

Měřítko, rozsah, zrno a ryby jako lesní rostliny

Člověk se pomocí vědeckých pozorování snaží co nejlépe popsat svůj mnohazměrný svět. Výsledky však ovlivňuje měřítko, úhel pohledu. Na volbě měřítka je silně závislé i měření biodiverzity – přírodní rozmanitosti.

text **BARBORA WINTEROVÁ, JEFFREY C. NEKOLA**

TITUL rostlinného společenstva s největší druhovou bohatostí si nárokují tropické deštné lesy, bělokarpatské louky i slatinná rašeliniště. Je to možné? Ano, protože bylo pro zjištění počtu druhů rostlin v každém z těchto společenstev použito jiné měřítko.

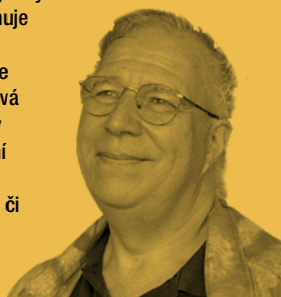
Mgr. BARBORA WINTEROVÁ

(*1993) vystudovala zoologii na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity. Na téže fakultě se jako doktorandka zabývá výzkumem ekologie na velkých prostorových škálách, přičemž jako modelový systém používá společenstva ryb korálových útesů.



Doc. JEFFREY CLARK NEKOLA, PhD.,

(*1964) vystudoval ekologii na Univerzitě Severní Karolíny. Nyní působí v Ústavu botaniky a zoologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity. Věnuje se výzkumu biodiverzity, ke kterému využívá různé přístupy od molekulární genetiky po makroekologii či všeobecnou teorii.



Právě oblasti s vysokou rozmanitostí jsou přitom často vyhrazeny pro ochranu přírody. Jak ale určit, která místa to jsou, když tolik záleží na měřítku pozorování?

VLIV MĚŘÍTKA

Do popředí zájmu ekologů se vliv měřítka na výsledky pozorování dostal teprve v osmdesátých letech 20. století. Prokletím ekologie

je totiž její zdánlivá intuitivnost, a tudíž tendence zkoumat svět v měřítku, které vyhovuje člověku jako pozorovateli. Přitom zcela pomíjíme, že pozorovaný proces může v čase i prostoru probíhat v měřítku zcela jiném. To, co je v průběhu lidského života neměnný ekosystém, třeba les, může během staletí a tisíciletí projít dramatickými změnami. Avšak i v takovém, zdánlivě neměnném ekosystému probíhají rychlé změny na malých plochách. Zpravidla přitom platí, že se procesy v malém měřítku odehrávají rychleji než ve velkém.

Důležitost měřítka vzorkování rozpoznali jako jedni z prvních botanici popisující výskyt a šíření rostlin. Následovala exploze prací na toto téma. Než se ponoříme do exotického prostředí moří, podívejme se na příklad, který ve svém klasickém pojednání o měřítku z roku 1989 uvedl americký ekolog John A. Wiens. Tyranovec malinký (*Empidonax minimus*) a lesňáček lejsší (*Setophaga ruticilla*) jsou drobní pěvci obývající severoamerické listnaté lesy. Pokud budeme jejich výskyt zkoumat na plochách velkých čtyři hektary, zjistíme, že přítomnost jednoho vylučuje přítomnost druhého, jelikož využívají podobné zdroje, soupeří o ně a navzájem se vyhánějí ze svých teritorií. Pokud ale zkoumané plochy zvětšíme, pozorovaný vzorec se obrátí. Oba opeřenci totiž dávají přednost křovinám listnatého lesa, kde se vyskytují pospolu. S měřítkem našeho pozorování se mění nejen výsledný vzorec, ale také mechanismy, které jej vytvářejí – na malých plochách hraje roli soupeření mezi těmito druhy, na velkých plochách jejich preference stejného prostředí.



