

Řasy jako spolutvůrci vlastního prostředí. Přirozená tendence jezerního ekosystému k sebestrukturaci

Algae as co-creators of their own environment.

Natural tendency of lake ecosystem to self-structuration

David P i t h a r t

Botanický ústav AV ČR, Dukelská 135, 379 82 Třeboň

Abstract

Story of plankton seasonal course in small pond Priest Pot in NW England is taken as an example of self-structuration of vertically stratified lake ecosystem. From spring to the end of summer, the stratification enhances, species diversity increases. Rather than competition for existing niches, niches are co-created by organisms themselves – by changing their micro – environment. Positive feedback: more complex structure – more niches – higher biodiversity – more complex structure is evident. So-called a-biotic gradients in vertical water column are produced and maintained by permanent life activity of organisms.

Pro následující sdělení volím formu příběhu. Nejen proto, že pro pochopení procesů, o nichž bude řeč, je časový rozměr nepostradatelný, ale zejména proto, abych se pokusil nalézt to, co není zjevné na první pohled. Příběh mívá totiž své poselství, svůj smysl, chceme-li, své jádro, vyjádřeno jaksi „mezi řádky“, skrytě, nikoli explicitně. Můžeme ho vyložit, pochopit, odhalit až po určité interpretaci příběhu (NEUBAUER 2001). Je také možné ho zcela přehlédnout. Příklad: podrobíme-li vědeckému zkoumání všechny pohádky o Honzovi a dracích, výsledkem může být například ucelená a propracovaná taxonomie (ekologie) draků. Může nám zcela uniknout, že jádrem těchto pohádek je sdělení o odvaze slabých v boji proti silnějším a o tom, že tito slabí, jsou-li čestní a stateční, nad draky zvítězí.

Příběh nebývá obvyklou formou přírodovědeckého sdělení. Dnes se přírodní věda většinou vztahuje ke skutečnosti formou popisu částí této skutečnosti (např. taxonomie) či jejich vzájemných vztahů (např. ekologie). Pracuje-li však s časem, musí se potýkat i s příběhem (NEUBAUER 2001). Lze samozřejmě prohlásit, že pohádky o Honzovi a dracích (nebo náš svět) žádný smysl nemají. Je ovšem otázkou, není-li takové stanovisko spíše než potýkání jen pouhým útekem od problému.

Náš příběh se odehrává ve 3.5 m hlubokém, 60 x 200 m velkém jezírku Priest Pot (česky Farářův kotlík) v Lake District v Severozápadní Anglii. Toto jezero bylo podrobeno dlouhodobému a (v rámci limnologie) multidisciplinárnímu výzkumu, zvláště zevrubně bylo zejména zkoumáno

společenstvo nálevníků. FINLAY a MABERLY (2000) syntetizovali poznatky celkem 38 badatelů.

