU  
směřující k vytvoření mezioborové integrace*



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

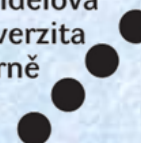


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

Mendelova  
univerzita  
v Brně



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