Snímek Jiří Kratochvíl

1. NA STUDOVANÝCH PLOCHÁCH u Šrí Lanky byla častá velká hejna sapínka žlutoocasého (*Neopomacentrus azysron*).



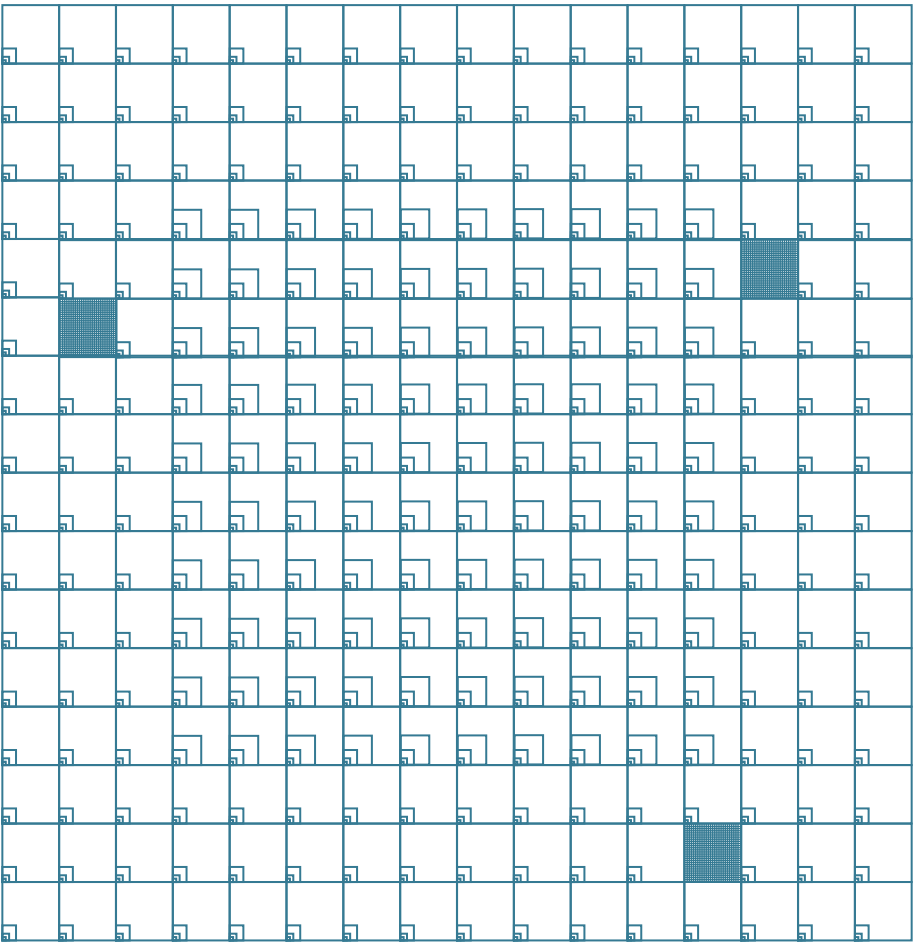
Snímek Jiří Kratochvíl

2. CHŇAPAL ŠEDOHŘBETÝ (*Lutjanus biguttatus*) se žije převážně koryši a malými rybami. Jeho hejna se pohybují na stovkách metrů.

Samotné měřítka pozorování přitom není jednotné. Jeho složkami jsou zrno a rozsah (v angličtině grain a extent), které lze přiblížit pomocí metafory s nastavením fotoaparátu: Představte si, že chcete na fotografii co nejrealističtěji zachytit korálový útes. Nejlepší by bylo zvolit širokoúhlou fotografii v maximálním možném rozlišení. Stejně tak by si ekologové přáli při měření

3. UNIKÁTNÍ DESIGN studie z roku 1994 umožňuje měnit velikost zrna a rozsah. Po vyznačení této mřížky byly zaznamenány všechny druhy, které se vyskytly ve výzkumných ploškách různých velikostí. Porovnáváním počtu druhů v různé velikosti plošek bylo možné vytvořit pozorovací experiment a objevit vliv studovaných fenoménů na počet zachycených druhů.