Děj začíná na jaře, kdy je vodní sloupec tvořen promíchanou, prokysličenou a chladnou vodou. Vodní sloupec je homogenní, nestrukturovaný, společenstvo planktonu je druhově chudé. Ohřev vodního sloupce a prodloužení denní periody počátkem dubna podporuje růst řas. Voda se teplotně stratifikuje. Vytvářejí se gradienty živin a plynů, udržované fotosyntézou (produkce kyslíku, příjem CO_2), respirací (spotřeba kyslíku, produkce CO_2), příjmem a uvolňováním živin (úbytek reaktivního fosforu). Koncem dubna se zahřívá sediment a bentické společenstvo se probouzí k aktivitě. Aerobně heterotrofní bakterie rozkládají organický sediment za uvolňování PO_4 a NH_4 . Celkem bylo nalezeno 101 druhů; stratifikace druhově specifických mastných kyselin nepřímo poukazuje k jejich vertikální heterogenitě. Kyslíku ubývá a nad sedimentem vzniká anaerobní zóna, jejíž mocnost stále vzrůstá až dosáhne svého maxima v srpnu, kdy sahá až do hloubky 2 m. V anaerobním prostředí dochází k redukci nitrátů na nitrity a dále na amonné ionty, síranů na sirovodík, k fermentaci různého typu a k produkci metanu (12 druhů metanogenních bakterií). Sirovodík se stává substrátem pro fotosyntetické bakterie (3 druhy), které ho v procesu anoxygenní fotosyntézy využívají jako zdroj elektronů a redukují ho na síru. To je již plné léto a tudíž světelné klima u dna dovoluje těmto fotosyntetickým bakteriím fotosyntézu. Koncem června dosáhne anaerobní zóna – respektive přechodná, mikroaerobní zóna – spodního okraje eufotické zóny. Tím dochází k rozvoji nejbohatšího společenstva – společenstva přechodné zóny. Pro řasy je tu dostatek světla a zároveň zásoba živin v mikroaerobní zóně. K těm se řasy (dominují zde bičíkovci) pravděpodobně dostávají v noci diurnální migrací – ta sice nebyla v Priest Potu zkoumána, ale byla popsána z řady jiných stratifikovaných vodních sloupců (GERVAIS 1998). FIALA (2000) popsal společenstvo 37 druhů migrujících řas v aluviální tůni Lužnice, řada z nich trávila noc v anaerobní zóně. Teprve pohled v diurnálním časovém horizontu umožňuje hlubší chápání struktury nik společenstva této přechodné zóny. SALONEN et al. (1984) dokázali experimentálně *in situ* transport hypolimnetického fosforu (přijímaného v noci) do epilimnia, kde byl fosfor vyčerpán: tím migrující druhy podpořily rozvoj epilimnetického fytoplanktonu. Velká biomasa řas (z hlediska vertikální distribuce) na rozhraní anoxie se stává potravním zdrojem pro celou řadu druhů nálevníků, zde hlavních reprezentantů fagotrofní výživy (37 druhů nalezeno celkem v různých letech, dále v závorkách jen čísla). Značná část druhů nálevníků hostí endosymbiotické řasy či chloroplasty, které po sežrání řasy získaly v těle nálevníka trvalý azyl (např. *Phacus* sp.). Nálevník pak může migrovat do anaerobní zóny - má svůj zdroj kyslíku. Fotosyntéza ovlivňující parciální tlak kyslíku v jeho protoplazmě dokonce tímto způsobem ovlivňuje jeho migrační chování. Jednotlivé druhy nálevníků tvoří jasně definovatelná maxima abundance v určité hloubce, často vzdálená několik málo desítek či jednotek centimetrů. Polohu těchto maxim

zřejmě určuje souhra celé řady faktorů (kyslíkový gradient, zdroje potravy apod.).

Koncem léta se tak ve vodním sloupci ustavují zcela odlišná „patra“, analogická patřům v deštném pralese. Promíchané epilimnium hostí celou řadu druhů řas (např. 54 druhů zelených řas, 6 druhů sinic, 83 druhů rozsivek), maximum řasové biomasy (chlorofyl *a* až 600 $\mu\text{g.l}^{-1}$) je však lokalizováno poblíž anaerobní zóny a je tvořeno hlavně bičíkovci (*Synura* sp., *Dinobryon*, *Cryptomonas* spp., *Peridinium*). Byla nalezena celá řada bičíkovců bez udání hloubky: chrysomonády (96), Euglenophyta (17), kryptomonády (8). V přechodné zóně bylo rovněž nalezeno největší druhové bohatství prvoků (256 druhů celkem), několik druhů je striktně anaerobních. V mikroaerobní zóně jsou pak podle gradientů kyslíku a reduktantů lokalizována společenstva bakterií, kolem hloubky 3 m (v anoxii) je výrazná vrstva fotosyntetických bakterií (bakteriochlorofyl dosahuje až 300 $\mu\text{g.l}^{-1}$). Směrem dolů se společenstva bakterií proměňují, přičemž některé metabolické procesy jsou navázány tak těsně, že vznikají syntropická konsorcia – (funkční a prostorová propojení na sebe navazujících metabolických pochodů); např. na fotosyntetickou sirnou bakterii radiálně nasedají bakterie redukující síran, vznikající sirovodík je využíván jako příjemce elektronů. V nejspodnějších vrstvách vodního sloupce a v sedimentu samém pak nalézáme metanogenní a fermentující bakterie.

