

Mořský plankton, jak ho neznáte

Jako suchozemci se k moři dostaneme většinou během letních prázdnin a stejně nám to nejkrásnější v mořských destinacích může lehce uniknout kvůli svým mikroskopickým rozměrům. Plankton je totiž nejlépe vidět pod mikroskopem. Dovolíme si tento pohled zprostředkovat a navedeme vás na vynikající platformu, která umožňuje plankton pozorovat on-line v trojrozměrném prostředí virtuální reality, aniž byste se museli namočit. Projekt Planktomania představuje řadu organismů s obrázky a rozšiřujícími informacemi, zde přinášíme některé příklady a stručné obecnější zasazení do kontextu.

Plankton jsou převážně mikroskopické organismy zahrnující viry, sinice a jiná prokaryota, řasy, prvoky i drobné živočichy, kteří se pasivně vznášejí ve vodním sloupci, pohybují se díky vodním proudům a turbulencím. Kromě toho existuje řada makroskopických planktonních živočichů (běžně centimetrových rozměrů), a dokonce sem patří i někteří z největších, až mnohametrových bezobratlých. Proto je pro obecnou definici planktonu klíčové především omezené vzdorování proudění. Je však třeba říci, že mnoho planktonních řas a prvoků i živočichů (od bičíkovic po medúzy) je schopno aktivního pohybu, vykonávají i rozsáhlé cílené migrace. Vertikální migrace zooplanktonu během dne (od koryšů po medúzy) v mořském prostředí jsou nesmírně významným fenoménem. Slovo plankton začal jako první používat německý fyziolog Victor Hensen v r. 1887 a je odvozeno z řeckého planktos – bloudící tulák. Pro úplnost k největším organismům, jež mají tendenci nabourávat jednoduché definice, doplním, že některé tráví mezi ostatním planktonem jen část svého života. Zejména v rámci zooplanktonu je velký podíl těch, co opustí planktonní fázi a stanou se bentosem – obývají mořské dno (často bývají přisedlé, a tedy mnohem

méně pohyblivé než planktonní larva). Jen některé ryby a krakalice přejdou z planktonních pelagických larev do aktivně plovoucího stadia – nektonu.

Nepostradatelný pro náš život

Mořský plankton, a zde se zaměříme spíše na ten mikroskopický, hraje zásadní roli v ekologii oceánů a také ovlivňuje celoplanetární klima. Vedle tropických pralesů, nazývaných plíce světa, je tu oceán a v něm žijící fytoplankton, který ve fotosyntetických aparátech vytváří souměřitelné množství kyslíku jako terestrické ekosystémy. Plankton je základem potravního řetězce ve vodním prostředí, bez něho by nepřežili ani mořští savci jako např. delfíni nebo velryby, ani ryby. Mikroskopické organismy planktonu hýjí výjimečnou biologickou rozmanitostí, dosud málo prostudovanou (více v Živě 2017, 3: 118–120).

Další „užitečnou“ stránkou planktonu, bez níž bychom se nyní v běžném životě neobešli, je jeho podíl na vzniku ropy. Většinou se ve školách dozvíme, z čeho vzniklo uhlí. Je rostlinného původu – mladší, hnědé vzniklo fosilizací třetihorních jehličnanů, zatímco starší, černé uhlí pochází ze zbytků stromovitých kapradin, přesliček a plavuní. V současnosti ale čerpáme

nejvíc energie z ropy. Předpokládá se, že většina ropy vznikla rozkladem drobných buněk planktonu v sedimentu na dnech moří a oceánů. Existují záměry produkce biopaliv třetí generace právě z těchto mikroskopických řas. Paliva první a druhé generace (z rostlinného materiálu) jsou kontroverzní vzhledem k zabírání orné půdy, využívané jinak pro plodiny. Řasy se dají pěstovat i v suchých oblastech, kde nelze pěstovat nic jiného, a biopaliva z nich dokážeme připravit bez předchozí fosilizace, avšak i zde panuje kontroverze. Veškeré pokusy, které byly od 60. let v tomto směru provedeny, naznačují ekonomickou i energetickou neudržitelnost takové produkce, i přesto je ale masivně dotovaná (Pilátová 2018).