Překresleno podle [3]



Snímek Jiří Kratochvíl

4. KLAUNI OČKATÍ (*Amphiprion ocellaris*) jsou teritoriální ryby vázané na sasanky. Útes tedy využívají v poměrně malém měřítku.

biodiverzity pořídit co nejdetailnější vzorky z velké plochy. Takový výzkum by se však stal od určité velikosti pozorované plochy velmi náročným. Stejně jako fotograf musí mnohdy dělat kompromisy mezi velikostí záběru a jeho rozlišením, musí ekolog vybalancovat zrno (minimální velikost jedné detailně zkoumané výzkumné plochy) a rozsah (celkovou velikost studovaného území). Právě toto rozhodnutí může způsobit značné rozdíly v tom, co uvidíme, v našem případě, kolik druhů napočítáme na mořském útesu. U reálných výzkumů se většinou při zvětšení rozsahu studovaného území zvětšuje i velikost jednotlivých výzkumných ploch. Velké plochy je však obtížné zkoumat detailně, a proto je u nich obsah zprůměrován; jsou zachyceny pouze nejvýraznější druhy,

prostředí a další fenomény. Pokud studujeme mozaikovitě prostředí, dostáváme zvětšením rozsahu do záběru našeho imaginárního fotoaparátu stále více nových druhů. Zároveň však zvětšujeme zrno výzkumných plošek, a tudíž snižujeme svoji rozlišovací schopnost.

KOMPLIKOVANÉ EKOSYSTÉMY Změna měřítka ovlivňuje výsledky pozorování různých jevů a organismů rozdílnou měrou, což značně komplikuje výzkum složitých mnohazměrných objektů, tedy i většiny ekosystémů. Každý druh může v ekosystému fungovat v jiném prostorovém či časovém měřítku. Odborné práce by měly tuto skutečnost zohledňovat a uzpůsobit se organismu nebo procesu, na který se