Na podzim se tato složitá stavba zhroutí. Rozrušování teplotní stratifikace vede k míchání a okysličování stále hlubších a hlubších vrstev. Přechodně uvolněné živiny nakrátko podpoří růst řas, ale trvale klesající denní příděl světla a nemožnost řas udržet se v eufotické vrstvě (neboť poměr míchané vrstvy k eufotické drasticky stoupá) vede k vymizení velké většiny druhů. Druhy vázané na mikrozóny mizí z vodního sloupce rovněž. Zjistitelná diversita klesá na zlomek původní hodnoty. Tím příběh končí, ale na jaře může samozřejmě (v mírných obměnách) začít znova.

Co nám chce příroda tímto příběhem sdělit? Poselství je několik, zmiňme se o třech:

1. Řada druhů mikroorganismů (vlastně většina) je v ekosystému přítomna latentním způsobem. Běžným vzorkováním je nezachytíme, ale například už kultivací sedimentu ano. Počty zmíněných druhů v závorkách samozřejmě mnohonásobně překračují to, co bylo nalezeno v jednom vzorku v určitém čase. Tyto druhy čekají, až se otevře příslušná nika, která je pro ně vhodná. V některých letech se nemusí objevit vůbec. Je otázkou, zdali je diversita daného ekosystému dána spíše geografickými bariérami (čili že se druhy prostě v dané oblasti nevyskytují) nebo spíše tím, jak se v danou dobu „otevřely“ niky ekosystému a druh expandoval z latentního stadia do prostoru, kde byl odebrán a nalezen. Naše zkoumání řas tůň Lužnice tuto latentní přítomnost potvrzuje: po izolaci tůň propojených povodní v jedno vodní těleso (tedy inokulum bylo pro

každou tůň identické) byly po měsíci prokázány v počtu druhů řas v jednotlivých tůních podstatné rozdíly, od 10 do 52 druhů, (PITHART 2000, NĚMCOVÁ et.al, 2000).

2. To, co zjistil James Lovelock (GAIA, 1979) o provázanosti prostředí a organismů (života) v globálním ekosystému Země, to platí samozřejmě i pro ekosystém stratifikovaného vodního sloupce. Organismy se svému prostředí přizpůsobují (nebo to také nedokážou), ale také ho aktivně vytvářejí. Tato vlastnost života byla a je přehlížena; proto je Lovelockova teorie takovým kontroverze vyvolávajícím zjevením. Gradienty plynů a živin ve vodním sloupci, to jsou vlastně disipativní struktury (PRIGOGINE, 1984), tedy struktury daleko od rovnovážného stavu, udržované neustálým tokem energie a hmoty. Tento tok vytvářejí organismy (sami jsou takovými disipativními strukturami (CAPRA, 1996). Mluvit o koncentraci plynů a látek ve vodě jako o „abiotických“ faktorech je tedy přinejmenším jen polovina pravdy: to nejsou faktory neživotné (a-biotické), jsou to přímo produkty života! Detekované chemicky a fyzikálně, ale rozhodně ne a-biotické. I samo světlo je podstatným způsobem přetvořeno životem: to co dopadá na hladinu Priest Potu je záření, z kterého kyslíkatá atmosféra (produkt života) odfiltrovala pro život smrtící UV záření. Část záření pohltí mraky, část odrazí vlny na hladině – samo počasí je však také nesmírně ovlivněno, spoluvytvořeno životem. Co zbývá ze světla, které proniká dolů do spodních částí vodního sloupce? Zelené řasy (nebo pobřežní vegetace) selektivně absorbují modré a červené světlo, pro hlubiny zbývá zelená část spektra. Tam se vyskytují druhy s akcesorickými pigmenty (phykobiliproteiny kryptomonád); jen ty mohou tyto vlnové délky zachytit a využít.