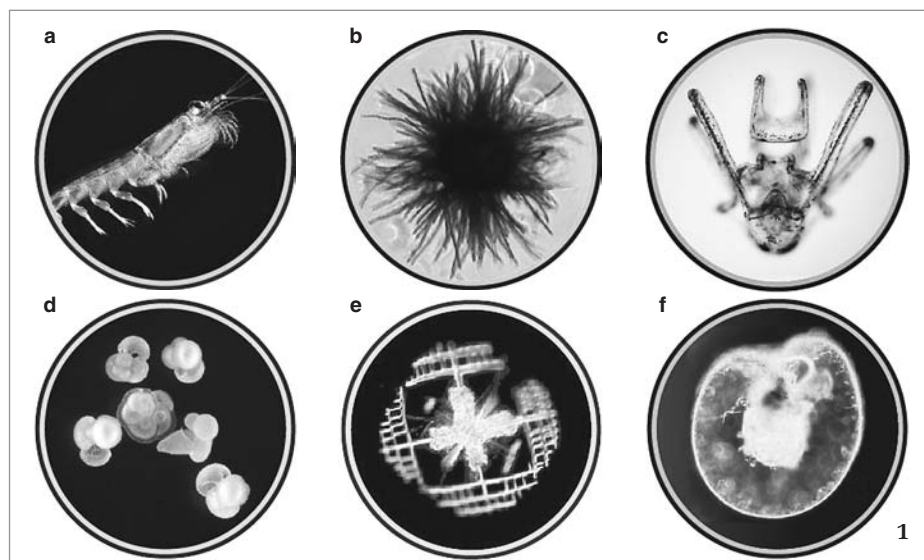
Planktomania

Francouzský program Planktomania vytvořili kolegové z Biologické stanice Roscoff v Bretani pro popularizaci vlastního výzkumu. Viděli příležitost v moderních zobrazovacích technologiích virtuální a rozšířené reality jako cestu k přiblížení krásy planktonu i těm, kdo nemají běžně k dispozici mikroskop. Nabídla jsem jim spolupráci, proto nyní můžete web planktomania.org najít i v české mutaci (s některými drobnými nedostatky) a postupně jsme ho rozšířili o podrobnější informace k vybraným organismům. Pro zájemce jsem také připravila pracovní list dostupný na webu Živý.

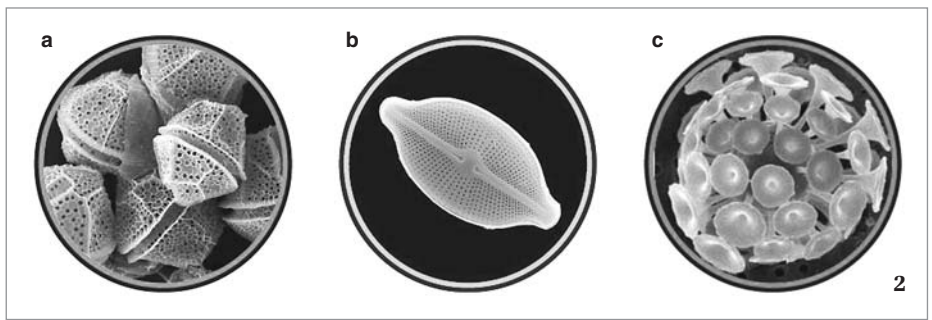
Kategorie planktonu

Plankton můžeme třídít na základě mnoha kritérií do různých skupin. V první řadě se planktonní organismy rozdělují podle taxonomického/fylogenetického řazení, podle toho, jak jsou si příbuzné a jakou mají evoluční historii (více v Živě 2019, 5: 220–223). Dále podle potravy, kterou se živí, podle velikosti a složení těla – zda jde o jednobuněčné či mnohobuněčné organismy, zda mají pevné schránky, povrchové šupiny, nebo mají jen buněčnou stěnu či pouhou cytoplazmatickou membránu.

Podle způsobu, jakým se organismy živí, je lze dělit do několika skupin (viz četné příklady vystižené příslušnými piktogramy v projektu Planktomania). Fytoplankton zahrnuje řasy a sinice, které fotosyntetizují a nacházejí se v základně potravní pyramidy jako primární producenti. Zooplankton se živí organickými látkami a lovem bakterií a řas nebo prvoky, mezi zooplankton patří bičíkatí prvoci (např. nálevníci), měňavky i drobní živočichové. Mixoplankton využívá obě potravní strategie – fotosyntézu i predaci – a obě také umí libovolně kombinovat. V poslední době se ukazuje, že právě tato strategie je velmi úspěšná a rozšířená. Někteří zástupci (obligátní mixotrofové) mají plastidy, a mohou tedy regulovat svou potravní strategii na základě vnějších podmínek a dostupných živin – typicky fotosyntetické obrněnky, které navíc dokážou fagocytovat (pohlcovat) bakterie nebo pinocytovat organické látky (tekutý materiál). Obrněnky jsou skupinou, kde se kombinuje foto- a heterotrofie, nejsou tak ani typickým fytoplanktonem, ani zooplanktonem. Proto se již odedávna měnilo také označení – Dinophyta nebo Dinozoa, se současným ustálením na Dinoflagellata.