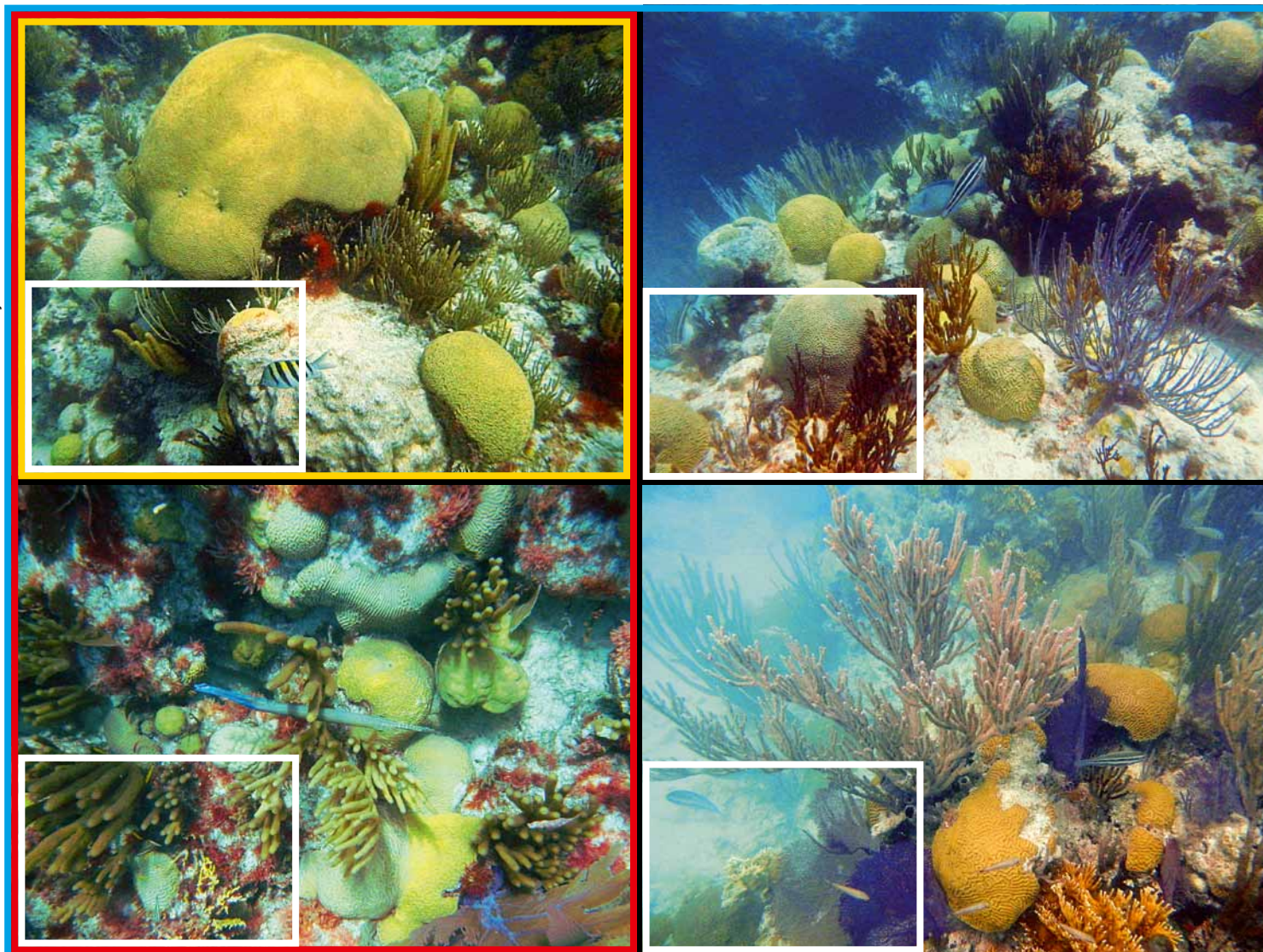
Snímek Randunu Dimeshan

5. ÚTES KAYANKERNI, jedna z našich šrilanských lokalit. Žluté pásmo vyznačuje střed pásového transektu, nad nímž prolouká potápěč-výzkumník a na kameru zaznamenává všechny ryby, které se pohybují nad transektem do určité vzdálenosti.