3. Sledujeme-li sezónní sukcesi Priest Potu v čase, musíme si povšimnout funkční provázanosti jednotlivých po sobě následujících událostí. Každý organismus totiž přispívá ke strukturaci prostředí: jednak svou volbou prostoru (hloubky), jednak aktivním přetvářením okolí (metabolickými procesy, predací atd.). Vznik zón (tedy prohloubení strukturace) vede k otevření nik pro organismy obývající rozhraní těchto zón (to, co se vlastně na rozhraních děje, to lze pochopit až po studiu diurnálního aspektu). Tato „sebestrukturnace“ ekosystému funguje na principu pozitivní zpětné vazby (CAPRA 1997): větší strukturovanost → více nik → více druhů → větší strukturovanost atd. Proces naruší až disturbance (zde zima, míchání vodního sloupce). Organismy tak „otevírají“ niky pro další organismy. Vzájemný vztah takových po sobě se objevivších organismů nelze popsat ani kompeticí, ani mutualismem, ani symbiózou, ani predací (BEGON et al.1986) – to všechno jsou vztahy popisující okamžitý stav, nikoli historii ekosystému.

Obrátme pozornost k otázce, zdali je taková „sebestrukturnace“ (globálního) ekosystému pozorovatelná i v časovém měřítku evoluce. Odkazují zde na rozhovor K.Poppera s K.Lorenzem (1997), z něhož cituji K.Poppera: „...Niky

nejdou dány předem a poté obsazovány, ale jsou vynalézány – vynalézány životem... Organismy jsou připraveny podstupovat dobrodružství hledání nové ekologické niky... A jedinci, co tuto iniciativu mají, dosahují prostřednictvím výběru vyšší úrovně. Ti, co ji nemají, musí bojovat o niky již obsazené..." a K.Lorenze: "... Kdo něco riskuje nad úroveň dosavadního přizpůsobení, ocitne se o poschodí výš, bude-li mít úspěch".

Předpokládejme tedy, že každý organismus (dosadíme místo něj: jednotka systému) tedy pomáhá při strukturaci ekosystému (dosadíme: systému), a to tak, že jen díky jeho přítomnosti a aktivitě se vytváří příležitost pro příchod dalšího druhu (jednotky). Proces probíhá zpětnovazebně – na základě pozitivní zpětné vazby - a vede ke stálému zesložitování (chceme-li: zdokonalování, či: poklesu entropie) systému. Je možné nalézt paralely tohoto procesu i v oblastech mimo rámec ekologie?

Nepochybně ano. Pomiňme teď jiné oblasti biologie, například ontogenezi, kde se srovnání přímo nabízí (MARKOŠ, 1997), a zaměřme se na lidskou společnost. Tu všichni známe jaksi z první ruky, a to aniž bychom ji vědecky zkoumali (tím ovšem není řečeno, že ji známe dobře, či že její vědecké zkoumání nepotřebujeme); proto může být srovnání instruktivní. Podotýkám, že tu v žádném případě nechci redukovat lidskou společnost na přírodní ekosystémy a tvrdit cosi ve smyslu, že jsme „jen“ zvířata. Rozhodně nikoli vše, co se děje u lidí, lze nalézt v přírodě.

První paralelou je srovnání ekosystému s prostředím ekonomického trhu. Taková srovnání byla prováděna mnohokrát. KOMÁREK (1997) není jediný, kdo dokládá, že Darwinova teorie vzniká v době, když se objevuje v Anglii koncem minulého století dravý a bezohledný kapitalismus: teprve tehdy, objeví-li se jakási analogie přírodních vztahů ve společnosti, jsme schopni je rozeznat i v přírodě samé.