1 Ukázka makroplanktonu – kril (a) nebo vláknitá sinice *Trichodesmium* (b), a mezoplanktonu – larva ježovky (pluteus, c), zástupce rodu *Globigerina* – dírkonošci (Foraminifera, d), *Lithoptera* – strontnatci (Acantharea, e) a obrněnka *Noctiluca scintillans* (Dinoflagellata, f)
 2 Mikro- a nanoplankton – obrněnka *Alexandrium* sp. (a), rozsivka *Coscinoides* sp. (Bacillariophyceae, b) a kokolitka *Discosphaera* sp. (Coccolithophorida, c).
 Snímky: planktomania.org, se svolením



Jindy si mixoplankton ponechá z pozřeplých řas jen jejich plastidy (tzv. kleptoplastidy, viz také Živa 2016, 6: 299–301), jako např. mořský nálevník *Myrionecta rubra*. Zbytek zkonzumují a přibližně po měsíci rozloží i samotný plastid, který postupně ztrácí své funkce. Takový organismus si pak musí ulovit čerstvou kořist v podobě skrytinek. Jednou ukradený kleptoplastid navíc může být ukraden znovu – predátorem nálevníka, jímž je obrněnka *Dinophysis* sp. Jiní zástupci, ač sami výlučně heterotrofové, si přilepšují soužitím se symbiotickými řasami (např. dírkonošci a mřížovci). Ukazuje se, že jedna většinou relativně obří buňka mřížovce má díky symbiotickým řasám závratně vysokou primární produkci, která přepočtená na fixaci uhlíku dosahuje až stotisícinásobného výkonu oproti objemu oligotrofní mořské vody ve svém okolí. Přesto mají mřížovci jen malý podíl na primární produkci, vzhledem k celkově řídkému výskytu (Caron a kol. 1995). Další zajímavostí je, jak velký efekt má mutualistický vztah na symbiotickou řasu, která dramaticky zvětšuje objem a množství plastidů oproti volně žijícím příbuzným.

● Megaplankton a makroplankton

Dále lze plankton třídit podle velikostních kategorií. Největších rozměrů dosahuje megaplankton, který zahrnuje živočichy s velikostí těla přes 20 cm, s některými zástupci o délce přes 1 m, s chlapadly až desítky metrů dlouhými, jako např. u talířovky obrovské (*Cyanea capillata*). Salpy jsou průhlední pláštěnci, kteří však mohou tvořit kolonie v několikametrových řetězcích. Makroplankton je vymezen velikostí přes 2 cm. Spadají do něj larvy živočichů, medúzy nebo kril – drobní korýši, kteří představují významnou složku potravy ryb i velryb a sami se živí zejména fytoplanktonem (obr. 1a). Poměrně nečekaně najdeme v této skupině největších zástupců planktonu i sinice, tedy bakterie, jedny z nejmenších organismů vůbec. Jde např. o vláknitě sinice rodu *Trichodesmium* (obr. 1b), jejichž jméno pochází z řeckých trikos a desmion, což znamená svazek vlasů; anglicky se jim přezdívá mořské piliny podle barvy a vzezření vodních květů. Tyto sinice mají schopnost fixace vzdušného dusíku (více v článku na str. 103–105 této Živy). Pro svůj velký povrch mohou svazky tisíců vláken hostit společenstvo bakterií, prvoků, rozsivek a drobných korýšů.

● Mezoplankton

Středně velký plankton ještě pozorovatelný okem má velikost mezi 0,2 mm a 2 cm. Obsahuje larvy ježovek (obr. 1c), hvězdic, sumýšů a krabů, kteří jsou nejdřív sami součástí planktonu, jímž se i živí, a následně ho ve svém vývoji opouští, vyrostou

a dospějí do reprodukčně aktivních forem, aby se cyklus zase opakoval. Klanonožci, patříci mezi koryše, jsou důležitou zooplanktonní složkou v této velikostní kategorii. K významnému mixoplanktonu se řadí dírkonošci rodu *Globigerina* (obr. 1d), kteří mají schránky ornamentálně vystavené z uhličitanových/kalcitových kulových úsečí. Uvnitř jsou chráněny jejich orgány i symbiotické řasy a ven vystupují tenké panožky, po nichž přes den vysunují řasy, aby mohly efektivně fotosyntetizovat a přilepšovat hostiteli asimiláty, zatímco na noc si je zase schovají do úkrytu. Pevné schránky jsou součástí sedimentů, lze podle nich datovat jejich stáří a znalci těchto organismů jsou žádáni i v ropném průmyslu pro vyhledávání vhodných ložisek. Rod *Lithoptera* (obr. 1e, v doslovném překladu z řečtiny „kamenné křídlo“), patříci mezi strontnatce, má extravagantní vzhled vesměrné družice a jeho schránka je vystavena z ještě podivuhodnějšího materiálu – síranu strontnatého. Proč? To se můžeme zatím jen dohadovat.