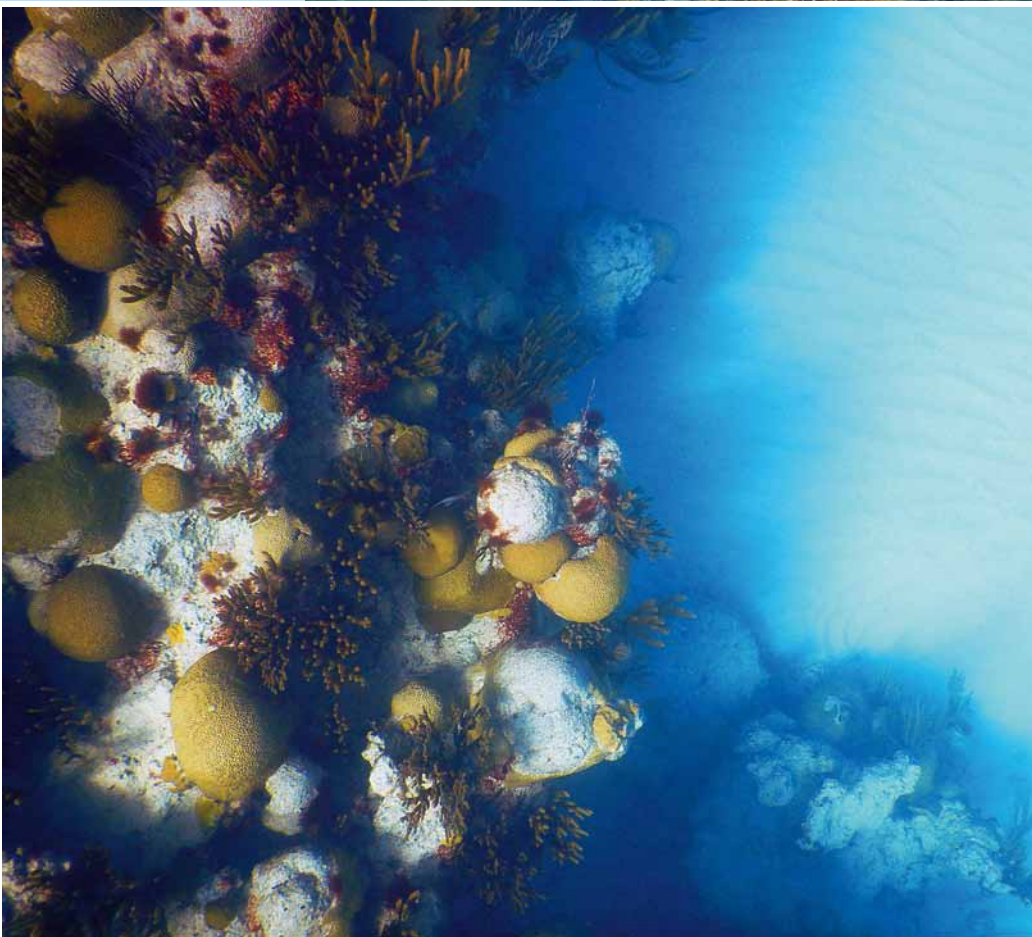
zaměřují. Ideálem pro komplexní výzkum by byly studie, které berou v potaz více měřítek pozorování, případně takové, které díky vhodnému designu pozorování umožňují při statistickém zpracování výsledků použít více různých zrn a rozsahů, aniž by bylo nutné provést více pozorování. S takovou prací, jednou z mála, přišli v roce 1994 Michael W. Palmer a Peter S. White, ekologové zkoumající společenstva rostlin ve velkých měřítcích. Jejich studie se zabývá vztahem mezi druhovou bohatostí a velikostí zkoumané plochy. Obecně platí, že čím větší plochu zkoumáme, tím více napočítáme druhů. Jak je však tento vztah ovlivněn změnami složek měřítka: rozsahu a zrna?

Autoři pro svůj výzkum zvolili les Dukeovy univerzity v Severní Karolině. Na vybrané ploše zde vyznačili výzkumné území, a v něm jednotlivé výzkumné plošky, v unikátním uspořádání, které umožnilo měnit rozsah i zrno pozorování (obr. 3). Velikost jednotlivých čtverců, tedy zrna, se pohybovala od 150 cm² do 256 m². Rozsah mohl nabývat hodnot od dvou metrů v případě sousedících metrových plošek, do 256 metrů v případě čtverců ve vzdálenosti celého zkoumaného území (autoři definovali rozsah pouze horizontálně a vertikálně, nikoli diagonálně, jinak by mohl dosahovat větších hodnot). Ve všech ploškách byly v průběhu roku zaznamenány všechny přítomné druhy cévnatých rostlin. Palmer a White došli k závěru, že počet druhů v jedné plošce roste s její velikostí. To je v souladu s obecným vztahem mezi druhovou bohatostí a velikostí zkoumané plochy - větší plocha znamená více zaznamenaných jedinců, kteří náležejí k více druhům. Také se ale ukázalo, že zvětšíme-li rozsah pozorování, tedy vzdálenost jednotlivých plošek od sebe, počet druhů se také zvětší, i když velikost plošek zůstane stejná, nebo se dokonce zmenší. A to přesto, že výzkumník při použití takového designu studie v součtu detailně vzorkuje stejnou velkou plochu. Počet druhů v tomto případě roste, jelikož při větší vzdálenosti ploch se do pozorování zahrne více různých typů prostředí a na ně navázaných druhů. Tyto závěry se dnes mohou zdát triviální, nicméně šlo o první studii, která tento fenomén popsala na základě reálného pozorování a vhodné vizualizace dat.