Představme si, že chceme „prorazit na trh“, uspět v ekonomické oblasti, například tím, že budeme něco vyrábět. Existuje několik základních strategií. Jistě můžeme začít bojovat o již obsazená místa na trhu (niky) tím, že budeme vyrábět již nabízené produkty levněji než naši konkurenti. Obdobou této strategie v ekosystému je rychlejší utilizace substrátu, lepší obrana před predátory (rychlejší útěk) atd. Zkrátka to, co vede k anglickému „outcompeting“. Prostě konkurenty „vysoutěžíme, vytěsníme“. Jinou strategií je pak přímé nepříznivé působení na konkurenty. Sem spadá např. očerňování konkurence pomluvami a dezinformacemi, sabotáže atd.; v ekosystému pak například produkce toxinů působících na organismy stejné trofické úrovně. Zahledíme-li se však na trh z určitého časového odstupu, vidíme, že mnoho subjektů uspěje nikoli proto, že se trhu přizpůsobí, ale proto, že naopak donutí trh, aby se přizpůsobil jejich produktu. Musí to být produkt nový a je třeba pro něj trh získat (změnit jeho strukturu) například určitou informační kampaní (reklamou) ale také změnou pravidel hry (hodnotového systému). Nový produkt (například „ekologický“ výrobek – izolační materiál) ovšem vzápětí otevírá

prostor (niky) pro řadu dalších (ekologických) výrobků. Trh se dále strukturuje a po několika letech lze najít celou řadu subsystémů pouze v rámci „ekologických“ výrobků, v rámci nichž probíhá samozřejmě kompetice (např. mezi různými výrobci izolačních materiálů). Vzpomeňme na Priest Pot: v rámci určité nové vrstvy, charakterizované gradienty, se objeví celá řada organismů, na tuto vrstvu vázaných.

Druhá paralela je z oblasti umění. Ve vývoji umění lze datovat celou řadu určitých „zlatých věků“: plodných, tvůrčích, „požehnaných“ období. Tato období představují kumulaci mimořádných uměleckých osobností a vhodných, příznivých podmínek. „Inter arma silent musae“ – rozhodně jsou to období relativně stabilní a klidná, i když nabitá nadcházejícími a tušenými dramatickými změnami. Jedním z těchto období je konec 14. a začátek 15. století v italské Florencii (čerpám z románu Karla Schulze Kámen a bolest). Bohatí mecenáši poskytovali umělcům zdroje, o jakých se dnešním umělcům ani nesní. Z těchto zdrojů žili (a také o ně soutěžili) umělci různých oborů – Lorenzo di Medici, zvaný Magnifico chtěl být obklopen samozřejmě různorodým společenstvím. Ovšem redukovat vztahy mezi umělci na kompetici o zdroje by bylo hrubým zjednodušením a pokřivením skutečnosti. Samozřejmě, tato kompetice existovala, a to i velmi nevybíravá (například Michelangelovi rozbili nos, což se mu stalo celoživotním zdrojem utrpení). Aby umělec tvořil, potřebuje inspiraci. Tu hledá v okolním světě – i mezi ostatními umělci. Podobné cítění skutečnosti vede přirozeně k formaci uměleckých škol, a to většinou multidisciplinárních (básníci, filosofové, malíři a sochaři na dvoře Lorenzově, ale totéž lze pozorovat např. u impresionistů, různé umělecké manifesty apod.). Takové inspirativní prostředí, jehož je každá jednotka (umělec) aktivním a originálním spolutvůrcem – pak vyúsťuje ve fenomenální díla (a jejich kumulaci na jednom místě), která obdivují zástupy turistů dodnes. (Do galerie Uffizzi musíte vystát frontu, i když je to na „Západě“). Vzniklo něco, co nelze dost dobře redukovat na jednotlivé umělecké osobnosti, právě tak jako není možné redukovat ekosystém na jednotlivé organismy.

Třetí paralelou je paralela ze světa vědy. Jak se rodí vědecký tým? Stejně jako umělecká škola. Vedle kompetice existuje vzájemná inspirace, celý tým pak spolupracuje (těsněji než malířská škola, ale volněji než divadelní soubor). Práci týmu nelze redukovat na výsledky jednotlivců. Příchodem dalšího člena týmu se záběr prací rozšiřuje, vztahy v týmu se strukturují. Jak z hlediska odborného – tím, jak je vnesena s novým člověkem nová metodika, zkušenost, znalost – tím se objevují další souvislosti zkoumaného. Tým se strukturuje i z hlediska mezilidského – bylo by přece naivní redukovat fenomén vědeckého týmu na odbornou problematiku – týmy vznikají a hrouť se samozřejmě s lidskými vztahy, se sympatiemi, přátelstvími a podrazy.