Největší z obrněnek je *Noctiluca scintillans* (obr. 1f), která mívá i několik milimetrů. V noci září v tropických až temperátních mořích bioluminiscenčními záblesky, v případě podráždění připomíná bílé jiskry, za vhodných podmínek jsou viditelné dokonce bioluminiscenčně zářící vlny přílivu. Proč ale spotřebovává velké množství energie na reakci luciferázy s luciferinem a kyslíkem? To je stále předmětem bádání. Spekuluje se o obranném mechanismu před predací – buď predátora přímo odradí (záblesk ho vyleká), nebo vyšle výstražný větší predátorům, kteří požijí toho jejího. *Noctiluca* představuje typický příklad mixoplanktonu – je heterotrofní, neprodukuje fotosyntézu, umí si chytit symbiotické řasy a živí se bakteriemi i jiným planktonem.

● Mikroplankton a nanoplankton

Mikro- a nanoplankton je již desetkrát až stokrát menší než mezoplankton a do této kategorie patří asi většina řas a prvoků. Obrněnky jsou známé díky neobvyklým vlastnostem (obr. 2a). Kromě toho, že část z nich má na povrchu těla celulózní buněčné pláty („brnění“), což jim dalo jejich české jméno, patří některé k nejjedovatějším organismům na světě, jiné dokážou světélkovat (již výše zmíněná bioluminiscence) a v dalších případech tvoří i vodní květy zbarvené od červené až po hnědou (v angličtině red tide). Pokud vodní květ obsahuje toxické druhy, může u člověka způsobit nejrůznější potíže od průjmů přes paralýzu dýchacích svalů až po smrt. Obrněnky tvoří jedny z nejprudších jedů (saxitoxin, brevetoxin, ciguatera), které působí již ve stopovém množství a proti

nimž dosud nejsou protijedy. I mezi rozsivkami (obr. 2b; více např. v Živě 2008, 1: 10–11) existují jedovaté druhy produkující neurotoxiny (např. kyselinu domoovou). Patří sem také kokolitky, významné pro koloběh prvků a klima na Zemi (obr. 2c; více na str. 103–105). Spolu s rozsivkami a obrněnkami jsou rovněž důležitými primárními produkty.

● Pikoplankton

Nejmenší skupina se označuje jako pikoplankton, i když rozměry jejich zástupců nejsou v řádech pikometrů, jak by název mohl klamavě napovídat. Velikostně jsou mikrometrové (horní hranice bývá 2–3 μm), což odpovídá asi setině průměru vlasu. Podobají se tím bakteriím či největším virům. Nejmenší volně žijící řasy, jako ty rodu *Ostreococcus*, které mohou mít velikost buňky i pod 1 μm, se vyskytují kosmopolitně ve všech mořích a oceánech. Obsahují pouze po jedné organelle od všech typů (chloroplast, mitochondrii, jádro, endoplazmatické retikulum a Golgiho aparát), bičík tato řasa během evoluce ztratila. Objev miniaturizovaných řas vzbudil velký rozruch a velmi brzy se staly modelovým organismem (Lelandais a kol. 2016). Výhodou miniaturizace je vysoký poměr povrchu k objemu buněk, což zvyšuje efektivitu absorpce živin, navíc tento rod je přirozeně celkově méně náročný na živiny – čím je buňka menší, tím má méně komponent, které potřebuje udržet. Má dokonce zmenšený genom, enzymy využívající pro transport elektronů přechodné kovy byly nahrazeny jinými. Proto je tato řasa dokonale adaptovaná na život v tzv. oceánských pouštích s nedostatkem živin. Podobně jako *Ostreococcus* obývají oceánské pouště sinice drobných rozměrů rodů *Prochlorococcus* a *Synechococcus*, které se také velkou měrou podílejí na globální produkci kyslíku. Bakterie a viry představují další podstatnou složku planktonu – rozkládají uhynulé buňky nebo spotřebovávají rozpuštěné organické látky. Fungují jako důležitá regulace společenstev vodních květů, mikroskopických řas, které se přemnožily, a některé z nich jsou toxické. Na počet žije v mořích nejvíce bakteriofágů – virů napadajících bakterie včetně sinic, následují bakterie a pak ostatní mikroorganismy. Obecně čím je větší daný organismus, tím dosahuje menších počtů.

S novou aplikací Planktomania se můžete z domova ponořit do světa mořského planktonu, který zahrnuje neuvěřitelně estetické a pro nás také životně důležité organismy, včetně těch životu nebezpečných.

Použitou literaturu a internetové odkazy uvádíme na webové stránce Živy.