

Ekologie z různých stran III. Vhodná škála: Mají ekologické jevy hierarchie?

Pavel Kovář

„Měřítka (škála) je víc než jen rozměr: je to rozměr, který udává přiměřenou proporcionalitu a odpovídající závažný důsledek. Když proporce přestávají být v harmonii nebo následky nejsou předvídatelné, je problém ve škále.“ (Buzacott et al. 1982)

Existuje velmi široké rozmezí prostorových a časových škál – měřítek, charakterizujících procesy a jevy, které se dostávají do interakcí, a tím utvářejí podmínky a trendy v prostředí. Na rozdíl od jiných vědců (geografů, fyziků, geologů atd.) byli ekologové, jak se zdá, pomalí ve svém zápase o pochopení důležitosti prostorových a časových měřítek při studiu procesů v populacích, společenstvech a ekosystémech. Příliš často se zjišťuje, že terénní badatelé vybírají „svévolně“ měřítka pozorování, jež se jim zdá „přibližně správné“. Současný zájem o to, čemu se v ekologii říká „scaling“ (výzkum na různých prostorových a časových škálách), má několik vnitřně propojených příčin. Stále více se poznává

– že mnoho důležitých procesů ovlivňujících budoucí trendy životního prostředí se ocitá na větších časových a prostorových škálách, než jsou ty, jež obvykle budí pozornost ekologů,
– že rozhodovatelé a plánovače zajímá širší prostorové měřítka (ačkoli často kratší časové) než to, o něž se zpravidla zajímají ekologové
– že ekologové mají tendenci podceňovat svůj sklon k záměrné redukci měřítka bádání, aby „lépe“ porozuměli mechanismům a jevům.

Tyto tři aspekty používání nepřístušného měřítka částečně vysvětlují, proč se ne jeden ekologický výzkum vyhýbá určitým procesům v prostředí, dále artikulaci problému se zaměřením na rozhodovatelskou sféru, a navíc nemá vážnou předpověď sílu. Jedním z důsledků je, že značný objem práce v ekologii v pozdních 70. letech a první polovině 80. let se zdá být dosahem okrajový, jak společensky, tak i v rámci hlavního proudu vědeckého pole. Teprve v několika posledních letech začíná převládat dojem, že došlo k obratu. Je to spojeno mimo jiné i se záležitostmi škál

(měřítek) – uvedme několik úkazů s tím spjatých:

* Právě nyní získává lidstvo zkušenost s třetí fází „globalizace“ známého světa (následuje po 1. fázi dosahující průlomu asi v r. 1500 v souvislosti s velkými námořními výpravami nebo objevitelskými plavbami a po druhé, jež dospěla ke kolonizaci a rozvoji nového světa asi před 100 lety). Tato třetí vlna rozvoje může být ztotožněna s érou chronických, velkorozměrných a extrémně složitých syndromů závislosti mezi světovou ekonomikou a světovým prostředím. V porovnání s dřívějšími rozměry problémů, kdy souvislosti mezi rozvojem a prostředím byly poměrně jednoduché a hlavně s lokálním dopadem, problémy nové se dají charakterizovat vědeckou nepoznaností, enormními náklady a riziky při rozhodování a časovým i prostorovým měřítkem, které u nich přesahuje většinu společenských institucí. Dalším vážným aspektem globalizace jsou člověkem navozené klimatické změny.

* Účinky lidské činnosti ve 20. století v tradičním prostoru a čase mají široké pásmo dopadů jak na spravování ekosystémů a přírodních zdrojů, tak na lidi a společenské instituce, které se o tyto zdroje starají. Nejistoty týkající se budoucnosti biosféry odrážejí přístupy nebo myšlenkové koncepce, jež se objevily na pomezí přírodních a společenských věd, a navíc ty, které se dotýkají ekologické etiky a odpovědnosti za životní prostředí.