Ale samozřejmě nejen tím. Také tím, že „vyschnou“ zdroje – tak jako se zhrouť ekosystém Priest Potu, pokud jezero vyschne, tak, jako se rozprchnou umělci, když je Lorenzo Magnifico vyhnán z Florencie (podpora mecenáše

„vyschne“), tak, jako se může zhroutit ekonomický trh o černých pátcích. Zdali se bude systém rozvíjet, záleží samozřejmě i na vnějších okolnostech.

Vysvětlovat skutečnost neustálým „bojem o život“ nebude v budoucnu stačit. Konkurence nepochybně existuje, ale výrazy jako „outcompete“ se však hodí spíše pro společenstva v laboratorních lahvích, nikoli pro společenstva v přírodě. Chceme-li přírodě rozumět, bude nutné přemýšlet hlouběji a vyhnout se černobílým schémátům „boje všech proti všem za každou cenu“. Tak ostatně vypadá i naše dnešní české pojetí kapitalismu, či pojetí vědy – kdo vyrobí více publikací, „vysoutěží“ ostatní. Možná, že až se v bolestech zrodí pojetí jiná, zahlédneme i v přírodě to, co nám zůstává doposud skryto.

Literatura

- BEGON, M., HARPER, J.L. & TOWNSEND, C.R. (1986): Ecology: Individuals, Populations and communities. Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp.876.
- CAPRA, F. (1997): The web of life. Flamingo, London, pp.320.
- FIALA, D. (2000): Diurnální vertikální migrace fytoplanktonu v aluviálních tůňích Lužnice. - In: PITHART, D. (ed.): Ekologie aluviálních tůňí a říčních ramen., Botanický ústav AVČR, p.78-80.
- FINLAY, B.J. & MABERLY, S.C. (2000): Microbial diversity in Priest Pot: a productive pond in the Lake District. Centre for Ecology and Hydrology Windermere and Freshwater Biological Association. The Ferry House, Far Sawrey, Ambleside, Cumbria, pp.73.
- GERVAIS, F. (1998): Ecology of Cryptophytes coexisting near a freshwater chemocline. Freshwater Biology 39, 61-78.
- KOMÁREK, S., 1997: Dějiny biologického myšlení. Vesmír, Praha, pp.142.
- LOVELOCK, J. (1979): Gaia, Oxford University Press.
- MARKOŠ, A. (1997): Povstávání živého tvaru. Vesmír, Praha, pp.305.
- NĚMCOVÁ, Y., KALINA, T. & NEUSTUPA, J. (2000): Chrysomonády s křemitými šupinami slepých ramen a tůňí horního toku Vltavy. In: PITHART, D. (ed.): Ekologie aluviálních tůňí a říčních ramen., Botanický ústav AVČR, p. 53-58.
- NEUBAUER, Z. (2001): O Sněhurce aneb o přírodě. Proslov laureáta ceny Vize '97 za rok 2001. Vydala Nadace Vize '97, Praha, pp.30.
- PITHART, D. (2000): Proces diverzifikace chemismu a fytoplanktonu tůňí po povodni. - In: PITHART, D. (ed.): Ekologie aluviálních tůňí a říčních ramen., Botanický ústav AVČR, p.16-21.
- POPPER, K.R. & LORENZ, K. (1997): Budoucnost je otevřená. Vyšehrad, Praha, pp.127.
- PRIGOGINE, I. & STENGERS, I. (1984): Order out of Chaos, Bantam, New York.
- SALONEN, K., JONES, R.I. & ARVOLA, L. (1984): Hypolimnetic phosphorus retrieval by diel vertical migrations of lake phytoplankton. Freshwater Biology 14, p.431-438.