Zmíněná práce dokazuje, že relevantní závěry o biodiverzitě nejsou možné bez zasazení do měřítka. Práce se však omezuje na lesní cévnaté rostliny - nemobilní organismy souše, která zabírají pouze 29 procent povrchu planety Země. My jsme si položili otázku, zda lze postup zopakovat na organismech rychle se pohybujících ve vodním prostředí. Těmi pro nás byly ryby korálových útesů. Aby byly naše výsledky robustnější, zopakovali jsme měření na



6. KOLÁŽ ilustruje podstatu vlivu změny zrna a rozsahu na pozorovaný počet druhů. Pro větší názornost jsme spojili několik fotografií z útesů Bermud, což dobře vystihuje jejich mozaikovitost na velké škále. Na celé ploše útesu zachycujeme sedm druhů ryb. Málokdy však máme možnost pořídit detailní vzorek z celého útesu. Ve žluté výzkumné plošce (vlevo nahoře) zachycujeme jeden druh. V červené plošce zachycujeme dva, ale za cenu zdvojnásobení vzorkovacího úsilí. Kompromisem je použití malých, ale do většího rozsahu umístěných plošek, které v našem případě ilustrují bílé obdélníky. V těch zachycujeme druhy čtyři, ovšem za stejného úsilí, jaké jsme vynaložili při vzorkování žluté plošky. **7. „MOZKOVÉ KORÁLY“** rodu *Diplora* dodávají bermudským útesům unikátní vzhled. Na východním pobřeží najdeme plochy, kde tyto korály výrazně převládají. Takového „chytré pláně“ jsou bermudský unikát.



8. KLIPKA TŘÍPRUHÁ (*Chaetodon trifasciatus*) je jedním z druhů přímo vázaným na korály, jejichž polypy se živí. Chrání si teritoria, ze kterých vyhání i jiné druhy klippek. V období rozmnožování tvoří páry, které své území brání spolu.

různých útesech Šrí Lanky a Bermud, které se od sebe v mnohém liší.

SPOLEČENSTVA KORÁLOVÝCH ÚTESŮ

Bermudy jsou izolované souostroví s 53 km² souše obklopené 725 km² útesů, téměř tisíc kilometrů od nejbližší pevniny. Místní společenstva korálových ryb v minulosti ohrožoval rybolov, ale po vyhlášení funkčních chráněných území se jejich populace obnovily. Přesto na místních, téměř nedotčených útesech nalezneme jen málo druhů. Stejně jako u většiny obratlovců, i u ryb příbřežního pásma moří platí, že se centrum jejich největší globální biodiverzity nachází v blízkosti rovníku. Bermudy naopak leží na severní hranici výskytu korálů a na ně vázaných společenstev. Jejich výskyt tu umožňují teplé mořské proudy. To činí zdejší podmořskou krajinu jedinečnou. Místní útesy jsou pokryty korály s poetickými českými jmény, jako jsou měkké laločníky či tvrdé dírkovníky. Unikátní jsou pláně mozkovníků, které dávají skalám až roztomilý bublinovitý vzhled (obr. 7). Mezi nimi se prohání převážně bodloci, kanicové a klipky doplněné tisícíhlavými hejny mladých chrochtalů.

Útesy Šrí Lanky jsou téměř pravý opak. Jejich společenstva vázaná na korálové útesy jsou v porovnání s Bermudami velmi bohatá,

jelikož leží blízko oblasti jejich největší globální rozmanitosti, u rovníku. Počet druhů korálových ryb je tu díky tomu vysoký i přesto, že jsou útesy středně až silně degradované. Ohrožuje je nevhodné rybaření, k němuž patří i využívání dynamitu a tažných sítí. „Specialitou“ je odřezávání celých trsů korálů kvůli lovu zde ukrytých ryb určených pro akvaristický trh. Útesy ničí i nevhodné chování turistů a lodní doprava. Podepsala se na nich také vlna tsunami, která roku 2004 zasáhla jižní pobřeží,¹ problém představuje i hvězdice trnová koruna, která korály požírá, či blednutí korálů, kdy polypi ztrácejí své symbiotické řasy a umírají.