* Hypotéza Gaia (Matka Země) pohlízející na biosféru jako na seberegulující fyziologický systém (Lovelock et Margulisová 1974) a zájem o dlouhotrvající a velkoprostorový chod přirozené dynamiky biosférických teplot, chemické skladby a rozložení biomasy se staly popudem pro nové výzkumné iniciativy (např. Program

ekologicky udržitelného rozvoje biosféry při NASA v 2. polovině 80. let).

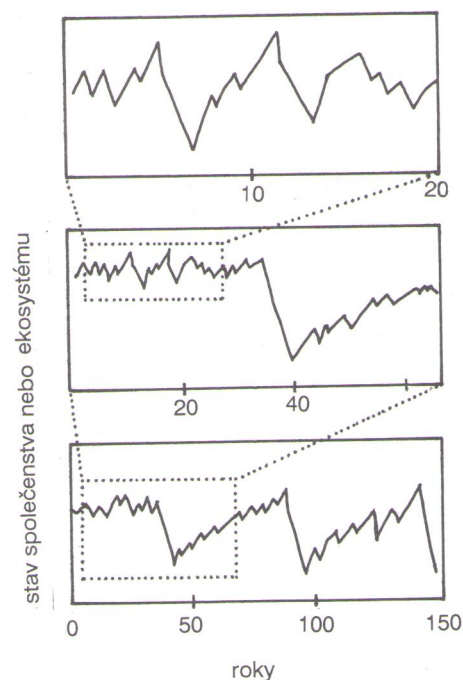
* Pokroky posledních dvou dekad, jak v systémech dálkového průzkumu, tak v počítačových technologiích poskytly vědě nástroje pro synchronizovaná měření na různých prostorových a časových škálách.

* K těmto iniciativám se může připojit rostoucí zájem o to, co lze označit jako hierarchický pohled na život – skutečnost, že svět přírody může být velice užitečně nazírán jako mnohvrstevný systém, hierarchizovaný v prostoru a v čase, a že je třeba odhalit v hierarchii takový stupeň, kde bychom byli schopni poznávat okolnosti, za nichž se jev odehrává.

* Rozšířil se zájem o relativně novou dimenzi Trollovu (Troll 1939, 1968) – o dimenzi krajinné ekologie, kde se problémy měřítka studovaly jako součást evropské tradice krajinné geografie a nauky o vegetaci.

Historický záznam

Role změn v čase byla vždy součástí zaměření takových disciplín jako jsou geologie, genetika nebo historická biogeografie. Vyrůstající výsadní postavení historické dimenze vyplývalo částečně z poznání, že je mnoho časových a prostorových škál, na nichž se projevují změny v prostředí. Různé typy faktorů pů-



Vliv prodloužení časové škály ekologických studií na výskyt epizodních příhod, znázorněných významnými výchylkami křivky, např. povodňových záplav, teplotních výkyvů aj. (obr. 1)

sobících ve stejném čase jsou navrstveny přes sebe a historické události se mohou opakovat v kterékoli době. Metody různých oborů používané na rozličných škálách se mohou podporovat. Např. se zjistilo, že klimatické změny v oblasti Středozemního moře během posledních 25 milionů let znamenaly zánik tropické vegetace (příkladně mangrove, asi před 14 milióny let), což je v souběhu s antarktickým zaledněním a uzavřením mořského spojení mezi Středozemním mořem a Indickým oceánem (Pons et al. 1987). Regionální paleoklimatické změny tak odrážejí globální klimatický trend stejně tak jako regionální geodynamické události (ač přitom nemusí být jasné rozlišení poměrného významu obou procesů). Příklad mediteránu je rovněž ukázkový v osvětlení úlohy lidské činnosti, která přesáhla působení podnebí na vegetaci. Tím, že rozsáhlá území v oblasti Středozemního moře byla vystavena pastvě a zemědělství, došlo k bezprecedentní historické události – člověk se stal geologickou silou.

Faktory narušování (disturbance) na různých škálách

Ocenění charakteristických časových a prostorových škál historických a geologických faktorů je důležité k tomu, abychom porozuměli struktuře a fungování ekosystémů. Například Delcourt et al. (1983) předložili návrh dávající do vztahu vliv různých prostředí na uspořádání vegetace a procesy působící na širokém spektru škál. Klíčové kombinace narušení, biotické odpovědi a uspořádání vegetace se podle jejich návrhu řídí třemi principy: (1) změny prostředí jsou různé v prostoru a čase, (2) mění se prostředí určujícím způsobem řídí biologické odpovědi a (3) tyto odpovědi se v důsledku projeví na pozorovatelném uspořádání vegetační organizace, na škálách od individua, populace, společenstva, formace po globální terestrickou vegetaci (viz obr. 2). Tyto tři principy jsou základní jak pro moderní rostlinnou ekologii, tak pro terestrickou kvartérní paleoekologii.

Epizodní extrémní události a fenomény velkého měřítka

Časové měřítko většiny ekologických studií – zpravidla v řádu několika měsíců či let – může dobře zachycovat malé výkyvy mezi měsíci (roky) dané vlivem ekologických faktorů, ale vůbec nezachytí ať už časté nebo epizodní příhody, jejichž význam může pravidelné krátkodobé výkyvy dalece přesáhnout. Jedině protáhneme-li časové měřítko, vý-

znam epizod se stane zjevným (viz obr. 1). Při dostatečné délce časové škály se může zjistit, že tyto nepříliš časté události se mnohdy vyskytují opakovaně, s výraznými důsledky pro populace, společenstva a ekosystémy. Příklady: výjimečně vydatné nebo naopak slabé dešťové srážky způsobují v prvním případě lokální záplavy a erozi, v druhém případě velkoplošné, ale mozaikovitě vymírání dřevin. Požáry nebo silný mraz jsou dva typy epizodických příhod, které nacházejí hlavní odezvu např. v biotě a ekosystémové dynamice Středozemí. Vážné je zjištění, že malé změny v průměrném klimatu mohou vyústit ve změny dramatické co do častosti extrémních epizod, jejichž pravděpodobnost výskytu se v současné éře klimatických změn zvyšuje.

Kumulativní dopady

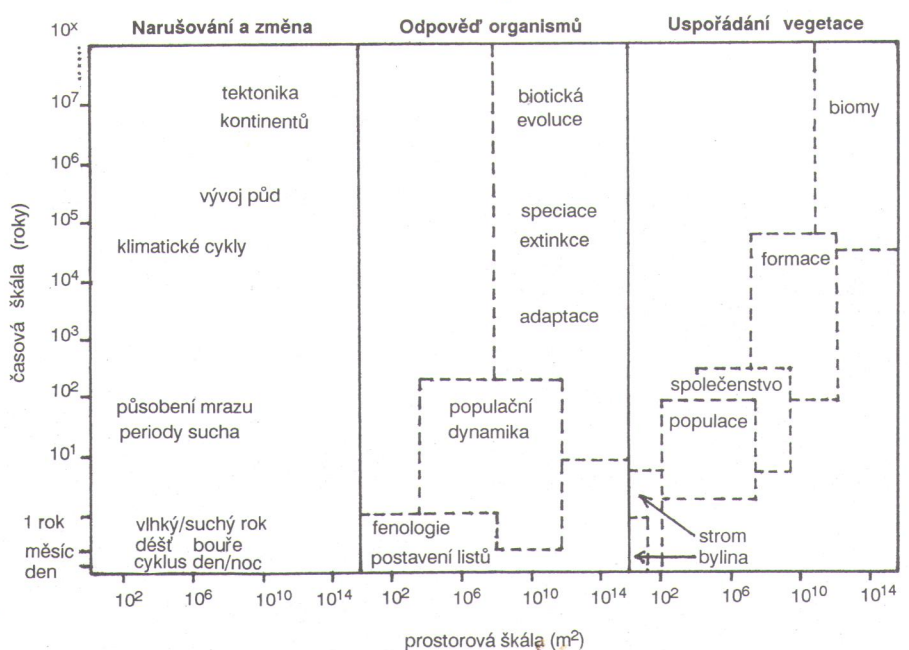
K nejproblematičtějším interakcím mezi prostředím a lidskými aktivitami patří ty, které zahrnují kumulativní dopady (hromadění účinků). Základní informací, na níž závisí jakékoli hodnocení, je charakteristická časová a prostorová škála týkající se hlavních složek prostředí. Např. škály pro chemické složky atmosféry indikují, že vlivy plynů jako třeba NO_x se kumulují v rámci dekad až staletí, a to v globálním měřítku. Dnešní epizody, které se týkají těchto plynů, budou ovlivňovat prostředí ještě v příštích desetiletích a ať to bude kdekoli ve světě, prostředí jimi může být ovlivněno kdekoli jinde. Aktivita plynů v prostředí má v pro-