Korálové útesy jsou překvapivě odolným ekosystémem s velkou schopností regenerace. K té ale potřebují dostatek času a vhodné podmínky. Těch se jim zde nedostává. Ačkoli Šrí Lanka formálně má chráněná území specializovaná na mořská prostředí, jejich reálná ochrana je naprosto nedostatečná. I přesto si místní útesy zachovávají své kouzlo. Najdeme tu velké porosty keříčkovitých větevníků a pórovníků či deskové

K dalšímu čtení...

- [1] Wiens J. A.: Spatial Scaling in Ecology, Functional Ecology 3, 385–397, 1989/4, DOI: org/10.2307/2389612.
- [2] Sale P. F.: Appropriate spatial scales for studies of reef-fish ecology, Austral Ecology 23, 202–208, 1998/3, DOI: 10.1111/j.1442-9993.1998.tb00721.x.
- [3] Palmer M. W., White P. S.: Scale Dependence and the Species-Area Relationship, The American Naturalist 144, 717–740, 1994/5.

montipóry, mezi kterými se prohánějí sapíni, bodloci, klipky, ploskozubci, i jedineční bičonosí zobanovití (obr. 1, 5 a 8).

Pozorování replikující výzkumy Palmera a Whita jsme uskutečnili na třech útesech Šrí Lanky a šesti útesech Bermud. S ohledem na cílové organismy a jejich mobilitu nemělo smysl zkoumat extrémně malé výzkumné plošky, naše nejmenší zrno tedy bylo 100 metrů čtverečních a celá mřížka našeho pozorování byla vzhledem k povaze zkoumaných příbřežních útesů obdélníková. Samotná podstata vzorkování rybiho společenstva je jiná než u společenstva lesních rostlin. Mřížka byla vyznačena pomocí pásových transektů, tedy linií, nad nimiž výzkumník proplouvá a pořizuje videozáznamy kamerou, která zachycuje pás určené šíře (obr. 5). Tyto široké transekty jsme rozdělili na úseky, a tak se nám podařilo vytvořit vhodné uspořádané výzkumné plošky, v nichž jsme z videozáznamů v suchu našich pracoven určili přítomné druhy ryb. I přes úpravy metody a naprostou rozdílnost studovaných organismů jsme ve svých předběžných výsledcích objevili stejné vzorce jako původní práce. I u vysoce mobilních ryb tedy platí, že více druhů ve vzorcích můžeme získat dvěma způsoby: zvětšením plochy detailně zkoumaných plošek, či jejich umístěním dále od sebe při zachování jejich velikosti. Vzorec, pravděpodobně vlivem značné pohyblivosti některých druhů ryb méně výrazný než u rostlin, byl patrný na korálových útesech Šrí Lanky i Bermud, bez ohledu na jejich markantní rozdíly (obr. 6).

Zrno a rozsah pozorování jsou důležité i při studiu druhové bohatosti ryb korálových útesů. Právě ty představují jeden z oněch mnohozměrných systémů, u nichž je volba měřítka sběru dat značně komplikovaná. Každý druh ryby se pohybuje v jiném měřítku, od predátorů operujících na stovkách kilometrů po drobné teritoriální druhy obývající v dospělosti několik čtverečních metrů. Pro výzkum korálových útesů se v současnosti používá několik metod. Často jde o kladení pásových transektů, jež jsme použili i my. Tyto transekty jsou na útesech umístěny podle různých pravidel, mnohdy náhodně, či naopak na místech s největší subjektivně vnímanou rozmanitostí. Výzkumníci se k takovému umístění často uchylují ve snaze zachytit co nejvíce přítomných druhů. Jak ale ukazuje náš výzkum (i mnohé další), právě rozmístění (rozsah) i šířka a délka transektů (zrno) mohou mít velký vliv na to, jak velkou druhovou bohatost na daném místě zjistíme. I při studiu ryb korálových útesů by se proto mělo pamatovat na skutečnost, že informace o počtu druhů bez uvedení měřítka může způsobit zmatek a přetahování o to, jaké území je druhově nejbohatší. A tím mnohdy i o to, které území má nárok být chráněno. ●