storu možnost realizovat se rovnoměrným šířením od zdroje do všech stran, což spoluudává skleníkovému efektu dlouhodobý a globální charakter. V jiném extrému, částice znečištění vypadávající normálně z atmosféry řádově v hodinách, mohou cestovat i několik stovek km od zdroje. V místech, kam se mohou dostávat zdaleka a kde mohou být proměněny fotochemickou oxidací, nezřídka způsobují lokální „katastrofy“ akutního charakteru. Podíváme-li se na skupinu chemikálií spojovanou s kyselým deštěm, zjistíme u nich mobilitu v charakteristickém měřítku přibližně několika dnů a přibližně tisíci km. Mnoho zemí má prostorové měřítko takového řádu (cca 1 000 km) a proto je okyselování prostředí akumulativním procesem přesahujícím hranice států.

Procesy kombinovaných alternativ (rychlé-pomalé) a rezervoáry paměti

Klimatický systém má řadu „paměťových rezervoárů“ – vždy pro určité časové a prostorové měřítko. Časová škála pro paměť na půdní vlhkost se pohybuje od několika týdnů po přibližně rok. Oceán získává energii ze slunečního záření a vrací tuto energii do atmosféry prostřednictvím latentního a infračerveného toku s časovým zdržením od několika měsíců po mnoho desetiletí. Různé podnebné mechanismy tak přispívají ke klimatické paměti na rozmanitých časových škálách.

Příkladem „fast-slow“ procesů zmíněných v názvu mohou být



Prostorové a časové vztahy mezi narušováním a změnou prostředí, odpovědi živých organismů a uspořádáním vegetace. Živá příroda reaguje na úrovni jedince, populace, společenstva atd. (obr. 2)

účinky odumřelého organického materiálu různé kvality (např. části sklizených plodin, organická hnojiva, listy apod.) na postup uvolňování živin z organické hmoty do půdy. Lehké frakce reprezentují labilnější vazbu živin s rychlou mineralizací za příznivých podmínek, zatímco těžší frakce živiny uvolňují velmi malou rychlostí. Tak odlišné časové reakce mají důležitý dopad pro management. Zde vznikla jedna z hypotéz testovaných v rámci programu výzkumu v tropické půdní biologii (úživnost půd): konkrétně – vzrůst

podílu opadu nízké kvality (např. nedostatkem dusíku a fosforu, s vysokým obsahem ligninu) na počátku deště prodlužuje období dostupnosti živin pro rostliny (Swift 1985).

Přepínání škál

Kromě vědy členěné při studiu přírody podle oborů můžeme upřednostnit jiné kritérium: zjevné vrstvení přírodních systémů. Různé jevy jsou viditelné na různých úrovních – od subatomické přes molekulární, tkáňovou (či pletivovou), organismální až po hladiny společenstva

a výše. Každá prostorově-organizační hladina má své vlastní škály časové. Badatelé mají speciální technický jazyk a řadu koncepcí pro každou hladinu. Lang (1987) tvrdí, že vědci se od časů Galilea potýkají hlavně s otázkami typu „jak“, nikoli „proč“, a to způsobuje tendenci směřovat vědecké úsilí k vysvětlování na nižších úrovních (v biologii např. molekulární). Avšak je také potřeba ptát se „proč“, abychom odhadli stupeň důležitosti v chaosu narůstajícího poznání. Tím jsou stimulovány objevy na sousedních úrovních, vyšší i nižší.

Ekosystémy střední Evropy III.

Jehličnaté lesy

Ekosystémy, jejichž hlavním skladním prvkem jsou jehličnany, nikdy v dlouhodobé historii naší části kontinentu výrazně nepřevládaly tak, jako je tomu např. v severoamerické nebo severoasijské zóně boreálního jehličnatého lesa (tajgy). Jsou tu však polohy, v nichž výšková klimatická stupňovitost vyrovnává nepříznivé podmínky makroklimatu a umožňuje jehličnanům ovládnout prostor (zhruba nad 950 m n.m.). Někdy se tento výškový stupeň označuje jako oreální a nacházejí se v něm přirozené smrčiny nebo porosty limby. Zčásti k němu přistupuje i stupeň al-

pínský, pokud sem zahrneme křovitou vegetaci kosodřeviny (kleče). Existují však i místa v nižších polohách, kde najdeme přirozený výskyt smrku, případně s jedlí, a to tam, kde dochází ke zvratu vegetačních stupňů (inverzi) – členitý reliéf terénních zářezů zmíněné dřeviny mikroklimaticky zvýhodňuje. Jiným typem ekosystému s jehličnanem jsou bory na skalách nebo na písčinách v nánosových oblastech velkých řek. Pro naše současníky jsou však nejběžnější kulturní lesy smrkových či borových výsadeb, tedy ekosystémy zčásti umělé.

Smrk ztepilý, nejznámější domi-

nanta našich jehličnatých lesů, je „doma“ v severní polovině euroasijského kontinentu, avšak tvoří velké izolované arely v hercynské, sudetské a karpatské oblasti. Rozlišují se geografické populace, někdy hodnocené jako plemena. Navíc, i na našem území, nalezneme vyhraněné ekotypy smrku – např. šumavský nebo jesenický, s typickou růstovou formou. Klimaxové smrčiny (řád *Piceetalia excelsae* ze třídy *Vaccinio-Piceetea*) u nás jsou vázány na horské oblasti s úhrnem srážek 1 000 - 1 400 mm za rok, s průměrnou roční teplotou 3 - 5 °C, přičemž zimní teploty klesají hluboko pod bod mrazu a letní nepřesahují 20 °C. Ekologicky významné je, že podstatná část srážek zde padá ve formě sněhu, který kryje půdní povrch po značnou část roku. Z dalších faktorů je významný vítr a mlha (námraza), jako zdroj mechanického ovlivňování (stromy tvoří větrné, vlnkové, aj. formy). „Listy“ smrku – jehlice dobře „vyčesávají“ horizontální srážky (mlhu), což působí jako příznivý faktor, ovšem stejný efekt se uplatňuje vůči znečištěním v ovzduší, takže při silně kontaminovaném atmosférickém pozadí je tato schopnost adaptace jehličnanů nevýhodou. Ekosystém smrčin je charakteristický hustým zápojem stromového patra, které propouští k půdnímu povrchu jen málo světla. Proto jsou nižší porostní patra druhově chudá, nicméně bohaté bývá patro mechorostů, jimž kyselý povrchový substrát vyhovuje (na rozdíl od biocenózy popisované dále – na příznivějších stanovištích). V chudém keřovém patře nalezneme zimolez černý nebo semenáče jeřábu ptačího, v bylinném patře třtinu chloupkatou nebo brusnici borůvku, s menší pokryvností pak žebrovníci různolistou, kapraď rakouskou, sedmikvítek evropský, podbělici alpskou, čípek ob-



Na přechodu vrchoviště do podmáčené smrčiny v rezervaci Lysina ve Slavkovském lese soupeří smrk (*Picea abies*) a borovice (*Pinus x pseudopumilio*). Vpravo jednokvítka velekvěť (*Moneses uniflora*) ze Slavkovského lesa. Snímky J. Michálka